80.000 m^2'LİK ISITMA SOĞUTMA İHTİYACI OLAN BİR ALIŞVERİŞ MERKEZİNİN ENERJİ VE EKSERJİ ANALİZİ

Alper ERGÜN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZİRAN 2010

ANKARA

Alper ERGÜN tarafından hazırlanan 80.000 m^2'lik Isıtma Soğutma İhtiyacı Olan Bir Alışveriş Merkezinin Enerji ve Ekserji Analizi adlı bu tezin Yüksek Lisans olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Musa Galip ÖZKAYA …….
Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı
Yrd. Doç. Dr. Tayfun MENLİK …….
Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile MAKİNE EĞİTİMİ Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. H. Mehmet ŞAHİN …….
Makine Eğitimi/Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Adnan SÖZEN …….
Makine Eğitimi/Gazi Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Musa Galip ÖZKAYA …….
Makine Eğitimi/Gazi Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin USTA …….
Makine Eğitimi/Gazi Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Osman Selim TÜRKBAŞ …….
Makine Mühendisliği/Gazi Üniversitesi

Tarih: 17/06/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal Toklu …….
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Alper ERGÜN

80.000 m^2'LİK ISITMA SOĞUTMA İHTİYACI OLAN BİR ALIŞVERİŞ MERKEZİNİN ENERJİ VE EKSERJİ ANALİZİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Alper ERGÜN
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2010

ÖZET

Başta ülkemiz olmak üzere dünyanın en büyük sorunu enerjidir. Bu nedenle enerji tüketimi hususunda alınacak tedbirlerin ülke ve dünya ekonomisine çok büyük katkısı olacağı açık bir gerçektir. Ülkemizdeki ısıtma-soğutma sistemlerinin birçoğu eski teknolojilerle ve gerekli enerji analizleri yapılmadan uygulanmaktadır. Bu durum enerji bakımından diğer ülkelere bağlı olan ülkemizdeki enerji talebinin artmasında önemli bir parametredir.

Bu çalışmada, yaklaşık 3 yıl süren deneylerden elde edilen veriler kullanılarak Ankara'da ki 80.000 m^2'lik ısıtma soğutma ihtiyacı olan bir alışveriş merkezinin enerji (termodinamiğin 1. kanunu) ve ekserji (termodinamiğin 2. kanunu) analizleri yapılmıştır. Isıtma sistemi için yapılan enerji analizlerinde en düşük verimin eşanjörde, en yüksek verimin ise kazanda; ekserji analizlerinde ise en düşük verimin kazanda, en yüksek verimin ise eşanjörde olduğu tespit edilmiştir. Yaz soğutma sistemi için yapılan enerji analizlerinde en yüksek verimin chillerde, en düşük verimin ise fan coil hattında; ekserji analizlerinde ise en düşük verimin chillerde en yüksek verimin klima santrali hattında olduğu tespit edilmiştir. Kış soğutma sistemi için yapılan enerji analizlerinde en yüksek verimin klima santralleri, en düşük verimin ise dry coolerda ekserji analizlerinde ise en düşük verimin fan coillerde en yüksek verimin ise soğutma eşanjöründe olduğu tespit edilmiştir. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre

yapılan değerlendirmelerde termodinamiğin 2. kanununa dayalı olan ekserji analizinin daha gerçekçi değerler ortaya koyduğu ve buna bağlı olarak, chillerde ve kazanda yapılacak iyileştirmelerin sistemlerin performanslarını arttırarak enerji verimliliği sağlayacağı ortaya konulmuştur.

Bilim Kodu : **708.3.015**
Anahtar Kelimeler : **Mekanik Tesisat, HVAC, Enerji, Ekserji**
Sayfa Adedi : **87**
Tez Yöneticisi : **Yrd. Doç. Dr. Musa Galip ÖZKAYA**
Yrd. Doç. Dr. Tayfun MENLİK (2. Danışman)

ENERGY AND EXERGY ANALYSES OF A SHOPPING CENTER WHICH NEEDS 80.000 m^2 HEATING AND COOLING
(M.Sc. Thesis)

Alper ERGÜN

GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

June 2010

ABSTRACT

Energy is the world's biggest problem especially for our country. For this reason, precautions taken for energy consumption would be useful for country and world economy. In our country, most of heating and cooling systems are applied by old technologies without required energy analyses. This situation is a significant parameter in case of increasing supplies in our country which depends on other countries as energy.

In this study, energy (first law of thermodynamic) and exergy (second law of thermodynamic) analyses of shopping center in Ankara that needs of heating and cooling in area of 80.000 m^2 was performed by using collected data for a period of approximately three years. According to energy analyses for heating systems; it is indicated that heat exchanger has got lowest efficiency, but boiler high efficiency. On the other hand exergy analyses shows opposite circumstance; heat exchanger has got the highest efficiency but boiler has got the lowest efficiency. Energy analyses which are performed for summer cooling system has got highest efficiency in chiller, but the lowest efficiency on fan coil line. For exergy analyses it is learn that lowest efficiency is exercised in chiller and the highest efficiency is exercised in air heating unit (AHU) line. Energy analyses for winter cooling system shows that AHU possess the highest

efficiency, but dry cooler possess the lowest efficiency. For exergy analyses it is indicated that the lowest efficiency is practiced in fan coil (FC), but the highest efficiency is practiced in cooling heat exchanger. The results obtained by analyses show that exergy analyses are more realistic than the energy analyses. Therefore, recruitments in chiller and boiler increase performance of system and this provides energy efficiency.

Science Code : 708.3.015
Key Words : Mechanical Installation, HVAC, Energy, Exergy
Page Number: 87
Adviser : Ass. Prof. Dr. Musa Galip ÖZKAYA
Ass. Prof. Dr. Tayfun MENLİK (2. Adviser)

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli yardım ve katkılarıyla ben yönlendiren danışmanlarım Yrd. Doç. Dr. Musa Galip ÖZKAYA ve Yrd. Doç. Dr. Tayfun MENLİK' e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam esnasında tecrübelerinden faydalandığım hocalarım Doç. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK, Prof. Dr. İbrahim DİNÇER, Prof. Dr. Birol KILKIŞ, Prof. Dr. Arif HEPBAŞLI, Yrd. Doç. Dr. Perihan SEKMEN ve Araş. Gör. Hakan ÇALIŞKAN'A da ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez ile ilgili verileri almamda yardımcı olan başta ALTES A.Ş. yönetim kurulu başkanı Yavuz ALP bey olmak üzere, şantiye şefimiz Turgay SULKALAR, değerli mesai arkadaşlarım Onur ÖZKAYA, Erkut CANSIZ ve daha ismini sayamadığım diğer ALTES A.Ş. çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Akademik hayatıma yön vermemde büyük yardımı dokunan değerli arkadaşım Esin KALAYCI' ya ve eğitimi hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen en değerli varlıklarım aileme sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET…….. iv

ABSTRACT vi

TEŞEKKÜR. viii

İÇİNDEKİLER ix

ÇİZELGELERİN DİZİNİ xi

ŞEKİLLERİN DİZİNİ xiii

RESİMLERİN DİZİNİ xv

SİMGELER VE KISALTMALAR xvi

1. GİRİŞ…. 1

2. LİTERATÜR TARAMASI 3

3. BİNA MEKANİK TESİSATLARI 8

3.1. Sıhhi Tesisat Sistemleri 8

3.1.1. Uygulama yapılan binada bulunan sıhhi tesisat malzemeleri 9

3.2. Isıtma - Soğutma Tesisatı Sistemleri 11

3.2.1. Uygulama yapılan binada bulunan ısıtma-soğutma tesisatı malzemeleri 11

3.3. Havalandırma Tesisatı Sistemleri 17

3.4. Yangın Tesisatı Sistemleri 18

3.4.1. Uygulama yapılan binada bulunan yangın tesisatı malzemeleri 18

3.5. AVM'nin Mekanik Isıtma-Soğutma Tesisatı (MIST) Bölümleri 22

3.5.1. Isıtma sistemi 22

3.5.2. Yaz soğutma sistemi 23

3.5.3. Kış soğutma sistemi 24

4. ISITMA SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ VE EKSERJİ ANALİZİ 26
4.1. Isıtma Soğutma Sistemlerinde Enerji (Birinci Kanun) Analizi 26
4.1.1. Isıtma sisteminde enerji analizi 27
4.1.2. Soğutma sistemlerinde enerji analizi 31
4.2. Isıtma Soğutma Sistemlerinde Ekserji (İkinci Kanun) Analizi 38
4.2.1. Isıtma sisteminin ekserji analizi 41
4.2.2. Soğutma sistemi ekserji analizi 51
5. ANALİZ SONUÇLARI VE TARTIŞMA 61
5.1. Enerji Analizi İle İlgili Sonuçlar 61
5.1.1. Isıtma sisteminin enerji analizi 61
5.1.2. Soğutma sistemlerinde elde edilen sonuçlar 63
5.2. Ekserji analizi sonucu elde edilen sonuçlar 66
5.2.1. Isıtma sisteminde elde edilen sonuçlar 67
5.2.2. Soğutma sistemlerinde elde edilen sonuçlar 69
5.3. Enerji ve Ekserji Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması 73
5.3.1. Isıtma sisteminin karşılaştırılması 73
5.3.2. Yaz soğutması sisteminin karşılaştırılması 75
5.3.3. Kış soğutması sisteminin karşılaştırılması 77
6. ÖNERİLER 79
KAYNAKLAR 82
EKLER…… 85
Ek-1 AVM'ye Ait Isıtma – Soğutma Sistem Şeması……..82
ÖZGEÇMİŞ.. 87

ÇİZELGELERİN DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.1. Baca gazı kütleleri 45

Çizelge 4.2. Baca gazlarının termodinamik özellikleri 45

Çizelge 4.3. Baca gazlarının termomekanik, kimyasal ve toplam ekserjileri 46

Çizelge 4.4. Çevrenin tanımı (Moran ve Shapiro) 46

Çizelge 5.1. Isıtma sistemi ekipmanlarının termodinamik özellikleri ve noktasal enerji değerleri 61

Çizelge 5.2. Isıtma sistemi ekipmanlarının enerji kayıpları ve verimleri 62

Çizelge 5.3. Yaz soğutma sistemi ekipmanlarının termodinamik özellikleri ve noktasal enerji değerleri 63

Çizelge 5.4. Yaz soğutması sistemi ekipmanlarının enerji kayıpları ve verimleri 64

Çizelge 5.5. Kış soğutma sistemi ekipmanlarının termodinamik özellikleri ve noktasal enerji değerleri 65

Çizelge 5.6. Kış soğutması sistemi ekipmanlarının enerji kayıpları ve verimleri 66

Çizelge 5.7. Isıtma sistemi ekipmanlarının termodinamik özellikleri ve noktasal ekserji değerleri 67

Çizelge 5.8. Isıtma sistemi ekipmanlarının ekserji kayıpları ve verimleri 68

Çizelge 5.9. Yaz soğutma sistemi ekipmanlarının termodinamik özellikleri ve noktasal ekserji değerleri 69

Çizelge 5.10. Yaz soğutma sistemindeki elemanların ekserjik özellikleri 70

Çizelge 5.11. Kış soğutma sistemi ekipmanlarının termodinamik özellikleri ve noktasal ekserji değerleri 71

Çizelge 5.12. Kış soğutma sistemi ekipmanlarının termodinamik özellikleri ve noktasal ekserji değerleri 72

Çizelge 5.13. Isıtma sistemine ait cihazların enerji ve ekserji analizi sonuçları 73

Çizelge 5.14. Yaz soğutması sistemine ait cihazların enerji ve ekserji analizi sonuçları 75

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 5.15. Kış soğutması sistemine ait cihazların enerji ve ekserji analizi sonuçları 77

ŞEKİLLERİN DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 3.1. 3. Geçişli ve 2. Geçişli (Karşıt Basınçlı) Kazanlar 12

Şekil 3.2. Alışveriş merkezinde kullanılan kazanın detaylı resmi 12

Şekil 3.5. Sprink detayı 19

Şekil 3.6. Alışveriş merkezinde kullanılan sprink tipleri 20

Şekil 3.7. AVM'ye ait ısıtma sisteminin akış diyagramı 22

Şekil 3.8. Isıtma sisteminin detaylı gösterimi 23

Şekil 3.9. Yaz soğutma sistemi akış diyagramı 24

Şekil 3.11. Kış soğutma sistemi akış diyagramı 25

Şekil 4.2. Kazana ait parametreler 27

Şekil 4.3. Klima santraline ait parametreler 28

Şekil 4.4 Fan-coil hattına ait parametreler 29

Şekil 4.5. Eşanjöre ait parametreler 30

Şekil 4.7. Chillere ait parametreler 31

Şekil 4.8 Klima santraline ait parametreler. 32

Şekil 4.9. Fan-coil hattına ait parametreler 33

Şekil 4.11. Dry-cooler cihazına ait parametreler 34

Şekil 4.12. Soğutma eşanjörüne ait parametreler 35

Şekil 4.13. Klima santraline ait parametreler. 36

Şekil 4.14. Fan-coil hattına ait parametreler 37

Şekil 4.15 Toplam enerji dengesi 39

Şekil 4.16 Kazana ait parametreler 42

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.17. Klima santrali parametreleri 47

Şekil 4.18. Fan coil parametreleri 48

Şekil 4.19. Eşanjör parametreleri 50

Şekil 4.20. Chillere ait parametreleri 52

Şekil 4.21. Klima santraline ait parametreleri 53

Şekil 4.22. Fan coile ait parametreleri 54

Şekil 4.23. Dry-cooler cihazına ait parametreleri 55

Şekil 4.24. Soğutma Eşanjörüne ait parametreleri 57

Şekil 4.25. Klima santraline ait parametreleri 58

Şekil 4.26. Fan coile ait parametreleri 59

Şekil 5.1. Isıtma sistemine ait sankey (enerji akış) diyagramı 63

Şekil 5.2. Yaz soğutması sistemine ait sankey (enerji akış) diyagramı 64

Şekil 5.4. Isıtma sistemine ait Grassman (ekserji akış) diyagramı 68

Şekil 5.5. Yaz soğutması sistemine ait Grassman (ekserji akış) diyagramı 70

Şekil 5.6. Kış soğutması sistemine ait Grassman (ekserji akış) diyagramı 72

Şekil 5.7. Isıtma sisteminin enerji ve ekserji kayıpları 74

Şekil 5.8. Isıtma sisteminin enerji ve ekserji verimleri 74

Şekil 5.9. Yaz soğutması enerji ve ekserji kayıpları 76

Şekil 5.10. Yaz soğutması enerji ve ekserji verimleri 76

Şekil 5.10. Kış soğutması enerji ve ekserji kayıpları 78

Şekil 5.11. Kış soğutması enerji ve ekserji verimleri 78

Şekil 5.12. AVM'ye ait sistemlerin enerji ve ekserji verimleri 79

RESİMLERİN DİZİNİ

Resim **Sayfa**

Resim 3.1. Alışveriş merkezinde bulunan kum filtreleri ve su sayaçları 10

Resim 3.2. Alışveriş merkezinde kullanılan su yumuşatma cihazı ve eşanjörler 10

Resim 3.3. Alış-veriş merkezinde kullanılan hidrofor ve klorlama ünitesi 10

Resim 3.4. Bölge kollektörleri, denge kabı ve genleşme tankları 13

Resim 3.5. Alış veriş merkezindeki klima santralinin bağlantıları 14

Resim 3.6. AVM de kullanılan yüksek basınçlı ve asma tavan tipi fan coiller 15

Resim 3.7. Alışveriş merkezinde kullanılan chillerler 16

Resim 3.8. Dry-cooler cihazı ve soğutma eşanjörleri 17

Resim 3.9. Yalıtımlı bir galvaniz sac hava kanalının menfez bağlantısı 18

Resim 3.10. Otopark ve koridor yangın dolapları 20

Resim 3.11. Dekoratif yangın dolapları ve iç görünümü 21

Resim 3.12. Alışveriş merkezinde kullanılan hidrant ve HDPE borular 21

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklama**
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
$\dot{m}$	Kütlesel Debi, kg/s
$\dot{M}$	Molar Kütlesel debi, kg/s
°C	Sanrigrad Derece
kW	Kilowatt
kg	Kilogram
T	Sıcaklık °C, K
W	İş, W, kW
η	Verim
η_I, η_Q	Enerji Verimi
η_{II}, η_{Ex}	Ekserji Verimi
Kısaltmalar	**Açıklama**
ASHRAE	The American Socrety of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design

Kısaltmalar	Açıklama
HVAC	Heating Ventilating Air Conditioning
VAV	Variable Air Volume
EES	Engineering Equation Solvers
COP	Performans katsayısı (Coefficient Of Performance)
AVM	Alış Veriş Merkezi
FCU/FC	Fan Coil Unit / Fan Coil
AHU/KS	Air Heat Unit / Klima Santrali
CH	Chiller
DC	Dry-Cooler
EI	Isıtma Eşanjörü
ES	Soğutma Eşanjörü
MIST	Mekanik Isıtma Soğutma Tesisatı

1. GİRİŞ

Ülkemizde yapı sektörü son yıllarda büyük bir ivme kazanmıştır. Buna paralel olarak binalarda bulunan mekanik tesisatların enerji tüketimi, ülkemiz enerji tüketimi üzerinde büyük bir etkide bulunmuştur. Yaklaşık 16.000.000 yapının enerji tüketimi ülkemiz enerji tüketiminin %30'luk kısmını oluşturmaktadır. Bu yapılarda ise enerji tüketiminin % 80-85'lik kısmı iklimlendirme amaçlı kullanılmaktadır [1]. Bu değerler göz önüne alınarak bina mekanik tesisatlarının uygulanmasında birçok seçenek olmasına rağmen alışılmış kalıpların dışına çıkılmaması ülke ekonomisine büyük zararlar vermekle beraber dünya üzerinde ki süregelen enerji sıkıntısını da büyük ölçüde arttırmaktadır [2].

Ülkemiz birincil enerji kaynakları bakımından büyük ölçüde dışa bağımlıdır. Toplam enerji tüketimimiz 1990 – 2008 yılları arasında % 100 gibi yüksek bir oranda artarken enerji üretimimiz % 7 oranında artmıştır. Bu durum dış bağımlılığımızı % 50'lerden % 70'lere yükselmiştir. Öz kaynaklarımızla enerji ihtiyacımızı karşılama oranı 1990 yılında % 49 iken, 1995 yılında % 43, 2000 yılında % 34 değerine gerilemiştir. Yapılan araştırmalar sonucu 2010 yılında ürettiğimiz enerji, toplam ihtiyacımızın sadece % 25'ini karşılayacak düzeye gerilemesi beklenmektedir [3]. Bu durum karşısında binalarda tüketilen enerjinin nasıl asgari değerde tutulacağına dair çalışmalar yapılmış, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından "Binalarda Enerji Performansı" yönetmeliği yayınlamıştır. Bu yönetmelikle beraber bina sektöründeki iklimlendirme sistemlerinin enerji tüketiminde yaklaşık % 20'lik bir kazanç sağlanacağı planlanmaktadır. Bu yönetmeliğin içeriğinde enerjinin daha verimli kullanılması için her binanın bir enerji sınıfı ve kimliği olması, belirli büyüklükteki binaların bireysel değil de merkezi sisteme geçmesinin daha faydalı olacağı düşünülmüş ve yönetmelik yürürlülüğe konmuştur [4]. Ancak sadece bu yönetmelik temel alınarak, enerji etüdü yapılmadan uygulanacak merkezi iklimlendirme sistemleri ilk yatırım ve işletme ömrü bakımından fayda sağlamayabilir. Planlanan iklimlendirme sistemi bilimsel veriler göz önüne alınarak ve gerekli enerji analizleri yapılarak uygulanmalıdır.

Mekanik tesisat uygulaması yapılan binalarda proje planlaması esnasında, bina yapısının ciddi analizi ve doğru yorumlanması çok önemlidir. İklimlendirme yapılacak binanın en ekonomik ve en yüksek performansta işleyecek mekanik tesisatı için proje aşamasında gerekli enerji analizlerinin yapılması ve bu analizler neticesinde en uygun tesisat projesinin uygulamaya geçmesi gerekmektedir. Yapılan bu çalışmada Ankara'da bir alış veriş merkezine ait mekanik tesisatın yaklaşık 3 yıl süren test verileri dikkate alınarak enerji ve ekserji analizi yapılmış, uygunluğu açısından önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Enerji analizi (birinci yasa) ısıl sistemlerde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Termodinamiğin birinci yasası, sadece enerjinin korunumu ile ilişkilidir ve sistemin performansının nasıl, nerede ve ne kadar azaltıldığı hakkında hiçbir bilgi vermez. Buna karşın ekserji analizi, enerji sistemlerinin tasarımı, optimizasyonu (en iyilendirilmesi) ve performansının değerlendirilmesinde, yararlı bir yöntemdir. Ekserji analizi genellikle, sistemin maksimum performansını belirlemek ve kayıp yerlerinin tespitinde kullanılır [5].

Söğüt vd. tarafından yapılan çalışmada kampus özelliğine sahip fuel-oil tüketen bir yerleşkede, buharlı ısıtma sistemine bağlı bir eşanjör dairesinin enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır. Sistem tercihinde farklı değerlendirilmeler yapılması durumunda ekserji verimliliğindeki değişimler ve CO_2 salınımı açısından neden olduğu çevresel etkiler incelenmiştir. Çalışmada, eşanjör dairesinin enerji verimi % 77,26 ekserji verimi ise yaklaşık % 27,67 bulunmuştur. Çalışmanın sonunda bu parametrelere bağlı olarak çevresel etkilerin azaltılması ve verimliliğin yükseltilmesine yönelik önerilerde bulunulmuştur. Ülke genelinde yaygınlaşan doğalgazla beraber tüm sistemlerde niceliği temel alan yerleşkelerde bölgesel çözümler yerine lokal çözümlere gidilmesinin uygun olmadığı belirtilmiş. Ayrıca sürdürülebilir çevre açısından ısıtma sistemlerinin yenilenebilir enerjilerle desteklenmesinin sistemin ekserjetik verimini olumlu etkileyeceği ileri sürülmüştür [6].

Yıldız ve Güngör tarafından yapılan çalışmada İzmir de 720 m^3''lük hacme ve 240 m^2 kullanım alanına sahip bir ofis binasını, havadan-havaya ısı pompası (klima) ve yoğuşmalı kombi aracılığıyla proje ön dizayn verileri baz alınarak ısıtmış enerji ve ekserji açısından incelemiş ve kayıpları bulup göstermiştir. Enerji verimliliği açısından bulunan değerler; doğal gazlı yoğuşmalı kombi için % 63,6, konvasiyonel kazan için % 53,9 ve havadan havaya ısı pompası için % 80,9 dur. Ekserji verimliliği için bulunan değerler ise; doğal gazlı yoğuşmalı kombi için % 8,69, konvasiyonel

kazan için % 8,68 ve havadan havaya ısı pompası için % 6,66 olarak bulunmuştur [7].

Aydın vd. tarafından yapılan uygulama ağırlıklı çalışmada Ankara ilinde Ostim semtinde yüksek performanslı bir idari bina inşa edilmiştir. Ülkemizde ki binalarda enerji tasarrufuna yönelik çalışmaların sürdüğünü fakat gerçek anlamda yeşil ve yüksek performanslı binalara yönelik çalışma ve uygulamaların beklenen ölçüde gerçekleşmediğini belirtmişlerdir. Çevreyi kirletmeyen ve net – sıfır – enerjili veya buna yakın gerçek yeşil binalar konusunda yönerge, sınıflandırma sistemi veya standartların bulunmadığını da dile getirmişlerdir. Yeşil bina kavramı içerisinde çevre, toplum refahı, enerji ve ekonomi dörtleminin tüm unsurlarının bir arada optimize edilmesi gerekmekte olduğunu ve yeni "Ostim İdare Binası"nın bu amaç ve kapsamda bir ilk olduğunu sözlerine eklemişlerdir. Söz konusu bina sadece enerjini niceliğinin değil, niteliğinin de (ekserji) akılcı kullanılması ve tasarrufunun en iyi bir şekilde örneklenmesini ve uygulanmasını gerçekleştirecek bir model olmak üzere tasarlandığını ve Amerikan Yeşil Bina Konseyi'nin LEED platin bina sertifikası alacak düzeyde ve ASHRAE yüksek performans binaları genel kriterlerine uygun olarak düzenlendiğini belirtmişlerdir. Uygulamanın en önemli özelliği ise kaba inşaatının tamamen bitirilmiş olması ve bir binanın en yüksek LEED düzeyine nasıl çıkarılabileceğini somut bir biçimde ortaya koyup bu yönde yeni bir yaklaşım sergilemesidir. Bu binada doğalgazın Ostim kanalizasyonundan biyogaz üretim aşamasına değin en akılcı ve verimli bir biçimde kullanılmasının yanı sıra güneş ve rüzgâr enerjisi, toprak ısısı ve atık ısı da alternatif enerji kaynakları olarak etkin bir biçimde kullanmışlardır. Doğalgaz, binanın konfor ve servis suyu yüklerini takip eden yüksek enerji ve ekserji verimi bir mini birleşik ısı ve güç sisteminde değerlendirilip üretilen gücün bir bölümü toprak kaynaklı ısı pompasının tahrikinde kullanılarak binanın ısıtma, sıcak su üretimi ve soğutma fonksiyonları birlikte karşılanmasını sağlamışlardır. Buna paralel olarak, ikinci kademe güç üretimi için organik çevrimli, ısı geri kazanımlı bir buhar makinesi ve optimum kapasitedeki bir absorbsiyonlu soğutma sistemi de projede yer almış. Talep fazlası ısı üretildiğinde enerji deposunda saklanmakta veya mevsimsel olarak toprakta depolamışlardır [8].

Özgener ve Hepbaşlı tarafından yapılan çalışmada, günümüzde ısıtma, soğutma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerinde tüketilen enerjinin toplam enerji tüketimindeki payı, yaklaşık olarak % 20 olduğu belirtilmiştir. Bu bağlamda, enerjinin ve hatta boşa giden enerjinin etkin ve verimli kullanımının büyük önem taşıdığını belirtmişlerdir. Isıtma soğutma ve havalandırma sistemlerinin performansının değerlendirilmesinde, termodinamiğin birinci yasasını, başka bir deyişle, enerji denkliğini (balansını) uygulama alışkanlığı içinde olunduğunu, oysa bu sistemlerin işletilmesini sağlamak için gerek duyulan enerjinin, kullanılabilir enerji olduğunu belirtilmiştir [9].

Wei ve Zmeureanu tarafından yapılan çalışma, ofis binalarında havalandırma amaçlı kullanılan VAV (Variable Air Volume) sistemlerinin ekserji analizi üzerinedir. Engineerin Equations Solvers (EES) programı kullanılarak sistemin matematik modellemesi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca VAV sistemlerinde ki enerji-ekserji verimi ve CO_2 emisyonuda incelenmiştir. Montreal de ki büyük ofis binalarında kullanılan 2 tip VAV sistemine enerji ve ekseji analizi uygulanmıştır. Bununla birlikte sistemin COP (soğutma tesit katsayısı) çok düşük performans göstermiştir. Termodinamiğin birinci kanununa göre sadece % 2-3 gibi çok düşük bir iş potansiyeline sahiptir. Geri kalan % 97-98 lik kısım atık olarak belirlenmiştir [10].

Özgener vd. tarafından yapılan çalışmada, Türkiye de Balçova ve Salihli jeotermal bölgesel ısıtma sistemlerinin enerji performanslarının incelendiği bu çalışmada temel bileşenler (pompalar, eşanjörler vb.) mevcuttur. Mevcut sistemler jeotermal bölgesel ısıtma sistem sistemlerinin enerji ve performans değerlendirilmesi ve analizi için kullanılmıştır. Enerji akış diyagramları, giriş-çıkış enerjileri ve çevresel kayıplar gibi parametreler 2003-2004 ısıtma sezonundaki gerçek veriler kullanılarak elde edilmiştir. Böylece çalışmadaki enerji verimliliği "Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma" sistemi için %39,63, "Salihli Jeotermal Bölgesel Isıtma" sistemi için %59,31 olarak belirlenmiştir [11].

Canbay vd. tarafından yapılan çalışmada, binalarda ki HVAC sistemleri her türlü yük koşullarına karşı etkili bir kontrol sistemine entegre olmalıdır. Verimli HVAC kontrol sistemi genellikle düşük maliyetli seçeneklerle binalarda enerji verimliliği

sağlamalıdır. Ancak doğrusal olmayan ve değişik karakteristikteki mevsimsel özelliklerden dolayı HVAC sistemlerinde ki kontrol stratejilerini önceden kestirmek oldukça zordur. Bu çalışma bir alışveriş merkezinde ki enerji tüketiminin yeni HVAC kontrol stratejileri ve frekans kontrol devreleriyle azaltmayı hedeflemektedir. Öncelikle alışveriş merkezi için bir metot geliştirilirken, enerji tasarrufu ve potansiyelini araştırmak için kontrol senaryoları yeniden yazılmıştır. Sonrasına bina verimliliğini daha iyi anlamak için normal performansta ki değerler hesaplanmıştır ve performans verileri karşılaştırılmıştır. Böylece yeni stratejilerin mevcut bina kontrol sistemlerine göre %22'lik bir enerji tasarrufu sağladığı görülmüştür [12].

Şahin vd. tarafından yapılan çalışmada 2002–2003 yılı kampanya verileri kullanılarak şeker üretim süreçleri için termodinamiğin birinci kanun (enerji analizi) ve ikinci kanun (ekserji analizi) analizleri yapılmıştır. Endüstriyel tesislerde enerji ve ekserji analizleri termodinamik açısından büyük önem taşımaktadır. Bu analizler endüstrideki üretim tesislerinin enerji verimliliğini artırmak ve atık enerjinin geri kazandırılmasını sağlamaktadır. Termodinamik açık sistem olarak ele alınan şeker üretim süreçlerine giren ve çıkan her bir durum için enerji ve ekserji analizi sonuçları elde edilmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak şeker üretim süreçlerinin birinci ve ikinci kanun verimleri tespit edilmiştir. Elde edilen birinci ve ikinci kanun verimlerini iyileştirmek için Kayseri Şeker Fabrikasına tavsiyelerde bulunulmuştur [13].

Özkaymak Bursa'da kurulu BOSEN enerji santrali üzerinde kojenerasyon tesisinden alınan işletme verileri kullanılarak enerji ve ekserji analizleri yapmış ve santralde her ünitenin giriş ve çıkışlarındaki enerji ve ekserji değerlerini hesaplamıştır. Bu değerlere bağlı olarak kayıp enerji ve ekserji değerleri belirlemiş, ekserji kayıpları akış ve ısı transferinden olduğu düşünmüştür. Her bir ünitenin enerji ve ekserji kayıpları birbirileriyle karşılaştırmış. Tesisteki toplam enerji kaybını 3974,34 kW ve toplam ekserji kaybını 18758,03 kW olarak bulmuştur. Tesis üzerinde yapılan enerji ve ekserji analizi sonucunda en büyük enerji kaybı buhar türbininde (2781,4 kW), ekserji kaybı ise yine buhar türbininde (9034,87 kW) olarak tespit etmiştir. Bu sonuçlara göre, verimliliğin arttırılması için iyileştirme çalışmalarının türbinde yapılması gerektiğini belirtmiştir [14].

Erduranlı 1997 yılında yaptığı tez çalışmasında, mevcut bir enerji santrali üzerinde, gerçek işletme verileri kullanarak enerji ve ekserji analizleri uygulamıştır. Santrale gerekli analizleri ünite ünite uygulayarak, her bir ünitenin giriş ve çıkışındaki toplam ekserjileri (termomekaniksel ve kimyasal) ve kayıp ekserjileri belirlemiştir. Tesisteki kayıpları akış, yanma, ısı transferi ve baca gazlarından olduğunu düşünmüş, her ünitenin enerji ve ekseri kayıplarını belirleyip birbirleri ile kıyaslamıştır. Tesis üzerindeki analizler sonucunda; en büyük enerji kaybının kondenserde, ekserji analizi sonucunda da en büyük ekserji kaybının kazanda meydana geldiğini tespit etmiştir. Çalışma sonunda en sağlıklı sonucu ekserji analizi metoduyla gerçekleştiğini belirten Erduranlı buna bağlı olarak ta verim artışı için gerekli işlemlerin kazanda yapılmasının sağlıklı olacağına karar vermiştir [15].

3. BİNA MEKANİK TESİSATLARI

Dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte yapı sektörü de köklü bir değişime uğramış, geçmişte müstakil olarak kullanılan işyeri, ev vb. mekânlar günümüzde yerini çok katlı büyük yapılara bırakmıştır. Yapı sektöründe ki bu hareketlilikle beraber teknolojinin de hızlı gelişimi sonucu, geçmişte lüks olarak görünen bazı şeyler günümüzde bir ihtiyaç halini almıştır. Buna en güzel örnek olarak da bina mekanik tesisat sistemleri gösterilebilir. Bilinen bir gerçek olarak tesisatçılık insanlığın tarihi kadar eskidir. 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;

1- Sıhhi Tesisat Sistemleri
2- Isıtma – Soğutma Tesisatı Sistemleri
3- Havalandırma Tesisatı Sistemleri
4- Yangın Tesisatı Sistemleri

Yukarıda belirtilen sistemlerin haricinde binaların özelliklerine göre değişen tesisat sistemleri de vardır, (hastanelerdeki medikal tesisatlar gibi).

Tez çalışmasını yaparken incelemeye aldığımız bina Ankara'da bir alışveriş merkezidir. AVM'ler insanların gezip, eğlenebileceği, alış-veriş yapıp hoş vakit geçirebileceği yerler olan AVM'lerde, her türlü konfor şartının sağlanması gerekmektedir. Bu açından bakılınca bu tarz yerlerdeki en önemli sistemler mekanik tesisat sistemleridir.

3.1. Sıhhi Tesisat Sistemleri

Tesisatçılık denildiği zaman akla ilk gelen su ve suyun iletimi olmaktadır. Yıllardan beri insanlar suya ulaşmak ve daha iyi kullanabilmek için çeşitli çalışmalarda

bulunmuştur. Günümüze kadar gelen ve halen devam eden bu çalışmalarda eskiden kuyulardan çekilen suyun evlere taşınırken şu anda her evde su tesisatı mevcut hatta bu evlerin birçoğunda da şebeke suyu ısıtılarak daha rahat kullanımı sağlanmıştır. Temel olarak sıhhi tesisat sistemleri binada kullanım suyunun sağlandığı ve atık suyun bina dışında ki rögarlara götürülerek uzaklaştırıldığı sistemlerdir. Gelişen teknolojiyle beraber bu sistemlerin geliştirilmiş ve kullanılabilirliği büyük ölçüde arttırılmıştır.

3.1.1. Uygulama yapılan binada bulunan sıhhi tesisat malzemeleri

Enerji ve ekserji analizlerinin yapıldığı AVM' de, bina içerisindeki kullanım alanları diye belirttiğimiz, tuvaletler, lavaboların, yeme-içme alanlarındaki restoranların sıcak ve soğu suyu, şebeke suyundan karşılanmaktadır. Binanın sıhhi tesisatla ilgili mekanik hacmine öncelikle, kum filtre, su yumuşatma tankı, klorlama üniteleri ve ardından su sayacı bağlanmıştır. Sayaçtan sonra soğuk su hattı önce su deposuna oradan da hidrofora bağlanmıştır, her hangi bir su kesintisi olmaması durumunda su direk şebekeden kullanım yerlerine gitmektedir. Eğer su kesintisi olursa depodaki su devreye girip alış-veriş merkezinde ki olası bir su sıkıntısını çözmektedir. Isıtılan su ise kullanım alanlarına gönderilmez. Bazı işyerleri merkezi sistemden bağımsız termosifonlarla sıcak su ihtiyacını karşılamaktadır, ancak bir çok mağaza ve tüm ortak mahallere (tuvalet, lavabo vb.) ısıtma eşanjöründen geçen şebeke suyu ısıtılmış olarak gönderilir. Alışveriş merkezinde 2 adet ısıtma eşanjörü bulunmaktadır, bu eşanjörlere kazandan gelen ısıtma suyu 85 °C de girip 65 °C de çıkmaktadır, şebeke suyu ise 5 °C de girmekte ve 60 °C de ısınmış olarak çıkmaktadır.



Resim 3.1. Alışveriş merkezinde bulunan kum filtreleri ve su sayaçları



Resim 3.2. Alışveriş merkezinde kullanılan su yumuşatma cihazı ve eşanjörler



Resim 3.3. Alış-veriş merkezinde kullanılan hidrofor ve klorlama ünitesi

3.2. Isıtma - Soğutma Tesisatı Sistemleri

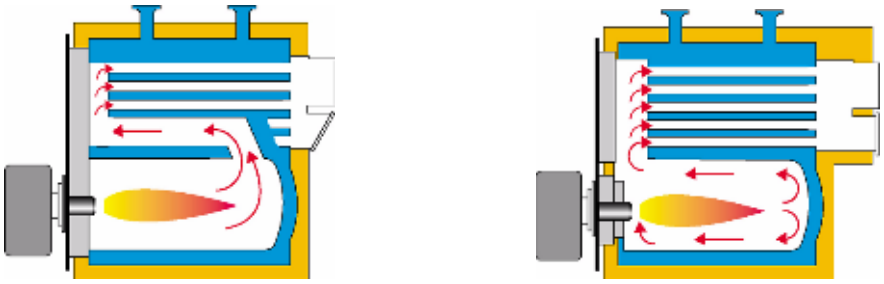
Tesisatçılığın tarihine bakıldığında en temel tesisat sıhhi tesisat sistemi olmakla beraber teknolojideki gelişim ile birlikte yapılarda ısıtma soğutma amaçlıda tesisatçılık kullanılmaya başlanılmış ve bu kullanımla birlikte tesisatçılık farklı bir kimliğe bürünerek karşımıza çıkmıştır. Isıtma-soğutma tesisatının kısaca tanımı yapılacak olursa, 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.

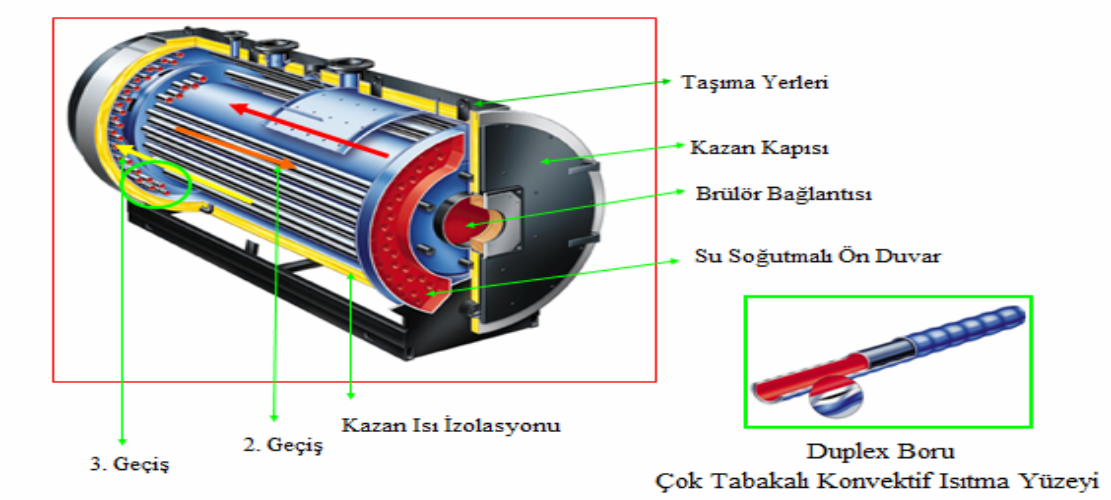
Klasik bir ısıtma sistemini ele alınacak olursa; öncelikle ısıtıcı ünitede (kazan, kombi vb.) ısıtılan akışkan, taşıyıcı ekipmanlarla (boru, fittings, pompa vb.) ısıtılacak mekana gönderilir ve burada geniş yüzeye sahip ısı aktaracak ekipmanlarla (radyatör, fan-coil vb.) mekana aktarılır. Mekâna ısısını aktaran akışkan dönüş hatlarındaki taşıyıcı ekipmanlarla tekrar ısıtıcı üniteye döner ve bu işlem gerekli ısıl şartlar sağlanan kadar devam eder.

3.2.1. Uygulama yapılan binada bulunan ısıtma-soğutma tesisatı malzemeleri

Alış veriş merkezindeki ısıtma tesisatı incelendiğinde, sistemde dört adet 3 geçişli skoç tipi kazan kullanılmaktadır. Aşağıda ki şekillerde 3 ve 2 geçişli kazanların çalışma şekli görünmektedir.



Şekil 3.1. 3. Geçişli ve 2. Geçişli (Karşıt Basınçlı) Kazanlar



Şekil 3.2. Alışveriş merkezinde kullanılan kazanın detaylı resmi

Kazana 65 °C de giren su 85 °C de öncelikle denge kabına oradan da bölge (zone) kollektörlerine gitmektedir. Bölge kollektörlerinin üstünde pompa ve bağlantı ekipmanları (balans vanası, çek valf vb.) mevcuttur. Alışveriş merkezi ısıtma sisteminde 3 adet bölge (zone) vardır bunlar;

- Klima Santrali Hattı Bölgesi
- Fan Coil Hattı Bölgesi
- Eşanjör Hattı Bölgesi

Resim 3.4'te sırasıyla eşanjör, fan coil hattı ve klima santrali hattının kollektörleri görünmektedir.

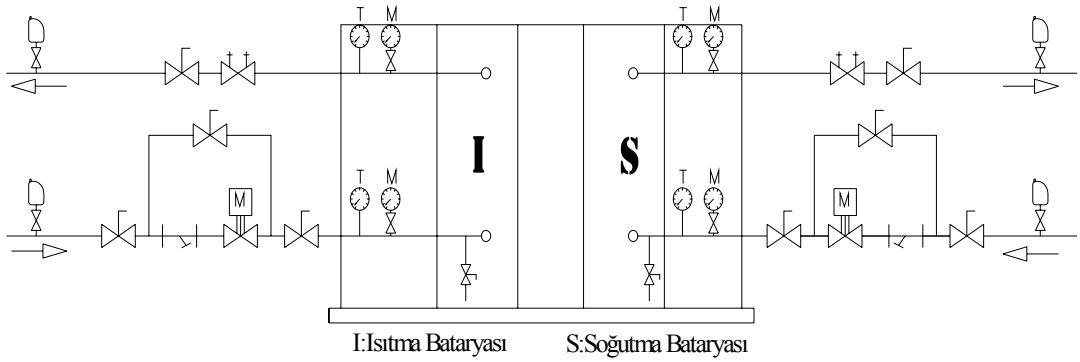


Resim 3.4. Bölge kollektörleri, denge kabı ve genleşme tankları

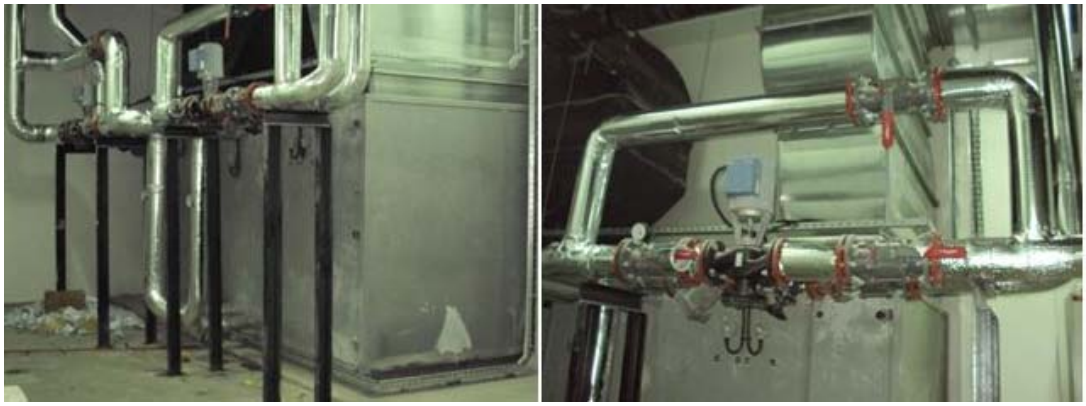
Klima santrali hattı bölgesi

Resim 3.4. te görülen 3 pompalı kollektör klima santrali hattı bölgesine aittir, bu hatta yaklaşık 344 m^3/h su dolanmaktadır. Sistemde en büyük debiye sahip hat klima santrali hattıdır, giriş suyu sıcaklığı 85 °C, çıkış suyu sıcaklığı ise 65 °C dir. Klima santralleri üzerinde ısıtma ve soğutma bataryaları bulunmaktadır. Bu bataryalarında bağlı olduğu ısıtma ve soğutma serpantinleri vardır. Bu serpantinler üzerinden su geçerken, klima santralinin havalandırma bağlantılarından da taze hava alınıp ve serpantin sıcaklığından faydalanılarak şartlandırılır. Şartlandırılan hava üfleme kanalları ile ısıtılacak veya soğutulacak ortama gönderilir.

Aşağıdaki şekilde bir klima santralinin ısıtma ve soğutma bataryalarının bağlantı detayları gösterilmiştir.



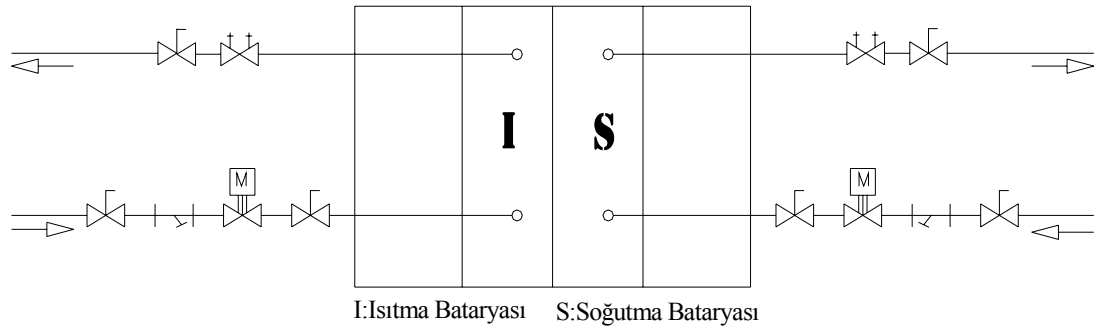
Şekil 3.3. Klima santralinin bağlantı detayı



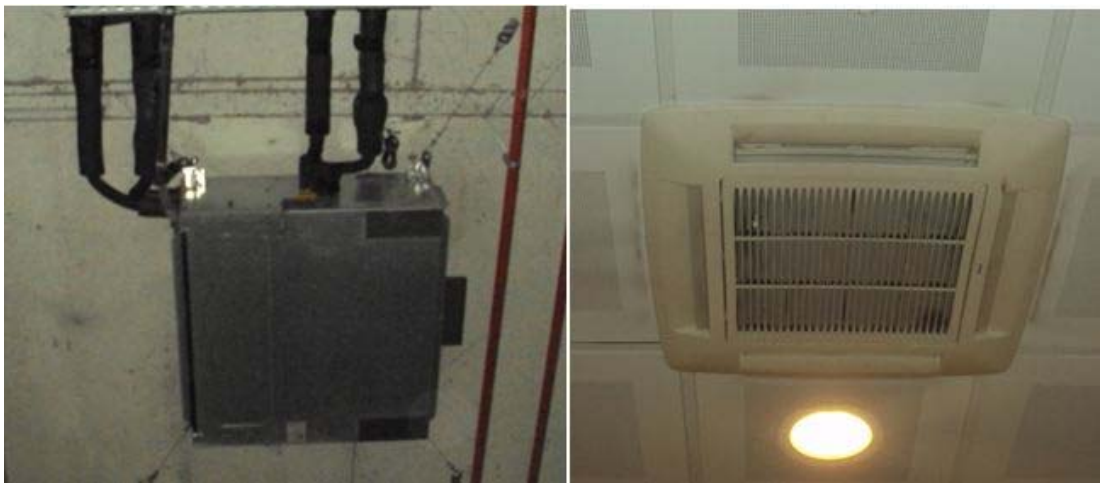
Resim 3.5. Alış veriş merkezindeki klima santralinin bağlantıları

Fan-Coil hattı bölgesi

Resim 3.4'te görülen ortadaki kollektör fan coil hattına aittir, fan coil hattına giriş suyu sıcaklığı 75 °C, çıkış suyu sıcaklığı ise 55 °C dir. Bu hattaki toplam su debisi 50 m^3/h olarak belirtilmiştir. Fan coil üzerinde bulunan serpantinler ısıtıcı veya soğutucu üniteden gelen akışkanla ısıtılıp veya soğutulurken, fan yardımı ile üzerinden geçen havanın istenilen koşullarda şartlanarak, mahale üflenmesi yoluyla ısıtma soğutma işlemini gerçekleştiren cihazlardır. Alışveriş merkezindeki fan-coil üniteleri 4 boruludur, hem ısıtma hem soğutma bataryaları vardır, bazı üniteler 2 borulu olabilir bu tarz sistemlerde ısıtma yapılırken aynı anda soğutma yapılamaz bu da geçiş mevsimlerinde bazı problemlere yol açabilir. Kimi mahaller ısıtmaya ihtiyaç duyarken, kimisi soğutma ihtiyacı duyduğunda 2 borulu fan coiller kullanışsız olacaktır.



Şekil 3.4. Fan coillerin bağlantı detayları



Resim 3.6. AVM' de kullanılan yüksek basınçlı ve asma tavan tipi fan coiller

Eşanjör hattı bölgesi

Eşanjör hattının alışveriş merkezinde sıcak su üretimi için kullanıldığı daha önceki sıhhi tesisat sistemleri bölümünde açıklanmıştır. Şekil 3.7 de ortada en soldaki kollektör eşanjör hattına aittir. Bu hattaki su debisi 43m^3/h dir.

Alışveriş merkezindeki iki farklı soğutma sistemi vardır bunları inceleyecek olursak; Öncelikle soğutmanın tanımı yapacak olursak soğutma bir maddenin ya da bir ortamın sıcaklığının çevresindeki hacim sıcaklığının altına düşürülmesi ve orada muhafaza etmek üzere ısısının alınma işlemidir [18]. Genellikle soğutma işleminin yaz aylarında yapıldığını düşünülür ki buda büyük ölçüde doğrudur, yaz aylarında yapılan soğutma işleminde, soğutma işlemini gerçekleştirecek eleman çok sık kullanılan chiller cihazıdır. Şekil 3.4. ve Şekil 3.5. e bakıldığında fan coil ve klima santrallerinin soğutma bataryalarına chillerden gelen soğumuş su girecek soğutulacak ortamdan ısıyı çekip tekrar chillere girecektir. AVM de toplam 8 adet chiller vardır. Chillere suyun giriş sıcaklığı 11 °C, çıkış sıcaklığı ise 6 °C, su debisi ise 1650 m^3/h tir. Klima santrali ve fan-coil hatlarına su 6 °C de girip 11 °C çıkmaktadır. Klima santrali hattındaki su debisi 1220 m^3/h, fan coil hattında ise 430 m^3/h dir. Aşağıda alışveriş merkezinde kullanılan chiller görülmektedir.



Resim 3.7. Alışveriş merkezinde kullanılan chillerler

Yukarda da bahsedildiği gibi genellikle soğutma işlemi yazın yapılır ancak AVM bir kuyumcuyu ya da elektronik mağazasını göz önüne aldığımızda bu tarz yerlerin ısı yükü diğer mağazalara göre çok daha fazladır. Bu mağazalar özellikle geçiş mevsimi dediğimiz bahar aylarında ve kış aylarında dahi soğutma ihtiyacı duymaktadır. Bu aylarda chiller çalıştırmak hem ekonomik olamayacağından, hem de donma ihtimalinden dolayı freecooling diye adlandırılan sistemden yani dış hava soğukluğundan faydalanılmıştır. Dış hava soğukluğundan dry-cooler (kuru soğutucu) adı verilen cihazlarla yapılır. Bu cihazların bir tanesinin üzerinde 12 adet fan vardır ve cihaza su 13 °C de girip 8 °C de çıkmaktadır. Fanlardan geçen hava ise 6 °C de girip 8,8 °C de çıkmaktadır. Dry-coolerların en önemli özelliği soğutma işlemi için tamamen dış havayı kullanıp enerji tüketiminin sadece cihaz üzerindeki fanlar olmasıdır. Dry-coolerlardan çıkan 8 °C deki su aynı sıcaklıkta soğutma eşanjörüne girip, 13 °C de tekrar cihaza dönmektedir. Bu sırada klima santrali ve fan-coillerden dönen su 15 °C de soğutma eşanjörüne girip 10 °C de klima santrali (KS) ve fan coillere (FC) gitmektedir. Bu sistemin tamamını biz kış soğutması olarak adlandırmaktadır.



Resim 3.8. Dry-cooler cihazı ve soğutma eşanjörleri

3.3. Havalandırma Tesisatı Sistemleri

Havalandırma tesisatının en basit tanımı atmosferden alınan taze havanın mahale verilmesi ve bu işlem sırasındada mahal içerisindeki kirli havanın mahal dışına gönderilmesidir. Bu işlem çok basitmiş gibi görünse de günümüzde havalandırma tesisatı modern HVAC sistemlerinin en temel unsurudur. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte tesisatçılık başka bir boyut daha kazanmış, hem insan sağlığına hem de estetiğe özen gösterilen HVAC sistemleri ortaya çıkmıştır. HVAC sistemini açılımı ısıtma, havalandırma ve soğutma olup bu tanımdan da anlaşıldığı gibi havalandırma tesisatı, ısıtma soğutma tesisatı ile bir bütün olarak modern HVAC sistemini oluşturmuştur. Şekil 3.3. te klima santrali ve Şekil 3.4'te fan coil ünitelerinde görüldüğü gibi ısıtma için kazandan, soğutma için soğutma grubundan gelen akışkanlar, bu cihazlardan geçecek havayı şartlandırır ve istenilen sıcaklıkta mahale gitmesini sağlar. Bu işlem sırasında klima santrallerine alınan taze hava, mahale gönderilen şartlanmış hava, mahalden çekilen emiş havası ve cihazdan atılan egzost havası havalandırma kanalları ile taşınıp, mahale gönderme ve mahalden çekme işlemleri menfezlerle yapılır. Taze hava ve egzost havaları için ise genellikle panjurlar kullanılır. Havalandırma tesisatında kullanılan hava kanalları mahallere göre değişik tipte olabilir, sadece havalandırma maksatlı kullanılan kanallarda galvaniz sac kullanılırken, bir lokantanın aspirasyonu yapılırken ısıya ve kokuya dayanıklı siyah sac kullanılır. Söz konusu hijyense hastanelerin yoğun bakım ve

ameliyathane gibi ünitelerinde paslanmaz çelikten saclar kullanılır. Fan coil üniteleri de genellikle havalandırma kanalları kullanılarak çalıştırılır. Yüksek basınçlı tip dediğimiz kanal bağlantısı olan cihazlar iklimlendirme işleminin yapılacağı mahalde menfezlerin homojen bir şekilde dağıtılması ve bu menfezlere hava kanallarının uygun bir şekilde çekilmesi ile bu cihazlar çalıştırılır. Menfez bağlantı noktalarında çoğunlukla esnek hava kanalları kullanılır.



Resim 3.9. Yalıtımlı bir galvaniz sac hava kanalının menfez bağlantısı

3.4. Yangın Tesisatı Sistemleri

Yangın, yanıcı özelliğe sahip maddelerin kontrol dışı bir şekilde yanmasıdır. Yangından doğabilecek can kaybının yanı sıra zararları önlemenin veya azaltmanın en başta gelen yolu, yangına neden olacak faktörleri ortadan kaldırmak ve yangına hemen müdahale edebilecek tedbirleri almaktır. Burada yangın tesisatının görevi itfaiye gelinceye kadar yangına müdahale etmek, küçük yangınları söndürmek ve itfaiye geldiğinde de onlara yardımcı olabilecek imkânları sağlamaktır [16].

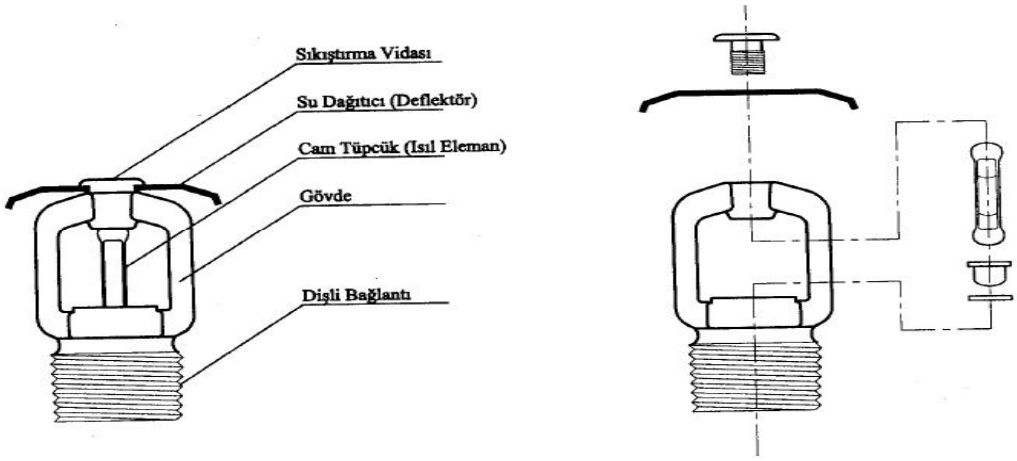
3.4.1. Uygulama yapılan binada bulunan yangın tesisatı malzemeleri

Alışveriş merkezinde yangın tesisatı çeşitli şekillerde gruplandırılmıştır. Sprink hatları ıslak ve kuru olmak üzere iki çeşittir. Binada yangın dolapları için ayrı bir hat, bina dışından itfaiyenin yangına rahat müdahale edebilmesi için hidrant (yangın musluğu) hattı, bina içindeki yangına su yetmemesi durumuna karşı ise tanker dolum ağızları bırakılmıştır.

Sprink Hatları

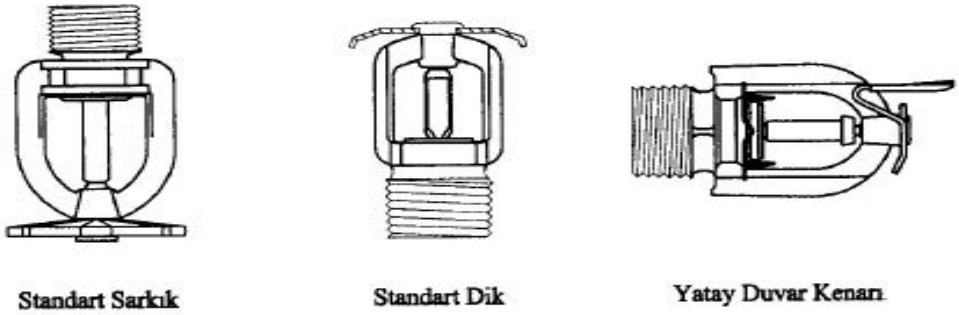
Son zamanlarda en çok kullanılan sulu söndürme sistemlerinden biri olan sprink sistemler, yapılan istatistiki çalışmalara göre bir çok yangını % 95 oranında başlangıç aşamasında söndürmüştür. Bu sistemler yangın çıktığında kendiliğinden devreye giren ve alevin üzerine su serperek söndürme işlemini gerçekleştiren yada yayılmasını engelleyen sistemlerdir. Sprinkler ısıya duyarlı cıva ile çalışır. Cam tüp içerisinde bulunan cıva çevreden aldığı ısı ile genleşir ve cam tüpün kırılmasına yol açar. Tüpün kırılması ile su yolu açılır ve yangının üzerine yoğun su damlacıkları dağılarak yangının sönmesini sağlar [16].

Aşağıdaki şekilde sprink detayı gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Sprink detayı

Sprink tesisatı binada iki farklı şekilde bulunmaktadır, bunlar ıslak ve kuru sistemlerdir. Islak sistemden sprinklere kadar giden borularda sadece su dolaşmaktadır. Yangın esnasında patlayan sprinklerden akan su ilk müdahaleyi yapar, bu sistem boruların donma tehlikesinin olmadığı yerlerde kullanılır. Donma tehlikesi olan yerlerde ise kuru sistem kullanılır, kuru sistemde borularda kompresör aracılığıyla hava gönderilir, yangın esnasında patlayan sprinklerden önce hava çıkar, sistemdeki hava boşaldıktan sonrada su akıp yangına müdahale eder. AVM' de 3 tip sprink kullanılmıştır. Bunlar;



Şekil 3.6. Alışveriş merkezinde kullanılan sprink tipleri

Sarkık tip (pendent) sprinkler: Koruma alanı ve diğer söndürme özelliklerini aşağıya doğru monte edilen sprinklerdir.

Dik tip (upright) sprinkler: Koruma alanı ve diğer söndürme özelliklerini yukarı doğru monte edilen sprinklerdir.

Yatay (sidewall) sprinkler: Koruma alanı diğer söndürme özelliklerini duvara, yere paralel biçimde monte edilen sprinklerdir.

Yangın dolabı hatları

Yangın dolapları yangın esnasında kişinin yangına ilk müdahaleyi yapmasını sağlayan ekipmanlardır. AVM' de yangın dolapları ayrı bir hat olarak çekilmiştir. Aşağıda alışveriş merkezinde kullanılan yangın dolapları gösterilmiştir.



Resim 3.10. Otopark ve koridor yangın dolapları



Resim 3.11. Dekoratif yangın dolapları ve iç görünümü

Hidrant hatları

Hidrantlar bina dışında bulunan ve yangın anında itfaiyenin kolay müdahale etmesini sağlayan ekipmanlardır. Bu hatlar bina dışına genellikle toprak altından götürülür, demir borularda zamanla çürüme olabileceği için genellikle plastik borular özellikle HDPE borular kullanılır.

Aşağıda alışveriş merkezinde kullanılan hidrantlar görülmektedir.



Resim 3.12. Alışveriş merkezinde kullanılan hidrant ve HDPE borular

3.5. AVM'nin Mekanik Isıtma-Soğutma Tesisatı (MIST) Bölümleri

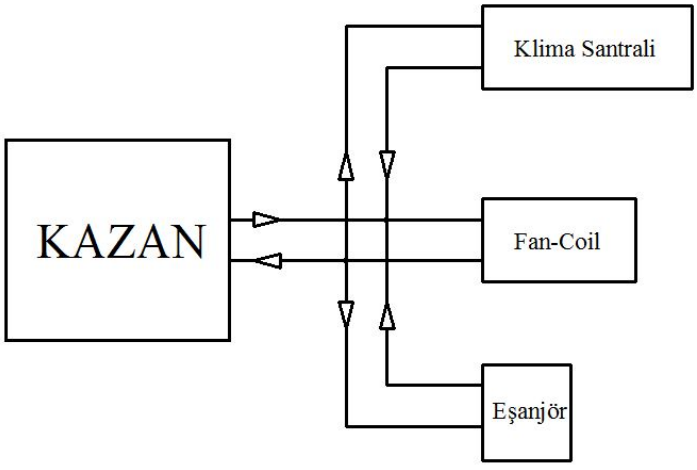
AVM' ye ait bu mekanik ısıtma soğutma tesisat sisteminin çalışmasıyla ilgili çalışmasıyla ilgili bilgiler daha önceki bölümlerde verilmiştir. Bu bölümde MIST ısıl yönden incelenmiştir.

AVM' de 3 farklı ısıl sistem vardır. Bu sistemleri aşağıda sıralanmıştır;

1- Isıtma sistemi
2- Yaz soğutma sistemi
3- Kış soğutma sistemi

3.5.1. Isıtma sistemi

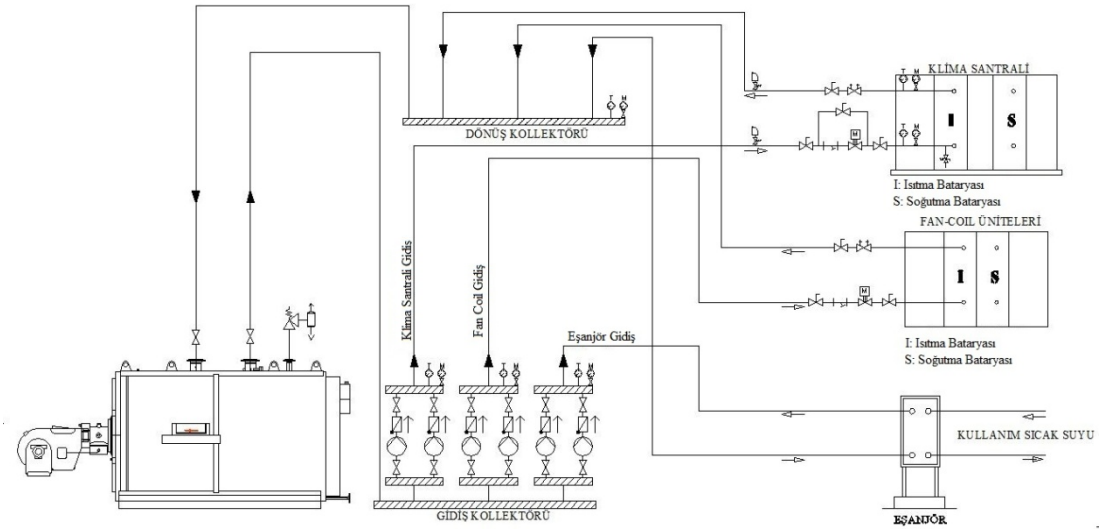
AVM' ye ait ısıtma sisteminde kazan, klima santralleri, fan coil cihazları ve eşanjör bulunmaktadır. Kazandan elde edilen enerji, klima santralleri, fan coiller ve eşanjöre iletilmektedir. Isıtma sistemine ait akış diyagramı aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 3.7. AVM'ye ait ısıtma sisteminin akış diyagramı

Isıtma sisteminin çalışma şartları Çizelge 5.1. ve Çizelge 5.7.'de detaylı olarak gösterilmiştir.

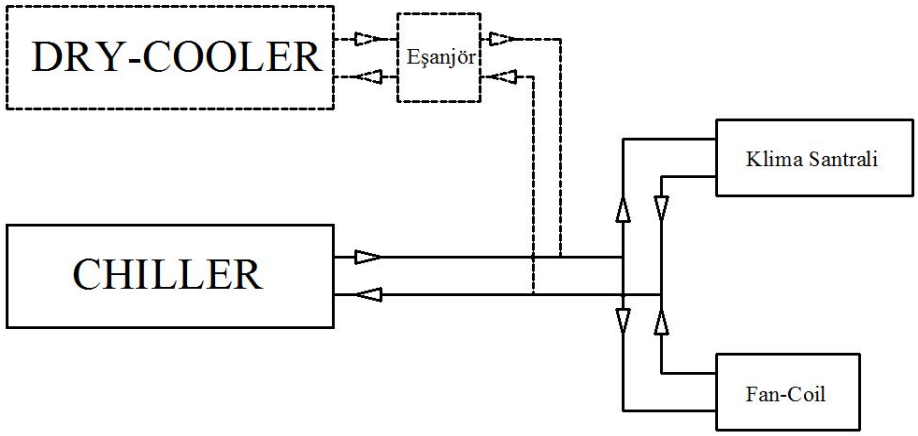
Şekil 3.8.'de ısıtma sisteminin detayı gösterilmiştir. Burada ki gidiş kollektörü daha önce bahsedilen bölge (zone) kolektörüdür ve 3 farklı cihaza (klima santralleri, fan coiller ve eşanjör) bu kolletörden sıcak su gitmektedir.



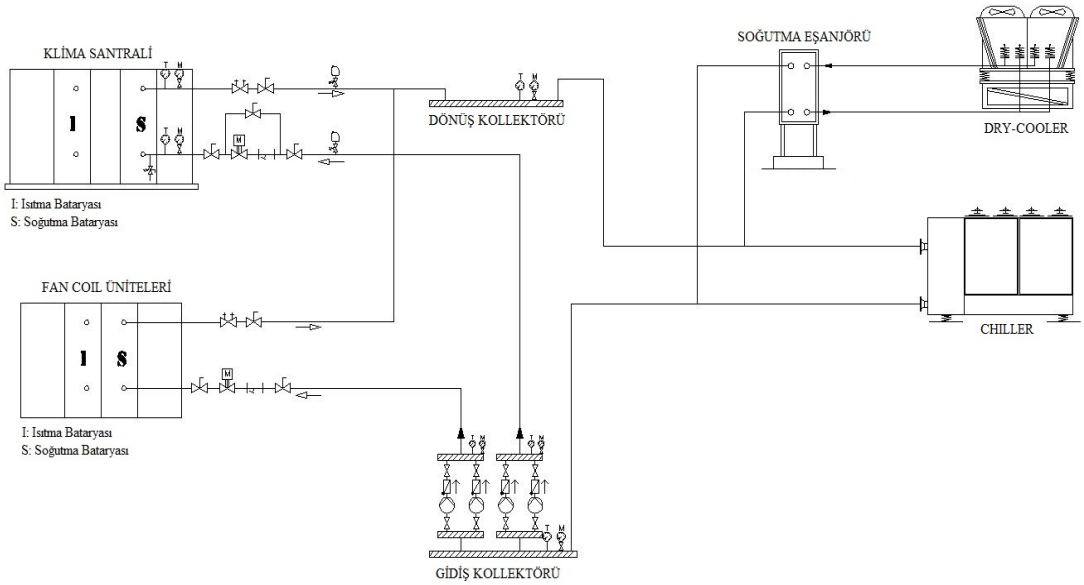
Şekil 3.8. Isıtma sisteminin detaylı gösterimi

3.5.2. Yaz soğutma sistemi

Yaz soğutması diye adlandırılan bu sistemde yaz aylarında AVM'nin kullanım alanlarını konfor şartlarında tutabilmek için soğutma işleminin gerçekleştirildiği sistemdir. Bu sistem Şekil 3.9.'da gösterildiği gibi 3 temel ekipmandan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla chiller, klima santralleri ve fan coil cihazlarıdır. Yaz soğutma sistemi, bir sonraki başlıkta anlatılacak olan kış soğutma sistemi ile aynı cihazları ve tesisatı kullanmaktadır. Akış şemasında kesik çizgi ile gösterilen kısımlar kış soğutma sistemine aittir ve bu kısımlar yaz soğutma sistemi çalışırken devre dışıdır. Şekil 3.10'da AVM'ye ait bütün soğutma sistemi detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Yaz soğutma sistemi akış diyagramı



Şekil 3.10. Soğutma sistemlerinin detaylı gösterimi

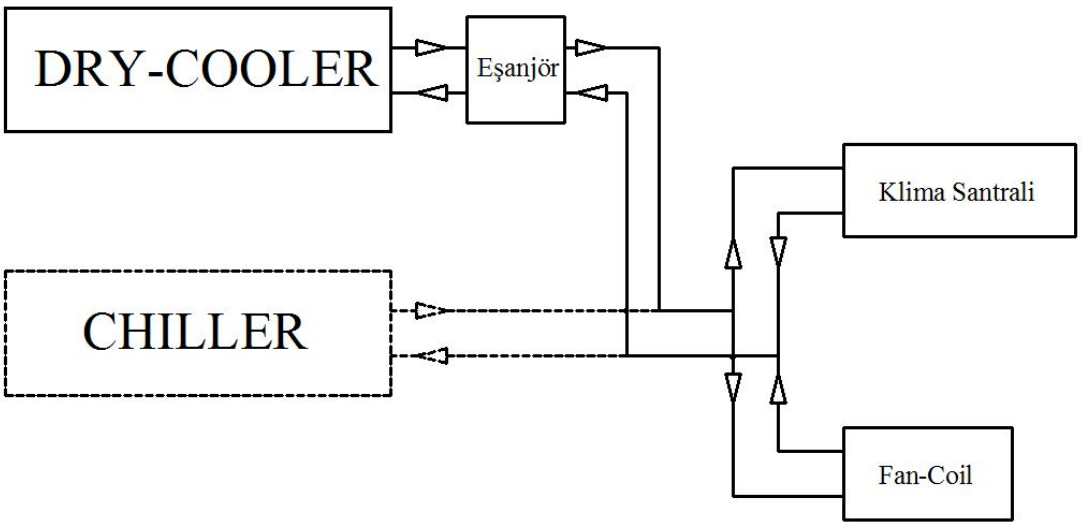
Yaz soğutma sistemine ait çalışma şartları Çizelge 5.3.'te, kış soğutma sisteminin çalışma şatları ise Çizelge 5.5.'te gösterilmiştir.

3.5.3. Kış soğutma sistemi

AVM' ye ait soğutma sisteminden diğeri de kış soğutma sistemidir. Kış aylarında soğutma ihtiyacı duyan mekanlar için geliştirilen bu sistemde dış havanın soğukluğundan faydalanarak çalışan dry-cooler cihazları kullanılmaktadır. Dry-

cooler cihazı ile birlikte soğutma eşanjörlerinin kullanımı elde edilen soğuk suyun sabit değerlerde tutulmasını sağlar. Kış soğutma sisteminin akış diyagramı Şekil 3.11' de gösterilmiştir.

Yaz ve kış soğutma sistemleri bir birinden otomasyona bağlı olan motorlu vanalarla ayrılmıştır. Akış diyagramında kesik çizgi ile gösterilen yerler kış soğutmasında kullanılmayan elemanlardır.



Şekil 3.11. Kış soğutma sistemi akış diyagramı

4. ISITMA SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ VE EKSERJİ ANALİZİ

4.1. Isıtma Soğutma Sistemlerinde Enerji (Birinci Kanun) Analizi

Kapalı bir sistemin toplam enerjisi çevresiyle sadece ısı veya iş etkileşimi sonucunda değişebilir. Buna bağlı olarak kapalı bir sistemin hal değişimi sırasındaki toplam enerji değişimi, sistem sınırlarında gerçekleşen net ısı ve iş geçişine eşittir [17].

$$Q - W = \Delta E \tag{4.1}$$

Ancak açık sistemin veya kontrol hacminin enerjisi yukarıda belirtilen eşitliğe ek olarak kütle girişi ve çıkışı ile değişebilir. Kontrol hacmine kütle girdiği zaman, kontrol hacminin enerjisi artar, çünkü giren kütlenin birlikte taşıdığı bir enerjisi vardır. Benzer olarak kontrol hacminden bir kütle çıktığı zaman, kontrol hacminin enerjisi azalır, çünkü çıkan kütle bir miktar enerjiyi de beraberinde dışarı taşır [17].

$$Q - E + \sum E_g - \sum E_ç = \Delta E \tag{4.2}$$

Burada;

$Q - E$: Sınırları ısı ve iş olarak geçen toplam enerji.

$\sum E_g$: Kontrol hacmine giren kütlenin toplam enerjisi.

$\sum E$: Kontrol hacmine giren kütlenin toplam enerjisi.

$\sum E_ç$: Kontrol hacminden çıkan kütlenin toplam enerjisi.

ΔE : Kontrol hacminde ki net enerji değişimi.

Eşitlik 4.2' yi ısıtma soğutma sistemine göre düzenleyecek olursak;

Kontrol hacminin sınırlarından ısı ve iş olarak geçen toplam enerji, entalpi değişimine eşit olacaktır.

$$Q - W = \Delta h \tag{4.3}$$

Isıtma soğutma sistemlerinde dışarıdan iş verilerek yapılan bir işlem olmadığı için formülün son hali aşağıdaki gibi olur.

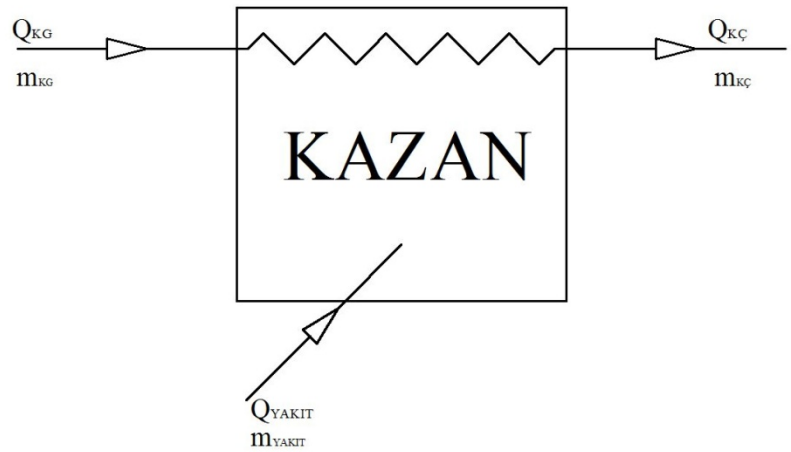
$$Q = \Delta h \tag{4.4}$$

4.1.1. Isıtma sisteminde enerji analizi

AVM'nin mekanik tesisat bölümlerinden biri olan ısıtma tesisatı 3.5.1. bölümünde detaylı olarak ele alınmıştı. Bu başlık altında ise sıtma tesisatına ait her bir cihaz için ayrı enerji analizi uygulanacaktır.

Kazanın enerji analizi

Kazanda meydana gelen ısı kayıplarını tespit edebilmek için kazana ait kayıp parametrelerini bilmemiz gerekmektedir. Bunlar aşağıdaki şekilde detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Kazana ait parametreler

Yakıtın yanması ile açığa çıkan enerji;

$$\dot{Q}_{Yakıt} = \dot{m}_{Yakıt} \times H_a \tag{4.5}$$

eşitliği ile bulunur. Burada;

$\dot{m}_{Yakıt} =$ Yakıtın kütlesel debisi (kg/s).

$H_a =$ Yakıtın alt ısıl değeridir.

Kazanda meydana gelen kayıp ise;

$$\dot{Q}_{KK} = \dot{Q}_{Yakıt} - [\dot{m}_K \times (h_{KÇ} - h_{KG})] \quad (4.6)$$

Eşitliği ile bulunur [15].

Burada;

$\dot{m}_K =$ Kazandaki akışkanın kütlesel debisi (kg/s)

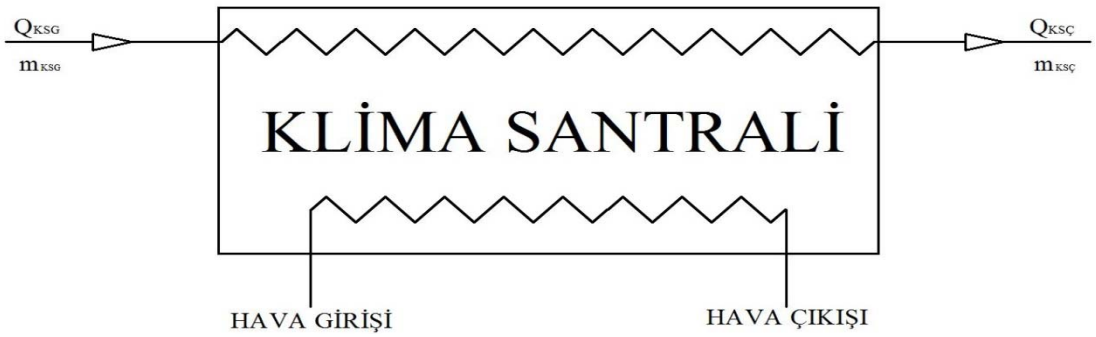
$h_{KG} =$ Kazan girişindeki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

$h_{KÇ} =$ Kazan çıkışındaki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

dir.

Klima santrali hattının enerji analizi

Klima santralleri hattı içinde kazanda olduğu gibi gerekli parametreleri bilmemiz gerekmektedir. Bu parametreler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Klima santraline ait parametreler

Yukarıdaki parametreler belirlendikten sonra aşağıdaki eşitlikle enerji analizi yapılabilir.

$$\dot{Q}_{KS} = [\dot{m}_{KS} \times (h_{KSG} - h_{KSÇ})] \quad (4.7)$$

Burada;

$\dot{m}_{KS} =$ Klima santrali hattındaki akışkanın kütlesel debisi (kg/s)

$h_{KSG} =$ Klima santralinin girişindeki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

$h_{KSÇ} =$ Klima santralinin çıkışındaki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

dir.

Fan coil hattının enerji analizi

Fan coil hattındaki parametreler Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4 Fan-coil hattına ait parametreler

Yukarıdaki parametreler belirlendikten sonra aşağıdaki formülle kayıplar bulunur.

$$\dot{Q}_{FC} = [\dot{m}_{FC} \times (h_{FCG} - h_{FCÇ})] \quad (4.8)$$

Burada;

$\dot{m}_{FC} =$ Fan coil hattındaki akışkanın kütlesel debisi (kg/s)

h_{FCG} = Fan coil hattının girişindeki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

$h_{FCÇ}$ = Fan coil hattının çıkışındaki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

dir.

Eşanjörün enerji analizi

Eşanjöre ait parametreleri inceleyecek olduğumuzda;



Şekil 4.5. Eşanjöre ait parametreler

Yukarıdaki parametreler belirlendikten sonra eşanjördeki enerji dengesi aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$Q_{EŞ} = [\dot{m}_{EI} \times (h_{EIG} - h_{EIÇ})] + [\dot{m}_{EKS} \times (h_{KSG} - h_{KSÇ})] \quad (4.9)$$

Burada;

$\dot{m}_{EI}$ = Eşanjörün ısıtma hattındaki akışkanın kütlesel debisi (kg/s)

$\dot{m}_{EKS}$ = Eşanjörün kullanım suyu hattındaki akışkanın kütlesel debisi (kg/s)

h_{EIG} = Eşanjör ısıtma hattının girişindeki akışkanın entalpisi (kj/kg)

$h_{EIÇ}$ = Eşanjör ısıtma hattının çıkışındaki akışkanın entalpisi (kj/kg)

h_{KSG} = Eşanjör kullanım suyu hattının girişindeki akışkanın entalpisi (kj/kg)

$h_{KSÇ}$ = Eşanjör kullanım suyu hattının çıkışındaki akışkanın entalpisi (kj/kg)

dir.

4.1.2. Soğutma sistemlerinde enerji analizi

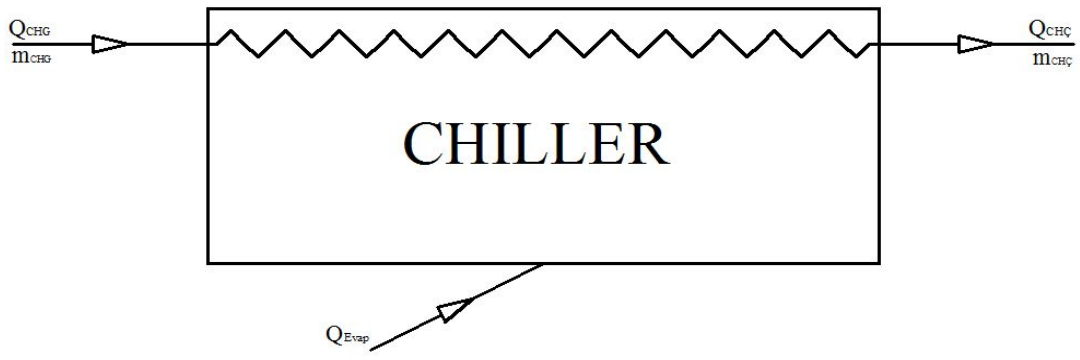
Alışveriş merkezindeki soğutma sisteminde, 3. Bölümde anlatıldığı gibi 2 adet soğutma sistemi vardır. Aşağıda yaz ve kış soğutması olarak adlandırılan sistemlerin enerji analizini incelenmiştir.

Yaz soğutması devresinin enerji analizi

Yaz soğutması klasik soğutma sistemi olup, bölüm 3.5.2. de detaylı bir şekilde anlatılıp, akış diyagramı ve detaylı şemaları gösterilmiştir. Bu sistemde chiller, klima santralleri ve fan coil cihazları bulunmaktadır. Bu cihazlara tek tek enerji analizi uygulanmıştır.

Chillerin enerji analizi

Şekil 4.7. de chiller cihazına ait parametreleri verilmiştir.



Şekil 4.7. Chillere ait parametreler

Yukarıdaki parametreler belirlendikten sonra chillerdeki enerji dengesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$\dot{Q}_{CH} = \dot{Q}_{Evap} - [\dot{m}_{CH} \times (h_{CHG} - h_{CHÇ})] \quad (4.6)$$

Burada;

$\dot{m}_{CH}$ = Eşanjörün ısıtma hattındaki akışkanın kütlesel debisi (kg/s)

h_{CHG} = Chillerin girişindeki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

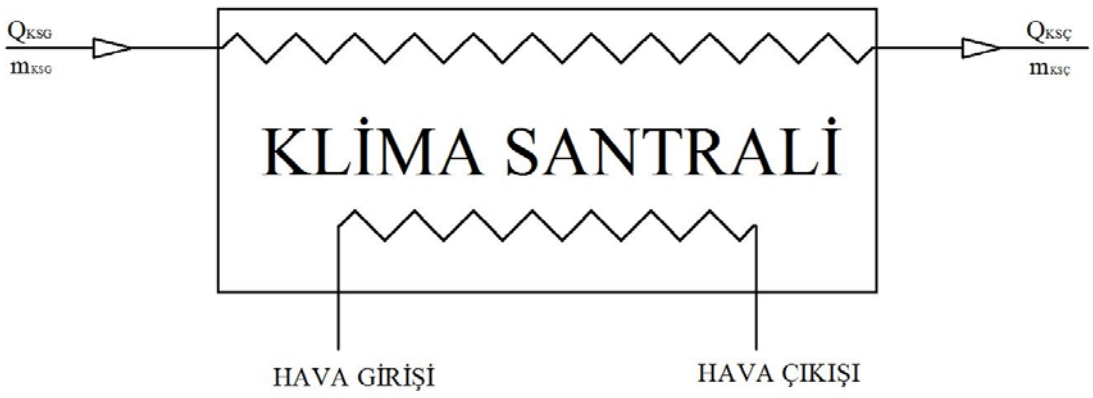
$h_{CHÇ}$ = Chillerin çıkışındaki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

Q_{Evap} = Chillerin soğutma kapasitesi (kW)

dir.

Klima santrali hattının enerji analizi

Klima santralleri hattı içinde kazanda olduğu gibi gerekli parametreleri bilmemiz gerekmektedir. Bu parametreler Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Klima santraline ait parametreler.

Yukarıdaki parametreler belirlendikten sonra klima santrali hattındaki enerji dengesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\dot{Q}_{KS} = [\dot{m}_{KS} \times (h_{KSG} - h_{KSÇ})] \quad (4.11)$$

Burada;

$\dot{m}_{KS}$ = Klima santrali hattındaki akışkanın kütlesel debisi (kg/s)

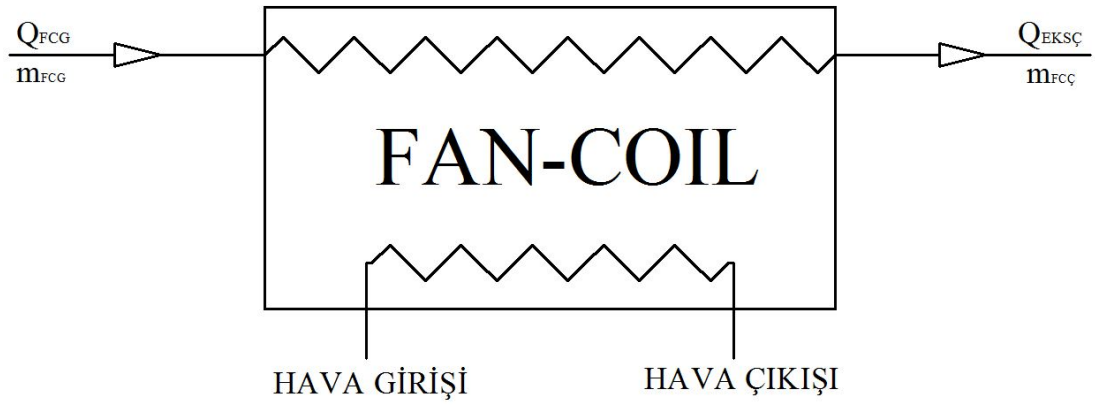
h_{KSG} = Klima santrali hattının girişindeki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

$h_{KSÇ}$ = Klima santrali hattının çıkışındaki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

dir.

Fan coil hattının enerji analizi

Fan coil hattındaki enerji dengesine ait parametreler Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Fan-coil hattına ait parametreler

Yukarıdaki parametreler belirlendikten sonra fan coil hattının enerji dengesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\dot{Q}_{FC} = [\dot{m}_{FC} \times (h_{FCG} - h_{FCÇ})] \quad (4.12)$$

Burada;

$\dot{m}_{FC}$ = Fan coil hattındaki akışkanın kütlesel debisi (kg/s)

h_{FCG} = Fan coil hattının girişindeki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

$h_{FCÇ}$ = Fan coil hattının çıkışındaki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

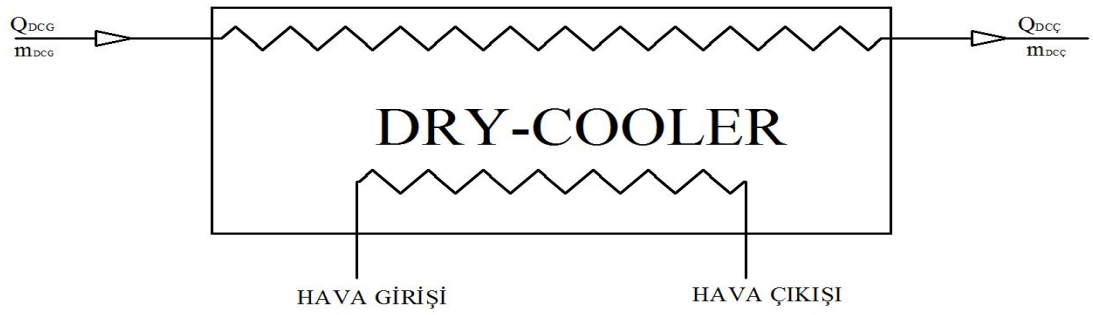
dir.

Kış soğutması enerji analizi

Kış soğutması sistemi özel bir soğutma sistemi olup, kış aylarından soğutma ihtiyacı duyan mahaller için dış havanın soğukluğundan faydalanılıp gerçekleştirilen soğutma yöntemidir. Kış soğutma sistemi dry-cooler, soğutma eşanjörü, klima santrali ve fan coil hatlarından oluşur burada chiller devre dışıdır. Kış soğutmasına ait detaylı bilgiler ve şemalar bölüm 3.5.3. de verilmiştir. Diğer sistemlerde olduğu gibi kış soğutması sisteminde de her bir cihazın ayrı ayrı enerji analizi yapılmıştır.

Dry-cooler cihazının enerji analizi

Dry-cooler cihazına ait parametreler şekil 4.11. de verilmiştir.



Şekil 4.11. Dry-cooler cihazına ait parametreler

Yukarıdaki parametreler belirlendikten sonra dry-cooler cihazının enerji dengesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\dot{Q}_{DC} = [\dot{m}_{DC} \times (h_{DCG} - h_{DCÇ})] \tag{4.13}$$

Burada;

$\dot{m}_{DC}$ = Dry-cooler cihazlarındaki akışkanın kütlesel debisi (kg/s)

h_{DCG} = Dry-cooler cihazlarının girişindeki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

$h_{DCÇ}$ = Dry-cooler cihazlarının çıkışındaki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

dir.

Soğutma eşanjörünün enerji analizi

Soğutma eşanjörüne ait parametreler şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Soğutma eşanjörüne ait parametreler

Yukarıdaki parametreler belirlendikten sonra eşanjörün enerji dengesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\dot{Q}_{ES} = [\dot{m}_{ES} \times (h_{ESG} - h_{ESÇ})] + [\dot{m}_{KY} \times (h_{KYG} - h_{KYÇ})] \quad (4.14)$$

Burada;

$\dot{m}_{ES}$ = Eşanjörün soğutma hattındaki akışkanın kütlesel debisi (kg/s)

$\dot{m}_{KY}$ = Kullanım yerlerine (klima santrali ve fan-coil) giden akışkanın kütlesel debisi (kg/s)

h_{ESG} = Eşanjör soğutma hattının girişindeki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

$h_{ESÇ}$ = Eşanjör soğutma hattının çıkışındaki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

h_{KYG} = Eşanjör kullanım yerleri hattının girişindeki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

$h_{KYÇ}$ = Eşanjör kullanım yerleri hattının çıkışındaki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

dir.

Klima santralinde meydana gelen kayıplar

Klima santralleri hattı içinde kazanda olduğu gibi gerekli parametreleri bilmemiz gerekmektedir. Bu parametreler Şekil 4.13'te gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Klima santraline ait parametreler.

Yukarıdaki parametreler belirlendikten sonra klima santrali hattındaki enerji dengesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\dot{Q}_{KS} = [\dot{m}_{KS} \times (h_{KSG} - h_{KSÇ})] \quad (4.15)$$

Burada;

$\dot{m}_{KS}$ = Klima santrali hattındaki akışkanın kütlesel debisi (kg/s)

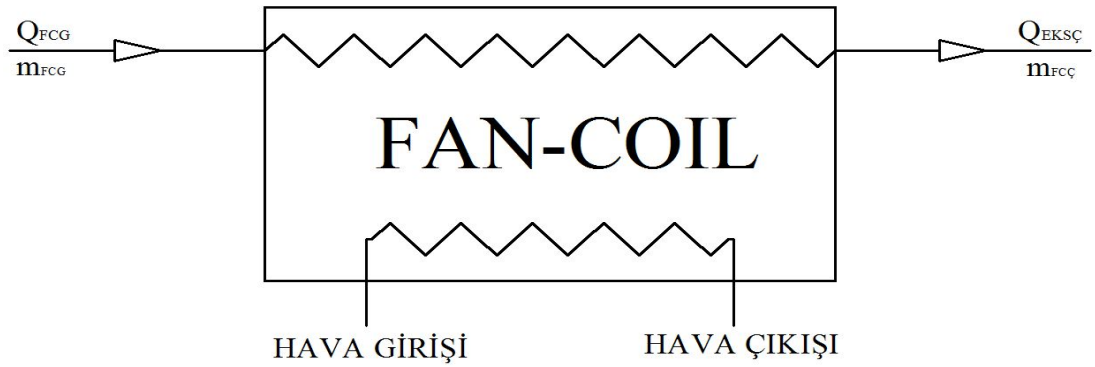
h_{KSG} = Klima santrali hattının girişindeki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

$h_{KSÇ}$ = Klima santrali hattının çıkışındaki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

dir.

Fan coil hattında meydana gelen kayıplar

Fan coil hattındaki enerji dengesine ait parametreler şekil 4.14. da gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Fan-coil hattına ait parametreler

Yukarıdaki parametreler belirlendikten sonra fan coil hattının enerji dengesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\dot{Q}_{FC} = [\dot{m}_{FC} \times (h_{FCG} - h_{FCÇ})] \quad (4.16)$$

Burada;

$\dot{m}_{FC}$ = Fan coil hattındaki akışkanın kütlesel debisi (kg/s)

h_{FCG} = Fan coil hattının girişindeki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

$h_{FCÇ}$ = Fan coil hattının çıkışındaki akışkanın entalpi değeri (kj/kg)

dir.

Bütün sistemlerin ve sistem elemanlarının enerji değerlerini bulmak için eşitlikler oluşturulduktan sonra verim değerlerini bulmak için aşağıdaki eşitlik kullanılır [13].

$$\eta_I = \frac{\sum \dot{Q}_{Çikan}}{\sum \dot{Q}_{Giren}} \tag{4.17}$$

Verim değeri her bir cihaz için ve bütün ısıtma soğutma sistemleri için hesaplanmıştır.

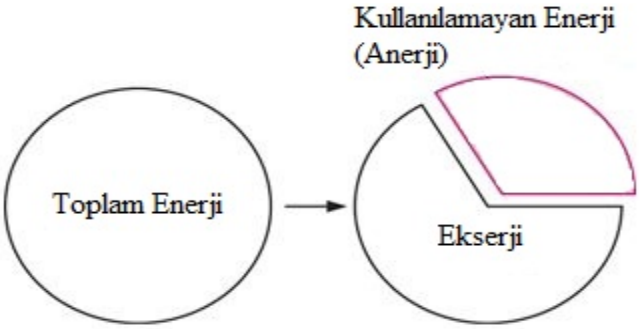
4.2. Isıtma Soğutma Sistemlerinde Ekserji (İkinci Kanun) Analizi

Termodinamiğin 1. yasasında enerjinin korunumu ve sistemlerdeki enerji dengesi ile; 2. yasa ise enerjinin yönü ilgilidir [18].

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 [18].

Kısacası ekserji bir sistemin verilen bir durumda sahip olduğu kullanılabilir iş potansiyelini ve herhangi bir termodinamik yasaya aykırı olmaksızın sağlayabileceği maksimum işi ifade eder [18]. Şekil 4.15. te toplam enerji dengesi gösterilmiştir.



Şekil 4.15 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 görünmektedir.

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 proseste daima korunabilirken, ekserji ise daima tersinir proseslerde korunabilmekte, gerçek proseslerde ise tersinmezlik nedeniyle tüketilmektedir.

Ekserji analizi, bir sistemin enerji analizinden faklıdır. Ekserji analizin sonuçları, genellikle, bir sistemdeki proseslerin 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 tasarlamanın mümkün olup olmayacağını açığa kavuşturacaktır [9]. 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 [18,20].

Rant, ekserjiyi ilk olarak, teknik iş kapasitesi olarak tanımlamıştır. Ekserjinin tam olarak açıklaması ise Baehr tarafından verilmiştir [18,21]. Baehr'in ifadesi "Ekserji, enerjinin diğer enerji türlerine dönüştürülebilen kısmıdır [21].

Ekserjini hesaplanabilmesi için, çevrenin sıcaklık, basınç ve kimyasal durumlarının kesinlikle belirtilmesi ve tersinir bir sürecin var olduğunun kabul edilmesi gereklidir [22].

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 [18,22].

Kotas'a göre ekserji; referans noktası olarak çevresel parametrelerin kullanıldığı, enerjinin verilen bir formundan yararlanılacak azami iştir [20].

Szargut vd.'ye göre ekserji; elde edilebilecek iş miktarıdır [23].

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 [13].

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

$$Ex = (h - h_o) - T_o(s - s_o) \tag{4.18}$$

Eşitliği ile ifade edilir [13].

4.2.1. Isıtma sisteminin ekserji analizi

Enerji (birinci kanun) analizinde AVM'ye ait ısıtma sistemleri incelenmişti. Bu bölümde aynı sistemin ekserji (ikinci kanun) analizi yapılacaktır.

Kazanın enerji 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. Kullanılamayan ısının büyüklüğü kazanın verimi için çok önemli bir parametredir [24].

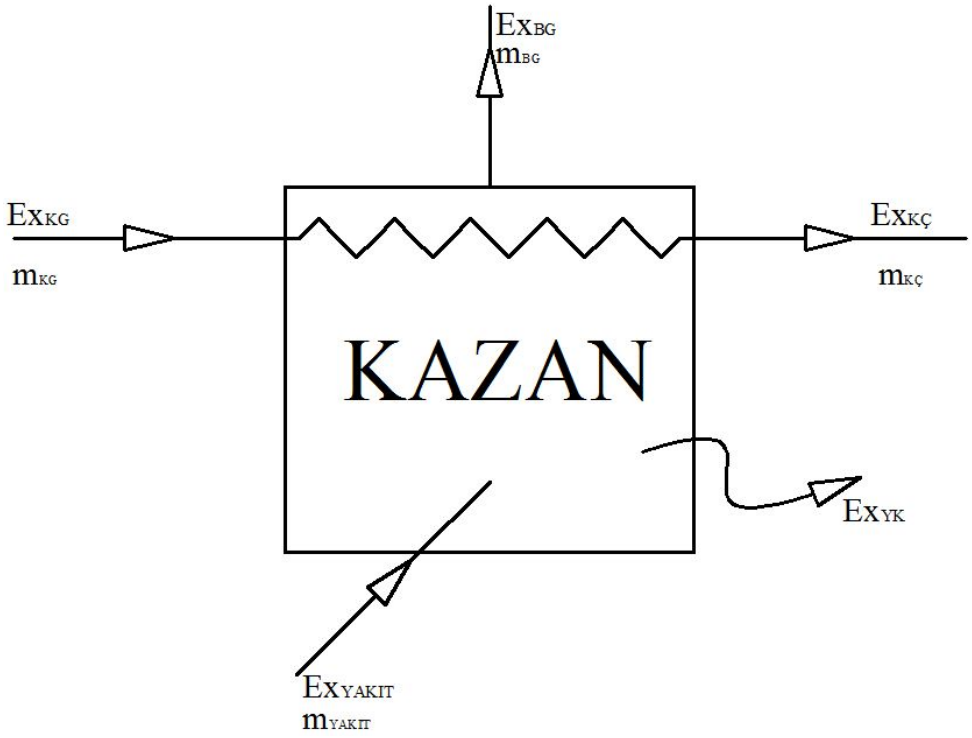
Kazan için oluşturulan şemada (Şekil 4.16.) kazanın giriş ve çıkış ekserji faktörleri gösterilmektedir.

Kazan için Şekil 4.6'da oluşturulan ekserji faktörleri belirlendikten sonra aşağıdaki eşitliklerle kayıplar tespit edilir.

$$\sum Ex_{giren} = \sum Ex_{çıkan} + \sum Ex_{kayıp} \tag{4.19}$$

$$Ex_{Yakıt} + Ex_{KG} = Ex_{KÇ} + Ex_{ÇK} + Ex_{BG} + Ex_{kayıp} \tag{4.20}$$

$$Ex_{kayıp} = Ex_{Yakıt} + Ex_{KG} - (Ex_{KÇ} + Ex_{YK} + Ex_{BG}) \tag{4.21}$$



Şekil 4.16 Kazana ait parametreler

Yakıtın yanmasıyla oluşan ekserji

Doğalgazın yanma denklemi oluşturulurken bütün yakıtın metandan (CH_4) oluştuğu kabul edilmiştir.

Yakıtın ekserji değeri birim kütle için aşağıdaki eşitlikle bulunur [25].

$$\varepsilon_{Yakıt} = H_a \times \varphi \tag{4.22}$$

Burada φ kimyasal ekserji faktörü 1,04 alınmıştır [20,24].

Yakıtın toplam ekserji değerini bulmak için ise birim kütle için bulunan ekserji değeri toplam kütle ile çarpılır [25].

$$\sum Ex_{Yakıt} = \dot{m}_{Yakıt} \times \varepsilon_{Yakıt} \tag{4.23}$$

Kazan yüzeylerinden ısı transferi ile oluşan kayıplar

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

$$\sum Ex_{Yk} = \dot{Q}_{Kayıp}(1 - \frac{T_o}{T_{Kds}}) \tag{4.24}$$

Buradaki $Q_{Kayıp}$ değeri; yakıtın yanması ile oluşan ekserjinin, kazan bünyesindeki ekserji değerinden çıkarılması ile bulunur ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanır [25].

$$Q_{Kayıp} = \dot{m}_{Yakıt} \times H_a - [Q_{Kazan} + (\dot{m}_{N_2}\Delta h_{N_2} + \dot{m}_{CO_2}\Delta h_{CO_2} + \dot{m}_{H_2O}\Delta h_{H_2O})] \tag{4.25}$$

Eşitlik 4.19'da bulunan $Q_{Kayıp}$ değeri Eşitlik 4.18'de yerine konulduğu zaman yüzeyinden gerçekleşen ekserji kaybı bulunur.

Baca gazlarının ekserji analizi

Baca gazlarının ekserji analizi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\sum Ex_{BG} = \sum \dot{M}_i \times Ex_i \tag{4.26}$$

Ancak baca gazlarına ekserji analizi yapabilmemiz için öncelikle yakıtın gerçek yanma denklemini bilmemiz gerekiyor.

Yakıtın tamamen metan (CH_4) ten meydana geldiği kabulünden hareketle yakıtın gerçek yanma denklemi CH_4 ün yanma denklemine eşittir.

$$CH_4 + 2\left(O_2 + 3,76N_2\right) \rightarrow CO_2 + 2H_2O + 7,52N_2$$

Gerçek yanma denklemi bulunduktan sonra yanma ürünlerinin toplam kütlesi hesaplanır. Yanma denkleminde de görüldüğü üzere yanma ürünleri CO_2, H_2O ve N_2 dir. Yanma ürünlerinin toplam kütlesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\dot{M}_{Top} = (1 \times M_{CO_2}) + (2 \times M_{H_2O}) + (7,52 \times M_{N_2}) \tag{4.27}$$

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

$$y_i = \frac{\dot{M}_i}{\dot{M}_{top}} \tag{4.28}$$

Doğal gazın yanma verimi % 92 olduğu için yanma işlemi gerçekleştiğinde baca gazı kütlesi % 8 değerinde bir kayıpla çıkacaktır [26].

$$\dot{M}_{Bg} = (\dot{M}_{Yakıt} + \dot{M}_{Hava}) \times 0.92 \tag{4.29}$$

Bu formülde yakıtla birlikte tepkimeye giren hava kütlesi (M_{Hava}) ihmal edilebilir.

Böylece baca gazının kütlesel debisi bulunmuş olur.

Baca gazının kütlesel debisi bulunduktan sonra yanma ürünlerinin bu kütle içerisindeki değerleri yüzdesel değerlerin yardımı ile hesaplanır.

$$\dot{M}_i = \dot{M}_{Bg} \times y_i \tag{4.30}$$

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)	$\dot{M}_i = y_i \times \dot{M}_{Bg}$ (kg/s)
N_2	210,56	290,59	73,4	0,051948	0,03813
H_2O	36	290,59	12,3	0,051948	0,006389
CO_2	44	290,59	15,2	0,051948	0,0078961

Yanma ürünlerinin toplam ekserjileri

Yanma ürünlerinin ekserjilerini hesaplayabilmek için gerekli değerler bulunduktan 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 185 °C olarak alınmıştır [27].

Çizelge 4.2' de baca gazlarının ve bu gazlara bağlı ortam sıcaklığının termodinamik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.2. Baca gazlarının termodinamik özellikleri

Baca Gazı	h *(kj/kmol)*	s *(kj/kmol)*	h_0 *(kj/kmol)*	s_0 *(kj/kmol)*
N_2	1334,2	204,0406	8669	191,502
H_2O	15358,4	203,3444	9904	188,720
CO_2	15829,4	230,854	9364	213,685

Yanma ürünlerinin termomekaniksel, kimyasal ve toplam ekserjileride Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Baca gazlarının termomekanik, kimyasal ve toplam ekserjileri

Baca Gazı	$Ex_{TM} = (h - h_0) - T_o(s - s_0)$ (kJ/kmol)	$Ex_{Kim} = \bar{R}\,T_o \ln {}^{1}/_{y^e_{Çi}}$ (kJ/kmol)	$Ex_{Top_i} = Ex_{TM_i} + Ex_{Kim}$ (kJ/kmol)	Ex_{Top_i} (kJ/kg)
N_2	934,697	691	1625,697	58,0606
H_2O	1096,329	8663,09	8769,419	487,1899
CO_2	1319,238	19752	21071,238	478,8917

Tablodaki $y^e_{Çi}$ değeri baca gazlarının çevredeki bulunma yüzdesidir. Bu değerler Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Çevrenin tanımı (Moran ve Shapiro)

Referans Bileşen	Mol Kesri (%)
N_2	75,6700
CO_2	0,03450
H_2O	3,03000

Tablodaki değerler Eşitlik 4.26'da yerine konulduğu zaman Eşitlik 4.31. elde edilip baca gazları için toplam ekserji değeri hesaplanır.

$$\sum Ex_{BG} = \dot{M}_{N_2} \times Ex_{Top_{N_2}} + \dot{M}_{N_{CO_2}} \times Ex_{Top_{CO_2}} + \dot{M}_{H_2O} \times Ex_{Top_{H_2O}} \tag{4.31}$$

Kazan girişi ekserji değeri

Sistemden kazana gelen yani kazan dönüş suyunun ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$Ex_{KG} = \dot{m}_{Kazan}[(h_{KG} - h_O) - T_O(s_{KG} - s_O)] \tag{4.32}$$

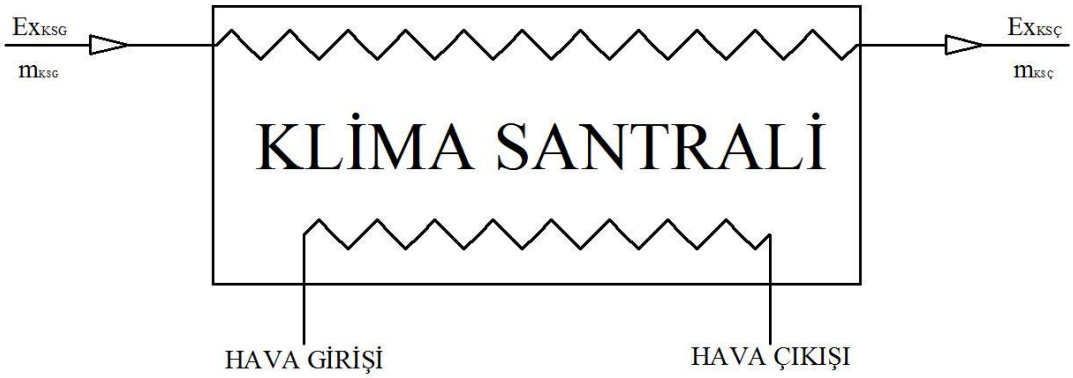
Kazan çıkış ekserji değeri

Kazandan sisteme giden yani kazan çıkış suyunun ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$Ex_{KÇ} = \dot{m}_{Kazan}[(h_{KÇ} - h_O) - T_O(s_{KÇ} - s_O)] \tag{4.33}$$

Klima santrali hattında meydana gelen ekserjik kayıplar

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



Şekil 4.17. Klima santrali parametreleri

Klima Santrali Girişi Ekserji Değeri

Klima santraline sıcak su 85 °C'de girmektedir. Sıcak suyun klima santraline girişindeki ekserjisi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{KSG} = \dot{m}_{KS}[(h_{KSG} - h_O) - T_O(s_{KSG} - s_O)] \tag{4.34}$$

Klima santrali çıkışı ekserji değeri

Klima santralinin çıkışında ki suyun sıcaklığı 65 °C olup, ekserjisi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{KSÇ} = \dot{m}_{KS}[(h_{KSÇ} - h_O) - T_O(s_{KSÇ} - s_O)] \tag{4.35}$$

Klima Santrali hattı için toplam ekserji kaybı

Klima santrali hattına ait parametreler belli olduktan sonra ekserji kayıpları aşağıdaki eşitlikler yardımı ile hesaplanır.

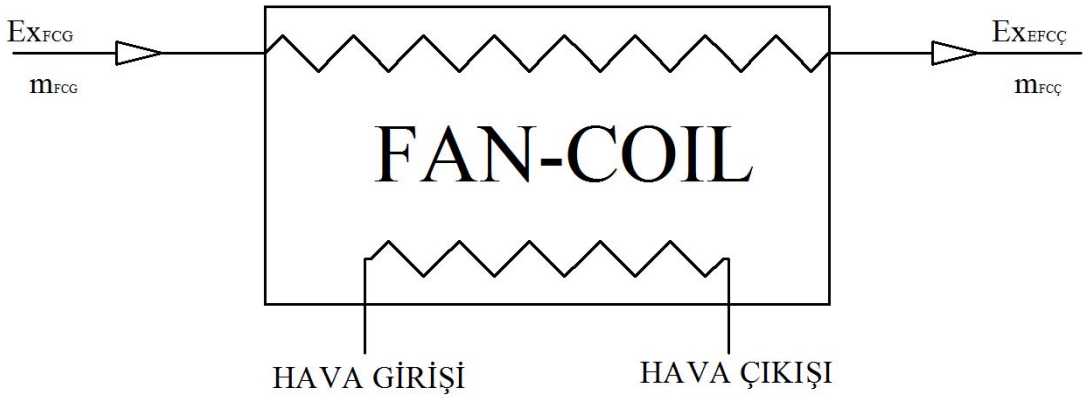
$$\sum Ex_{giren} = \sum Ex_{çıkan} + \sum Ex_{kayıp} \tag{4.36}$$

$$Ex_{KSG} = Ex_{KSÇ} + Ex_{kayıp} \tag{4.37}$$

$$Ex_{kayıp} = Ex_{KSG} - Ex_{KSÇ} \tag{4.38}$$

<u>Fan-coil hattında meydana gelen ekserjik kayıplar</u>

Fan coil için oluşturulan şemada giriş ve çıkış ekserji faktörleri gösterilmektedir.



Şekil 4.18. Fan coil parametreleri

Fan-Coil Girişi Ekserji Değeri

Fan coillere sıcak su 75 °C'de girmektedir. Sıcak suyun fan coillere girdiği andaki ekserjisi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{FCG} = \dot{m}_{FC}[(h_{FCG} - h_O) - T_O(s_{FCG} - s_O)] \tag{4.39}$$

Fan coil çıkışı ekserji değeri

Fan-Coillerden 55 °C de sıcak su çıkmakta olup, ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{FCÇ} = \dot{m}_{FC}[(h_{KSÇ} - h_O) - T_O(s_{KSÇ} - s_O)] \tag{4.40}$$

Fan-Coil hattı için toplam ekserji kaybı

Fan coil hattına ait parametreler belli olduktan sonra kayıplar aşağıdaki eşitlikler yardımı ile hesaplanır.

$$\sum Ex_{giren} = \sum Ex_{çıkan} + \sum Ex_{kayıp} \tag{4.41}$$

$$Ex_{FCG} = Ex_{FCÇ} + Ex_{Kayıp} \tag{4.42}$$

$$Ex_{Kayıp} = Ex_{FCG} - Ex_{FCÇ} \tag{4.43}$$

<u>Eşanjörde meydana gelen ekserjik kayıplar</u>

Eşanjör alışveriş merkezinde sıcak su üretimi için kullanılmaktadır. Kazandan 85 °C de gelen eşanjör ısıtma suyu (EIS), 65 °C de kazana geri dönerken, şebekeden gelen 5 °C de ki kullanım sıcak suyu (KSS) 60 °C de kullanım alanlarına gitmektedir.



Şekil 4.19. Eşanjör parametreleri

Eşanjör ısıtma devresi girişi ekserji değeri

Eşanjör ısıtma devresi giriş suyu sıcaklığı 85 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{EIG} = \dot{m}_{EI}[(h_{EIG} - h_O) - T_O(s_{EIG} - s_O)] \quad (4.44)$$

Eşanjör ısıtma devresi çıkışı ekserji değeri

Eşanjör ısıtma devresi çıkış suyu sıcaklığı 65°C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{EIÇ} = \dot{m}_{EI}[(h_{EIÇ} - h_O) - T_O(s_{EIÇ} - s_O)] \quad (4.45)$$

Eşanjör Kullanım Sıcak Su Devresi Giriş Ekserji Değeri

Eşanjör KSS giriş suyu sıcaklığı 5 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{KSG} = \dot{m}_{EKS}[(h_{EKSG} - h_O) - T_O(s_{EKSG} - s_O)] \quad (4.46)$$

Eşanjör Kullanım Sıcak Su Devresi Çıkış Ekserji Değeri

Eşanjör KSS çıkış suyu sıcaklığı 60 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{KSÇ} = \dot{m}_{EKS}[(h_{EKSG} - h_O) - T_O(s_{EKSG} - s_O)] \quad (4.47)$$

Eşanjör için toplam ekserji kaybı

Eşanjöre ait bütün parametreler belirlendikten sonra ekserji kayıpları aşağıdaki eşitliklerle bulunur.

$$\sum Ex_{giren} = \sum Ex_{çıkan} + \sum Ex_{kayıp} \quad (4.48)$$

$$Ex_{EIG} + Ex_{EKSG} = Ex_{EIÇ} + Ex_{EKSÇ} + Ex_{Kayıp} \quad (4.49)$$

$$Ex_{Kayıp} = Ex_{EIG} + Ex_{EKSG} - (Ex_{EIÇ} + Ex_{EKSÇ}) \quad (4.50)$$

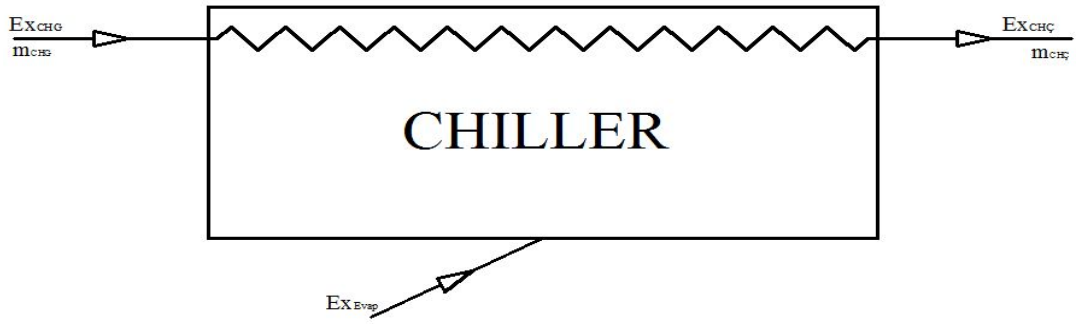
4.2.2. Soğutma sistemi ekserji analizi

Enerji (birinci kanun) analizinde incelediğimiz gibi akış veriş merkezindeki soğutma sistemlerinide ayrı ayrı inceleyecek olursak;

Yaz soğutması ekserji analizi

Alışveriş merkezine ait iki farklı soğutma yöntemi olduğunu enerji analizi yaparken söylemiş ve incelemiştik, şimdi yaz soğutma sistemine ekserjik açıdan bakacak olursak, bütün cihazları tek tek incelememiz gerekecektir.

Chillerde meydana gelen ekserjik kayıplar



Şekil 4.20. Chillere ait parametreleri

Chiller girişi ekserji değeri

Chillerin girişindeki su sıcaklığı 11 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{CHG} = \dot{m}_{CH}[(h_{CHG} - h_O) - T_O(s_{CHG} - s_O)] \tag{4.51}$$

Chiller çıkışı ekserji değeri

Chillerin çıkışındaki su sıcaklığı 6 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{CHÇ} = \dot{m}_{CH}[(h_{CHÇ} - h_O) - T_O(s_{CHÇ} - s_O)] \tag{4.52}$$

Chiller için toplam ekserji kaybı

Chiller cihazına ait bütün parametreler belli olduktan sonra ekserji kaybı aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır.

$$\sum Ex_{giren} = \sum Ex_{çıkan} + \sum Ex_{kayıp} \tag{4.53}$$

$$Ex_{CHG} + Ex_{Evap} = Ex_{CHÇ} + Ex_{Kayıp} \tag{4.54}$$

$$Ex_{Kayıp} = Ex_{CHG} - Ex_{CHÇ} \tag{4.55}$$

Klima santrali hattında meydana gelen ekserjik kayıplar



Şekil 4.21. Klima santraline ait parametreleri

Klima santrali girişi ekserji değeri

Klima santrali girişindeki su sıcaklığı 6 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{KSG} = \dot{m}_{KS}[(h_{KSG} - h_O) - T_O(s_{KSG} - s_O)] \tag{4.56}$$

Klima santrali çıkışı ekserji değeri

Klima santrali çıkışındaki su sıcaklığı 11 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{KSÇ} = \dot{m}_{KS}[(h_{KSÇ} - h_O) - T_O(s_{KSÇ} - s_O)] \tag{4.57}$$

Klima Santrali için toplam ekserji kaybı

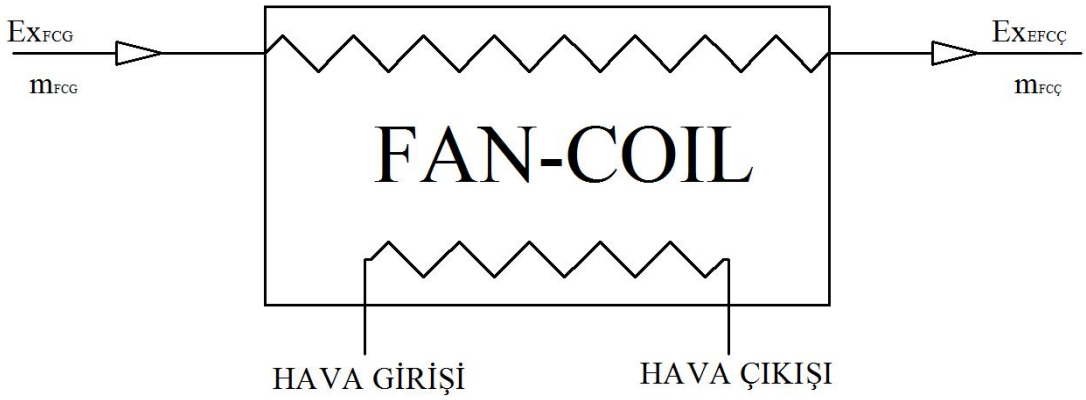
Klima santraline ait bütün parametreler belli olduktan sonra ekserji kayıpları aşağıdaki eşitliklerle bulunur.

$$\sum Ex_{giren} = \sum Ex_{çıkan} + \sum Ex_{kayıp} \tag{4.58}$$

$$Ex_{KSG} = Ex_{KSÇ} + Ex_{Kayıp} \tag{4.59}$$

$$Ex_{Kayıp} = Ex_{KSG} - Ex_{KSÇ} \tag{4.60}$$

Fan coil hattında meydana gelen ekserjik kayıplar



Şekil 4.22. Fan coile ait parametreleri

Fan coil girişi ekserji değeri

Fan coil cihazlarının girişindeki su sıcaklığı 6 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{FCG} = \dot{m}_{FC}[(h_{FCG} - h_O) - T_O(s_{FCG} - s_O)] \tag{4.61}$$

Fan-coil çıkışı ekserji değeri

Fan coil cihazlarının çıkışındaki su sıcaklığı 11 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{FCÇ} = \dot{m}_{FC}[(h_{FCÇ} - h_O) - T_O(s_{FCÇ} - s_O)] \tag{4.62}$$

Fan-coil için toplam ekserji kaybı

Fan coil cihazlarına ait parametreler belirlendikten sonra ekserji kayıpları aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır.

$$\sum Ex_{giren} = \sum Ex_{çıkan} + \sum Ex_{kayıp} \tag{4.63}$$

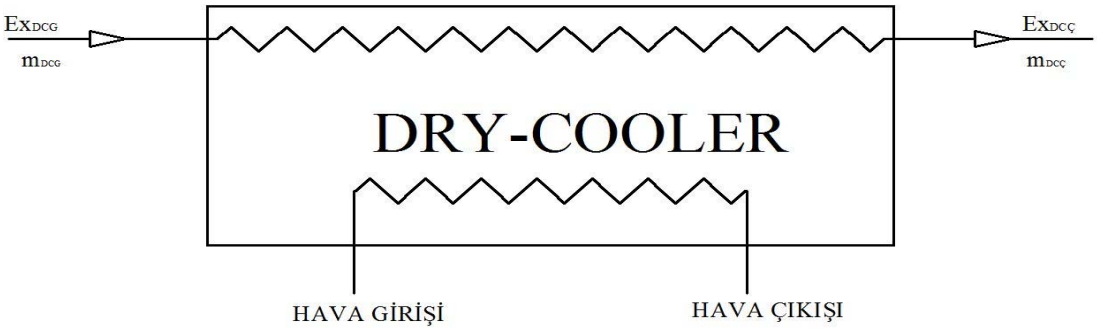
$$Ex_{FCG} = Ex_{FCÇ} + Ex_{Kayıp} \tag{4.64}$$

$$Ex_{Kayıp} = Ex_{FCG} - Ex_{FCÇ} \tag{4.65}$$

Kış soğutması ekserji analizi

Kış soğutması enerji analizinde de bahsedildiği gibi özel bir soğutma yöntemidir. Bu soğutma sisteminde dry-cooler cihazı çalışmakta chiller cihazı devre dışı kalmaktadır. Burada da her bir cihazı tek tek inceleyecek olduğumuzda.

Dry-cooler cihazında meydana gelen ekserjik kayıplar



Şekil 4.23. Dry-cooler cihazına ait parametreleri

Dry-cooler girişi ekserji değeri

Dry-cooler cihazlarının girişindeki su sıcaklığı 13 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{DCG} = \dot{m}_{DC}[(h_{DCG} - h_O) - T_O(s_{DCG} - s_O)] \tag{4.66}$$

Dry-cooler çıkışı ekserji değeri

Dry-cooler cihazlarının çıkışındaki su sıcaklığı 8 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{DCÇ} = \dot{m}_{DC}[(h_{DCÇ} - h_O) - T_O(s_{DCÇ} - s_O)] \tag{4.67}$$

Dry-cooler için toplam ekserji kaybı

Dry-cooler cihazlarına ait parametreler belli olduktan sonra ekserji kaybı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\sum Ex_{giren} = \sum Ex_{çıkan} + \sum Ex_{kayıp} \tag{4.68}$$

$$Ex_{DCG} = Ex_{DCÇ} + Ex_{Kayıp} \tag{4.69}$$

$$Ex_{Kayıp} = Ex_{DCG} - Ex_{DCÇ} \tag{4.70}$$

Soğutma eşanjöründe meydana gelen ekserjik kayıplar

Soğutma eşanjörü alışveriş merkezinde kış soğutması için kullanılmaktadır. Dry-coolerdan 8°C de gelen eşanjör soğutma suyu, 13°C de dry-cooler a geri dönerken, klima santrali ve fan-coil hatlarından 15°C de gelen kış soğutması sistemi suyu 10°C ye kadar soğuyup sisteme geri dönmekte ve kış soğutması tamamlanmaktadır.



Şekil 4.24. Soğutma Eşanjörüne ait parametreleri

Eşanjör soğutma devresi girişi ekserji değeri

Eşanjör soğutma devresi girişindeki su sıcaklığı 8 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{ESG} = \dot{m}_{ES}[(h_{ESG} - h_O) - T_O(s_{ESG} - s_O)] \tag{4.71}$$

Eşanjör soğutma devresi çıkışı ekserji değeri

Eşanjör soğutma devresi çıkışındaki su sıcaklığı 13 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{ESÇ} = \dot{m}_{ES}[(h_{ESÇ} - h_O) - T_O(s_{ESÇ} - s_O)] \tag{4.72}$$

Eşanjör kullanım yerleri giriş ekserji değeri

Eşanjör kullanım yerleri girişindeki su sıcaklığı 15 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{KYG} = \dot{m}_{KY}[(h_{KYG} - h_O) - T_O(s_{KYG} - s_O)] \quad (4.73)$$

Eşanjör kullanım yerleri çıkış ekserji değeri

Eşanjör kullanım yerleri çıkışındaki su sıcaklığı 10 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{KYÇ} = \dot{m}_{KY}[(h_{KYÇ} - h_O) - T_O(s_{KYÇ} - s_O)] \quad (4.74)$$

Eşanjör için toplam ekserji kaybı

Soğutma eşanjörüne ait bütün parametreler belli olduktan sonra ekserji kaybı aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır.

$$\sum Ex_{giren} = \sum Ex_{çıkan} + \sum Ex_{kayıp} \quad (4.75)$$

$$Ex_{ESG} + Ex_{KYG} = Ex_{ESÇ} + Ex_{KYÇ} + Ex_{Kayıp} \quad (4.76)$$

$$Ex_{Kayıp} = Ex_{ESG} + Ex_{KYG} - (Ex_{ESÇ} + Ex_{KYÇ}) \quad (4.77)$$

Klima santrali hattında meydana gelen ekserjik kayıplar



Şekil 4.25. Klima santraline ait parametreleri

Klima santrali girişi ekserji değeri

Klima santrali girişindeki su sıcaklığı 10 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{KSG} = \dot{m}_{KS}[(h_{KSG} - h_O) - T_O(s_{KSG} - s_O)] \quad (4.78)$$

Klima santrali çıkışı ekserji değeri

Klima santrali çıkışındaki su sıcaklığı 15 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{KSÇ} = \dot{m}_{KS}[(h_{KSÇ} - h_O) - T_O(s_{KSÇ} - s_O)] \quad (4.79)$$

Klima santrali için toplam ekserji kaybı

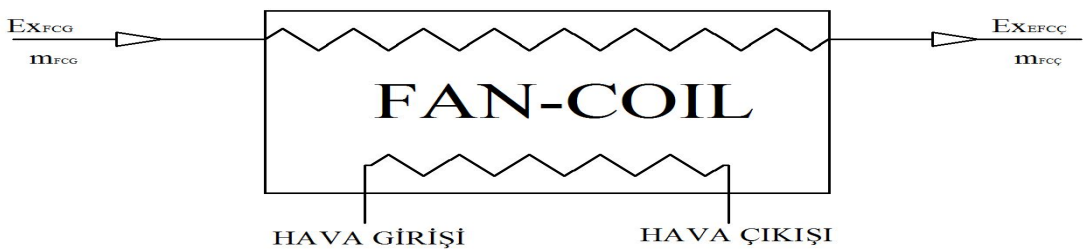
Klima santraline ait bütün parametreler belli olduktan sonra ekserji kaybı aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır.

$$\sum Ex_{giren} = \sum Ex_{çıkan} + \sum Ex_{kayıp} \quad (4.80)$$

$$Ex_{KSG} = Ex_{KSÇ} + Ex_{Kayıp} \quad (4.81)$$

$$Ex_{Kayıp} = Ex_{KSG} - Ex_{KSÇ} \quad (4.82)$$

Fan coil hattında meydana gelen ekserjik kayıplar



Şekil 4.26. Fan coil cihazına ait parametreleri

Fan-coil girişi ekserji değeri

Fan coillerin girişindeki su sıcaklığı 10 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{FCG} = \dot{m}_{FC}[(h_{FCG} - h_O) - T_O(s_{FCG} - s_O)] \tag{4.83}$$

Fan-coil çıkışı ekserji değeri

Fan coillerin çıkışındaki su sıcaklığı 15 °C olup ekserji değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Ex_{FCÇ} = \dot{m}_{FC}[(h_{FCÇ} - h_O) - T_O(s_{FCÇ} - s_O)] \tag{4.84}$$

Fan-coil için toplam ekserji kaybı

Fan coillere ait bütün parametreler belli olduktan sonra ekserji kaybı aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır.

$$\sum Ex_{giren} = \sum Ex_{çıkan} + \sum Ex_{kayıp} \tag{4.85}$$

$$Ex_{FCG} = Ex_{FCÇ} + Ex_{Kayıp} \tag{4.86}$$

$$Ex_{Kayıp} = Ex_{FCG} - Ex_{FCÇ} \tag{4.87}$$

Bütün sistemlerin ve sistem elemanlarının ekserji değerlerini bulmak için eşitlikler oluşturulduktan sonra verim değerlerini bulmak için aşağıdaki eşitlik kullanılır [13].

$$\eta_{II} = \frac{\sum Ex_{Çikan}}{\sum Ex_{Giren}} \tag{4.88}$$

Verim değeri her bir cihaz için ve bütün ısıtma soğutma sistemleri için hesaplanmıştır.

5. ANALİZ SONUÇLARI VE TARTIŞMA

5.1. Enerji Analizi İle İlgili Sonuçlar

MIST'ın enerji analizinde 4. bölümde verilen eşitlikler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar MIST'ın her bir bölümü için ayrı ayrı çizelgeler halinde verilmiştir.

5.1.1. Isıtma sisteminin enerji analizi

3. bölümde Şekil 3.7'de gösterilen akış şemasında verilen giriş ve çıkış noktalarının sıcaklık, entalpi, debi ve Eş. 4.6, Eş. 4.7, Eş. 4.8 Eş. 4.9 kullanılarak hesaplanan enerji değerleri Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Isıtma sistemi ekipmanlarının termodinamik özellikleri ve noktasal enerji değerleri

No	**Açıklaması**	**Akışkan Tipi**	**Sıcaklığı** *T (°C)*	**Entalpi** *h (kj/kg)*	**Kütlesel Debi** $\dot{m}$ *(kg/s)*	**Enerji Miktarı** *(kW)*
1	Kazan girişi	Su	65	272,12	122,2	33253,0604
2	Kazan çıkışı	Su	85	355,96	122,2	43689,620
3	Klima santrali girişi	Su	85	355,96	98,55	35079,858
4	Klima santrali çıkışı	Su	65	272,12	98,55	26817,426
5	Fan-coil ünitesi girişi	Su	75	313,99	13,88	4358,18
6	Fan-coil ünitesi çıkışı	Su	55	230,26	13,88	3196,00
7	Eşanjör ısıtma devresi girişi	Su	85	355,96	11,944	4251,58

Çizelge 5.1. (Devam) Isıtma sistemi ekipmanlarının termodinamik özellikleri ve noktasal enerji değerleri

8	Eşanjör ısıtma devresi çıkışı	Su	65	272,12	11,944	3250,20
9	Eşanjör kullanım sıcak suyu girişi	Su	5	21,02	11,944	251,062
10	Eşanjör kullanım sıcak suyu çıkışı	Su	60	167,53	11,944	2000,978

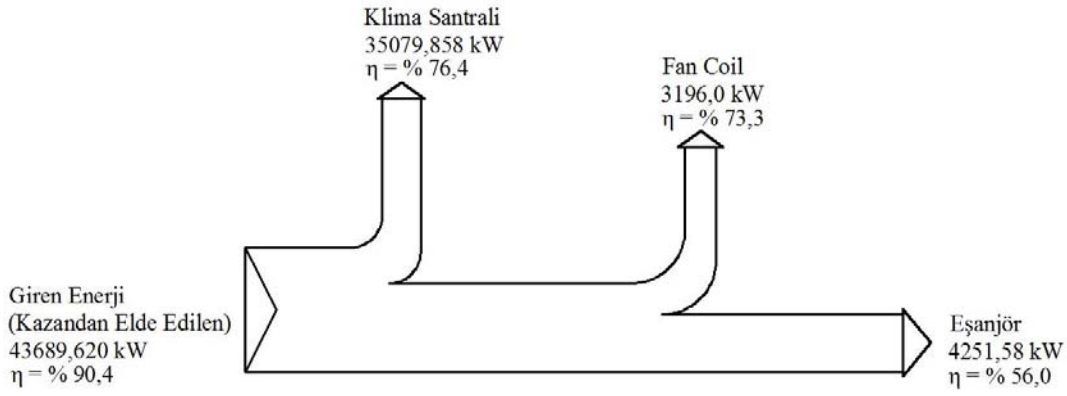
Çizelge 5.1'de verilen değerler, Eş. 4.17'de yerine konulduğunda her bir sistem elemanı için elde edilen değerler Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Isıtma sistemi ekipmanlarının enerji kayıpları ve verimleri

Cihaz No	**Cihaz İsmi**	ΣQ_{Giren} *(kW)*	$\Sigma Q_{Çıkan}$ *(kW)*	$\Sigma Q_{Kayıp}$ *(kW)*	**Enerjik Verim** (η)
1	Kazan	11330,76[1]	10245,248[2]	1085,512	0,904
2	Klima Santrali	35079,858	26817,426	8262,432	0,764
3	Fan-Coil	4358,18	3196,00	1162,18	0,733
4	Isıtma Eşanjörü	6251,58	3501,262	2750,31[3]	0,560

Aşağıdaki şekilde, Çizelge 5.2. de elde edilen sonuçları daha iyi yorumlayabilmek için enerji analizinin yorumlanmasında kullanılan sankey diyagramı çizilmiştir.

[1] Yakıttan gelen enerji değeri (Eş. 4.5.)
[2] Kazan suyu giriş ve çıkışı ile elde edilen enerji değeri (Eş. 4.6.)
[3] Kazanın kullanım suyuna aktaramadığı miktar.



Şekil 5.1. Isıtma sistemine ait sankey (enerji akış) diyagramı

Sankey diyagramı giren enerjinin çıkan enerjiye eşit olduğu gösteren diyagramdır. Bu diyagram sayesinde kayıp noktaları ve değerleri görülmüştür.

5.1.2. Soğutma sistemlerinde elde edilen sonuçlar

Yaz soğutması sisteminde elde edilen sonuçlar

3. bölümde Şekil 3.10'da gösterilen akış şemasında verilen giriş ve çıkış noktalarının sıcaklık, entalpi, debi ve Eş.4.10, Eş. 4.11, Eş.4.12. kullanılarak hesaplanan enerji değerleri Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Yaz soğutma sistemi ekipmanlarının termodinamik özellikleri ve noktasal enerji değerleri

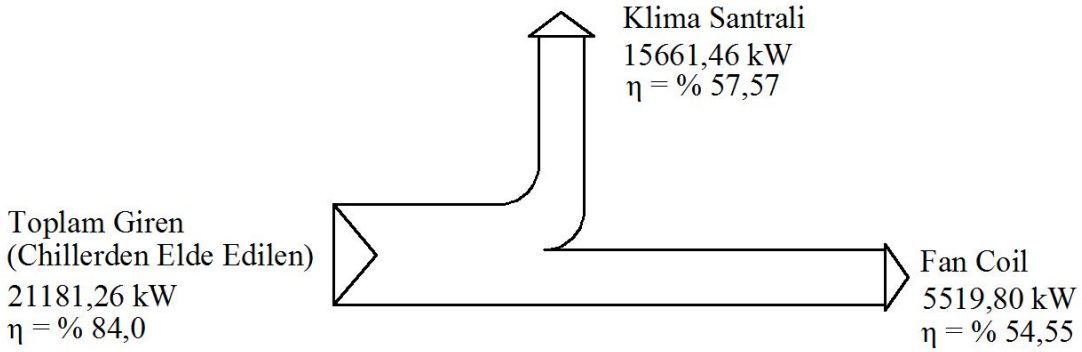
No	**Açıklaması**	**Akışkan Tipi**	**Sıcaklığı** *T (°C)*	**Entalpi** *h (kj/kg)*	**Kütlesel Debi** *m (kg/s)*	**Enerji Miktarı** *(kW)*
1	Chiller girişi	Su	11°C	46,214	458,33	21181,26
2	Chiller çıkışı	Su	6°C	25,2204	458,33	11559,26
3	Klima santrali girişi	Su	6°C	25,2204	338,89	8546,94
4	Klima santrali çıkışı	Su	11°C	46,214	338,89	15661,46
5	Fan-coil ünitesi girişi	Su	6°C	25,2204	119,44	3012,32
6	Fan-coil ünitesi çıkışı	Su	11°C	46,214	119,44	5519,80

Çizelge 5.3'te verilen değerler, Eş. 4.17'de yerine konulduğunda her bir sistem elemanı için elde edilen değerler Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4. Yaz soğutması sistemi ekipmanlarının enerji kayıpları ve verimleri

Cihaz No	**Cihaz İsmi**	ΣQ_{Giren} *(kW)*	$\Sigma Q_{Çıkan}$ *(kW)*	$\Sigma Q_{Kayıp}$ *(kW)*	**Enerjik Verim** (η)
1	Chiller	11400,00[4]	9622,00[5]	1178,00	0,840
2	Klima Santrali	16251,28	8546,94	7704,34	0,5457
3	Fan-Coil	4929,98	3012,32	1917,66	0,5455

Aşağıdaki şekilde, Çizelge 5.4'de elde edilen sonuçları daha iyi yorumlayabilmek için enerji analizinin yorumlanmasında kullanılan sankey diyagramı çizilmiştir.



Şekil 5.2. Yaz soğutması sistemine ait sankey (enerji akış) diyagramı

Sankey diyagramı giren enerjinin çıkan enerjiye eşit olduğu gösteren diyagramdır. Bu diyagram sayesinde kayıp noktaları ve değerleri görülmüştür.

[4] Chiller soğutma kapasitesi
[5] Chillere su giriş çıkışı ile oluşan enerji değeri (Eş.4.10.)

Kış soğutması sisteminde elde edilen sonuçlar

3. bölümde Şekil 3.11'de gösterilen akış şemasında verilen giriş ve çıkış noktalarının sıcaklık, entalpi, debi ve Eş.4.13, Eş. 4.14, Eş.4.15. ve 4.16. kullanılarak hesaplanan enerji değerleri Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5. Kış soğutma sistemi ekipmanlarının termodinamik özellikleri ve noktasal enerji değerleri

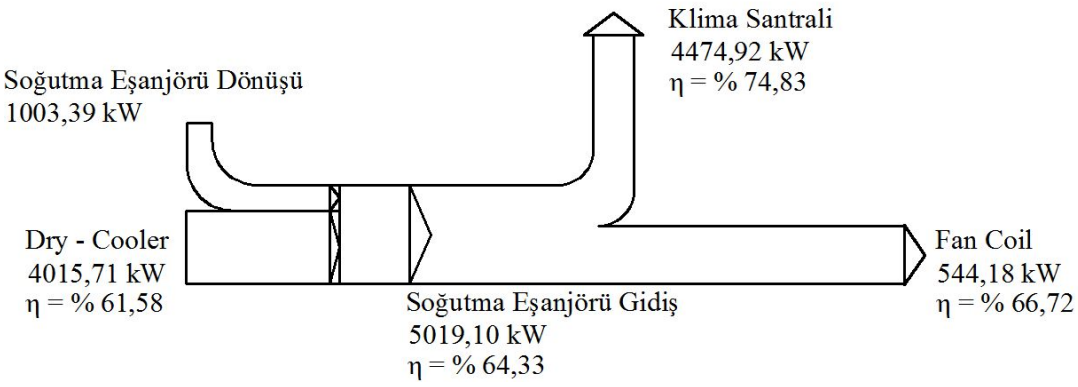
No	**Açıklaması**	**Akışkan Tipi**	**Sıcaklığı** *T (°C)*	**Entalpi** *h (kj/kg)*	**Kütlesel Debi** $\dot{m}$ *(kg/s)*	**Enerji Miktarı** *(kW)*
1	Dry-Cooler girişi	Su	13 °C	54,5968	119,44	6521,04
2	Dry-Cooler çıkışı	Su	8 °C	33,6212	119,44	4015,71
3	Soğutma Eşanjörü primer girişi	Su	8 °C	33,6212	119,44	4015,71
4	Soğutma Eşanjörü primer çıkışı	Su	13 °C	54,5968	119,44	6521,04
5	Soğutma Eşanjörü sekonder girişi	Su	15 °C	62,98	119,44	7522,33
6	Soğutma Eşanjörü sekonder çıkışı	Su	10 °C	42,022	119,44	5019,10
7	Klima santrali girişi	Su	10 °C	42,022	106,49	4474,92
8	Klima santrali çıkışı	Su	15 °C	62,98	106,49	6706,74
9	Fan-coil ünitesi girişi	Su	10 °C	42,022	12,95	544,18
10	Fan-coil ünitesi çıkışı	Su	15 °C	62,98	12,95	815,591

Çizelge 5.5'te verilen değerler, Eş. 4.17'de yerine konulduğunda her bir sistem elemanı için elde edilen değerler Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Kış soğutması sistemi ekipmanlarının enerji kayıpları ve verimleri

Cihaz No	Cihaz İsmi	ΣQ_{Giren} (kW)	$\Sigma Q_{Çıkan}$ (kW)	$\Sigma Q_{Kayıp}$ (kW)	Enerjik Verim (η)
1	Dry-Cooler	6521,04	4015,71	2505,33	0,6158
2	Soğutma Eşanjörü	14043,37	9034,81	5008,65	0,6433
3	Klima Santrali	6706,74	5019,10	1687,64	0,7483
4	Fan-Coil	815,591	544,18	271,411	0,6672

Aşağıdaki şekilde, Çizelge 5.6. de elde edilen sonuçları daha iyi yorumlayabilmek için enerji analizinin yorumlanmasında kullanılan sankey diyagramı çizilmiştir.



Şekil 5.3. Kış soğutması sistemine ait sankey (enerji akış) diyagramı

Sankey diyagramı giren enerjinin çıkan enerjiye eşit olduğu gösteren diyagramdır. Bu diyagram sayesinde kayıp noktaları ve değerleri görülmüştür.

5.2. Ekserji analizi sonucu elde edilen sonuçlar

Alışveriş merkezindeki sisteme enerji analizleri uygulandıktan sonra daha iyi sonuç elde edebilmek ve kayıp noktalarını daha net belirlemek için ekserji analizi

uygulanmıştır. Bu analiz sonucunda elde edilen sonuçlar tablolar halinde belirtilmiştir.

5.2.1. Isıtma sisteminde elde edilen sonuçlar

3. bölümde Şekil 3.7'de gösterilen akış şemasında verilen giriş ve çıkış noktalarının sıcaklık, entalpi, debi ve Eş. 4.34, Eş. 4.35, Eş. 4.39, Eş. 4.40, Eş. 4.44, Eş. 4.45, Eş. 4.46 ve Eş. 4.47 kullanılarak hesaplanan ekserji değerleri Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Isıtma sistemi ekipmanlarının termodinamik özellikleri ve noktasal ekserji değerleri

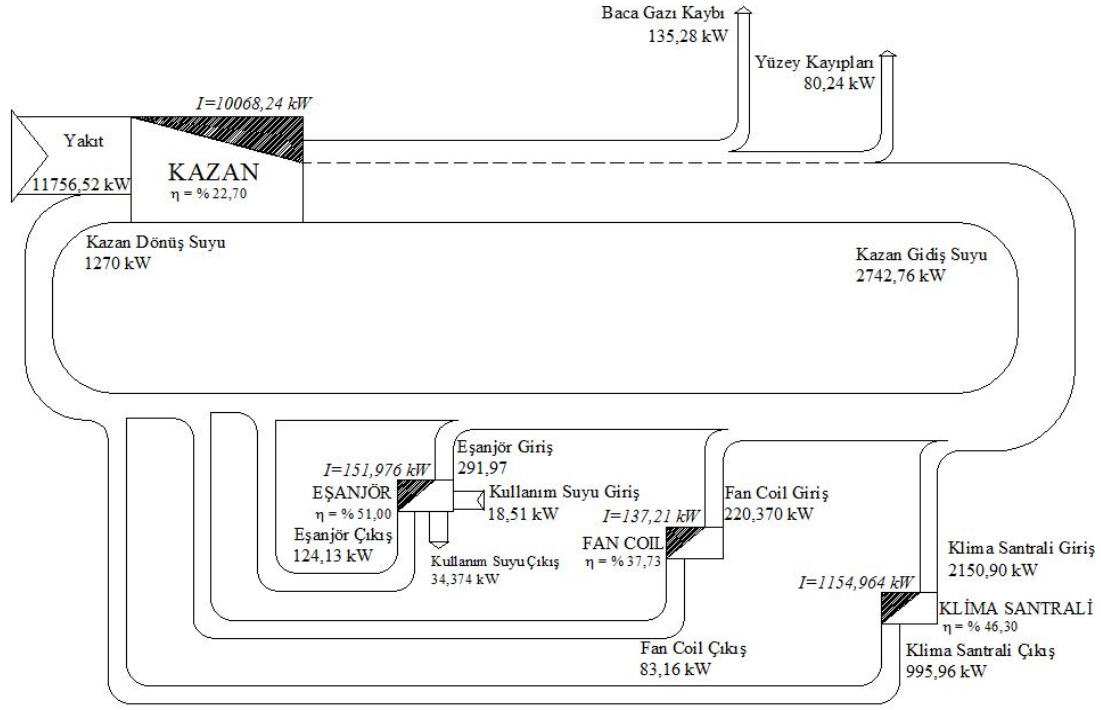
No	**Açıklaması**	**Akışkan Tipi**	**Sıcaklığı** *T (°C)*	**Entalpi** *h (kj/kg)*	**Entropi** *s (kj/kg K)*	**Kütlesel Debi** $\dot{m}$ *(kg/s)*	**Ekserji** Ψ *(kj/kg)*	**Ekserji Miktarı** *(kW)*
1	Kazan girişi	Su	65	272,12	0,8937	122,2	10,393	317,50
2	Kazan çıkışı	Su	85	355,96	1,1346	122,2	22,445	685,69
3	Klima santrali girişi	Su	85	355,96	1,1346	98,55	22,445	2211,96
4	Klima santrali çıkışı	Su	65	272,12	0,8937	98,55	10,393	1024,23
5	Fan-coil ünitesi girişi	Su	75	313,99	1,0158	13,88	15,877	220,37
6	Fan-coil ünitesi çıkışı	Su	55	230,26	0,768	13,88	5,992	83,16
7	Eşanjör ısıtma devresi girişi	Su	85	355,96	1,1346	11,944	24,445	291,97
8	Eşanjör ısıtma devresi çıkışı	Su	65	272,12	0,8937	11,944	10,393	124,13
9	Eşanjör kullanım sıcak suyu girişi	Su	5	21,02	0,0763	11,944	1,55	18,51
10	Eşanjör kullanım sıcak suyu çıkışı	Su	60	167,53	0,5724	11,944	2,878	34,374

Çizelge 5.7'de verilen değerler, Eş. 4.88'de yerine konulduğunda her bir sistem elemanı için elde edilen değerler Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Isıtma sistemi ekipmanlarının ekserji kayıpları ve verimleri

Cihaz No	Cihaz İsmi	ΣEx_{Giren} (kW)	$\Sigma Ex_{Çıkan}$ (kW)	$\Sigma Ex_{Kaybı}$ (kW)	Ekserjik Verim (η)
1	Kazan	13026,52	2958,28	10062,24	0,227
2	Klima Santrali	2150,90	995,96	1154,964	0,4630
3	Fan-Coil	220,37	83,16	137,21	0,3773
4	Isıtma Eşanjörü	310,48	158,504	151,976	0,510

Aşağıdaki şekilde, Çizelge 5.8. de elde edilen sonuçları daha iyi yorumlayabilmek için ekserji analizi sonuçlarının yorumlanmasında kullanılan Grassman diyagramı çizilmiştir.



Şekil 5.4. Isıtma sistemine ait Grassman (ekserji akış) diyagramı

Grassman diyagramı kullanılabilir enerjiyi ve tersinmezlikleri her bir cihaz için ayrı ayrı gösteren ve kaybın yüksek olduğu yerlerde yorum yapmamıza yardımcı olan diyagramlardır, diyagrama ve çizelgelere bakıldığında sistemde en yüksek verimle

çalışan cihaz ısıtma eşanjörüdür, en büyük kayıp (tersinmezlik) kazanda meydana gelmiştir.

5.2.2. Soğutma sistemlerinde elde edilen sonuçlar

Yaz soğutması sisteminde elde edilen sonuçlar

3. bölümde Şekil 3.10'da gösterilen akış şemasında verilen giriş çıkış noktalarının sıcaklık, entalpi, debi ve Eş. 4.51, Eş. 4.52, Eş. 4.56, Eş. 4.57, Eş. 4.61 ve Eş. 4.62 kullanılarak hesaplanan ekserji değerleri Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Yaz soğutma sistemi ekipmanlarının termodinamik özellikleri ve noktasal ekserji değerleri

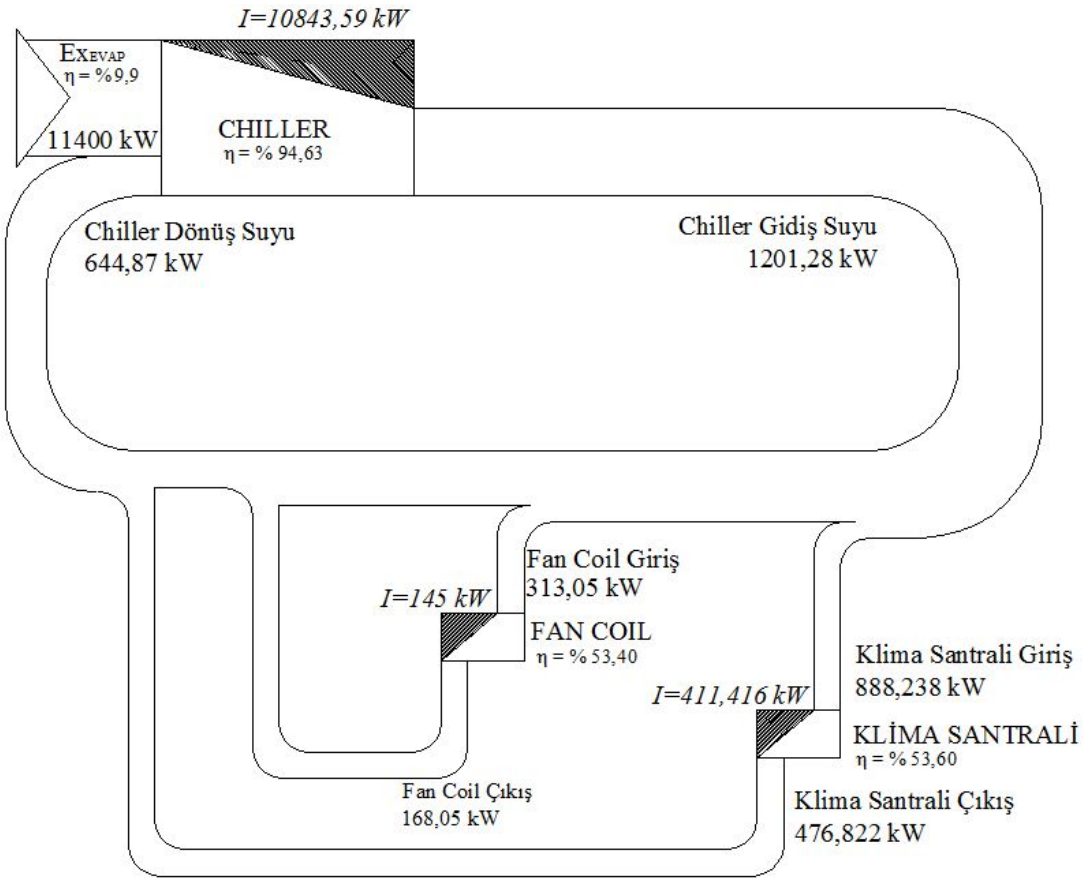
No	**Açıklaması**	**Akışkan Tipi**	**Sıcaklığı** *T (°C)*	**Entalpi** *h (kj/kg)*	**Entropi** *s (kj/kg K)*	**Kütlesel Debi** *m (kg/s)*	**Ekserji** *Ψ (kj/kg)*	**Ekserji Miktarı** *(kW)*
1	Chiller girişi	Su	11°C	46,214	0,16578	458,33	1,407	644,87
2	Chiller çıkışı	Su	6°C	25,2204	0,09126	458,33	2,621	1201,28
3	Klima santrali girişi	Su	6°C	25,2204	0,09126	338,89	2,621	888,238
4	Klima santrali çıkışı	Su	11°C	46,214	0,16578	338,89	1,407	476,822
5	Fan-coil ünitesi girişi	Su	6°C	25,2204	0,09126	119,44	2,621	313,05
6	Fan-coil ünitesi çıkışı	Su	11°C	46,214	0,16578	119,44	1,407	168,05

Çizelge 5.9'da verilen değerler, Eş. 4.88'de yerine konulduğunda her bir sistem elemanı için elde edilen değerler Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Yaz soğutma sistemindeki elemanların ekserjik özellikleri

Cihaz No	Cihaz İsmi	ΣEx_{Giren} (kW)	$\Sigma Ex_{Çıkan}$ (kW)	$\Sigma Ex_{Kayıp}$ (kW)	Ekserjik Verim (η)
1	Chiller	12044,87	1201,28	10843,53	0,099
2	Klima Santrali	888,238	476,822	411,416	0,536
3	Fan-Coil	313,05	168,05	145	0,534

Aşağıdaki şekilde, Çizelge 5.10. da elde edilen sonuçları daha iyi yorumlayabilmek için ekserji analizinin yorumlanmasında kullanılan Grassman diyagramı çizilmiştir.



Şekil 5.5. Yaz soğutması sistemine ait Grassman (ekserji akış) diyagramı

Kış soğutması sisteminde elde edilen sonuçlar

3. bölümde Şekil 3.11'de gösterilen akış şemasında verilen giriş ve çıkış noktalarının sıcaklık, entalpi, debi ve Eş.4.66, Eş. 4.67, Eş.4.71, Eş. 4.72, Eş. 4.73, Eş. 4.74, Eş. 4.78, Eş. 4.83 ve Eş.4.84 kullanılarak hesaplanan enerji değerleri Çizelge 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Kış soğutma sistemi ekipmanlarının termodinamik özellikleri ve noktasal ekserji değerleri

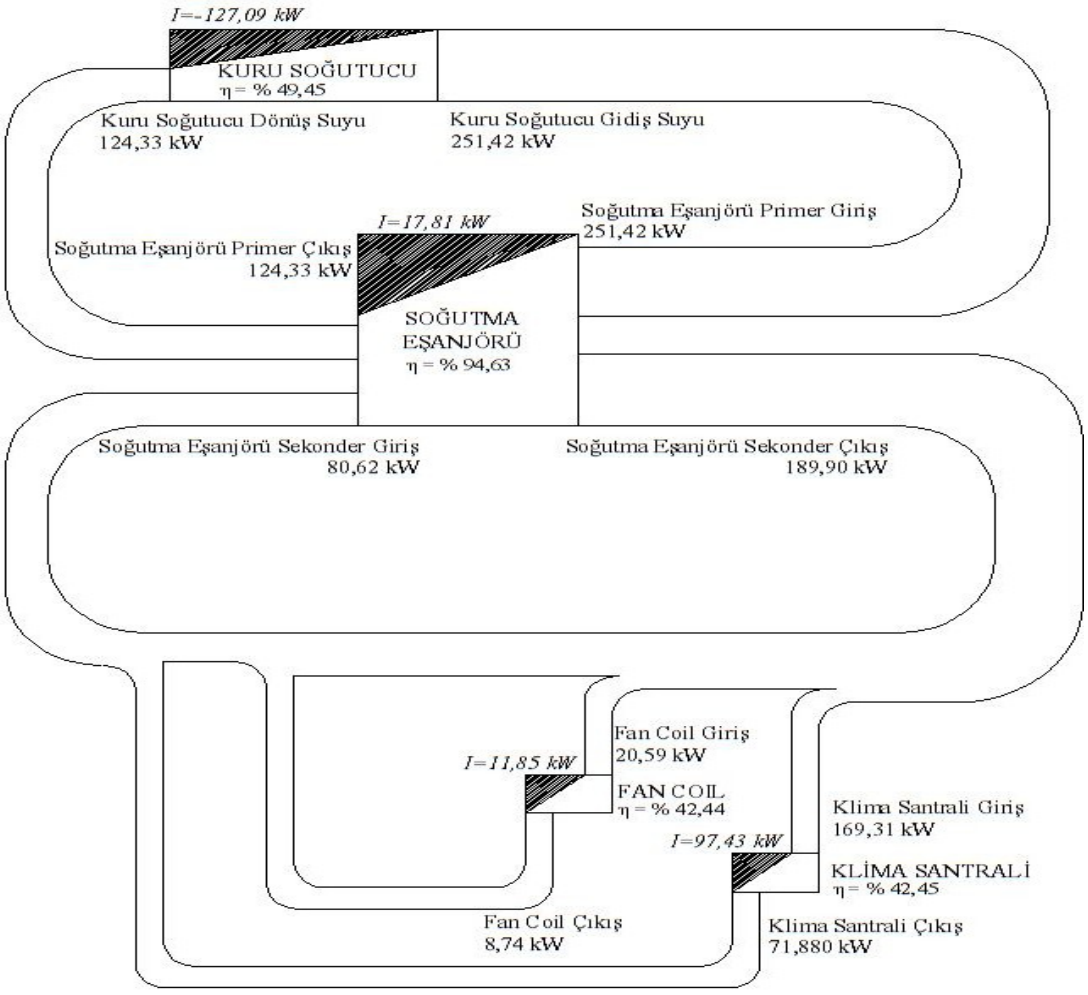
No	**Açıklaması**	**Akışkan Tipi**	**Sıcaklığı** *T (°C)*	**Entalpi** *h (kj/kg)*	**Entropi** *s (kj/kgK)*	**Kütlesel Debi** $\dot{m}$ *(kg/s)*	**Ekserji** Ψ *(kj/kg)*	**Ekserji Miktarı** *(kW)*
1	Dry-Cooler girişi	Su	13 °C	54,5968	0,19514	119,44	1,041	124,33
2	Dry-Cooler çıkışı	Su	8 °C	33,6212	0,12118	119,44	2,105	251,42
3	Soğutma Eşanjörü primer girişi	Su	8 °C	33,6212	0,12118	119,44	2,105	251,42
4	Soğutma Eşanjörü primer çıkışı	Su	13 °C	54,5968	0,19514	119,44	1,041	124,33
5	Soğutma Eşanjörü sekonder girişi	Su	15 °C	62,98	0,2245	119,44	0,675	80,62
6	Soğutma Eşanjörü sekonder çıkışı	Su	10 °C	42,022	0,1511	119,44	1,59	189,90
7	Klima santrali giriş noktası	Su	10 °C	42,022	0,1511	106,49	1,59	106,31
8	Klima santrali çıkışı	Su	15 °C	62,98	0,2245	106,49	0,675	71,880
9	Fan-coil ünitesi giriş noktası	Su	10 °C	42,022	0,1511	12,95	1,59	20,59
10	Fan-coil ünitesi çıkışı	Su	15 °C	62,98	0,2245	12,95	0,675	8,741

Çizelge 5.11'de verilen değerler, Eş. 4.88'de yerine konulduğunda her bir sistem elemanı için elde edilen değerler Çizelge 5.12'de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Kış soğutma sistemi ekipmanlarının termodinamik özellikleri ve noktasal ekserji değerleri

Cihaz No	Cihaz İsmi	ΣEx_{Giren} (kW)	$\Sigma Ex_{Çıkan}$ (kW)	$\Sigma Ex_{Yıkımı}$ (kW)	Ekserjik Verim (η)
1	Dry-Cooler	124,33	251,42	-127,09	0,4945
2	Soğutma Eşanjörü	332,04	314,23	17,81	0,9463
3	Klima Santrali	169,31	71,88	97,43	0,4245
4	Fan-Coil	20,59	8,74	11,85	0,4244

Aşağıdaki şekilde, Çizelge 5.10. da elde edilen sonuçları daha iyi yorumlayabilmek için ekserji analizinin yorumlanmasında kullanılan Grassman diyagramı çizilmiştir.



Şekil 5.6. Kış soğutması sistemine ait Grassman (ekserji akış) diyagramı

Grassman diyagramı ve çizelgelere bakıldığında kış soğutmasına ait en yüksek verimli cihaz soğutma eşanjörü olmuştur. Dry-cooler cihazından gelen soğumuş akışkanın ısısını sistemden gelen akışkana aktaran cihaz olan soğutma eşanjörü, bu aktarma işlemi sırasında çok büyük bir kayıp'a uğramadığı için soğutma eşanjörünün verimi yüksektir.

Kış soğutma sisteminde; soğutma işlemini gerçekleştiren dry cooler cihazının kaybı negatif çıkmıştır bunun nedeni cihaz soğutma işlemini gerçekleştirirken, soğutulacak ortamdan ısı çekmiş olmasıdır. Bu soğutma işlemi gerçekleşirken de dışarıdan bir güç harcanmadığı için kayıplar negatif gibi görünmektedir.

5.3. Enerji ve Ekserji Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

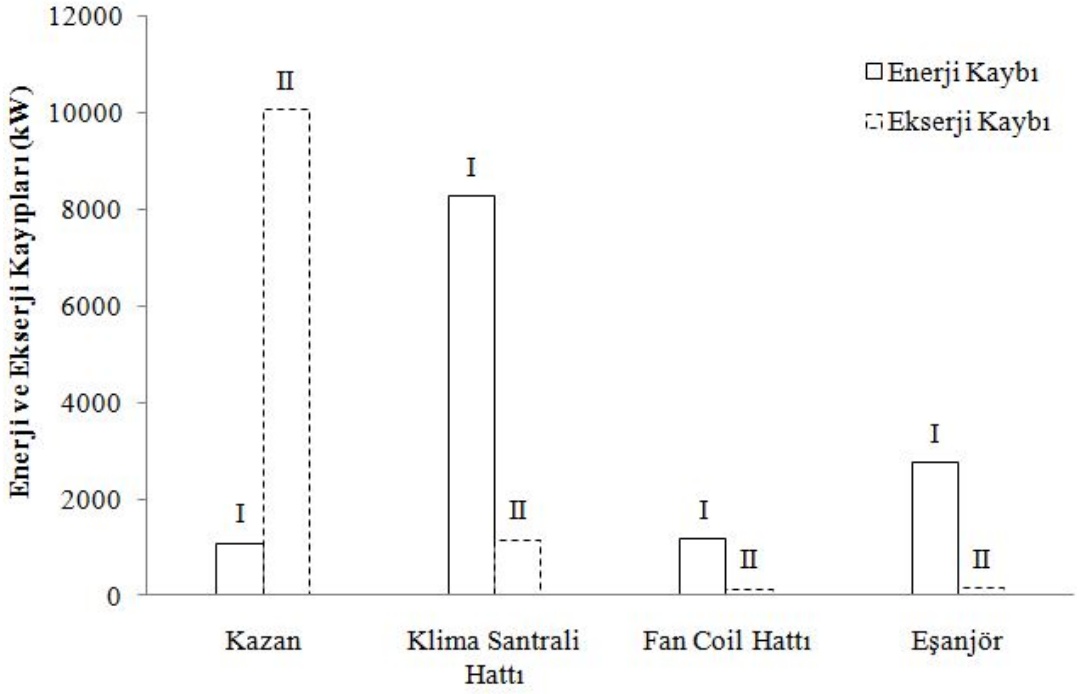
5.3.1. Isıtma sisteminin karşılaştırılması

Isıtma sisteminin enerji ve ekserji analizlerinden elde edilen kayıp ve verim değerleri aşağıdaki çizelgede belirtilmiştir.

Çizelge 5.13. Isıtma sistemine ait cihazların enerji ve ekserji analizi sonuçları

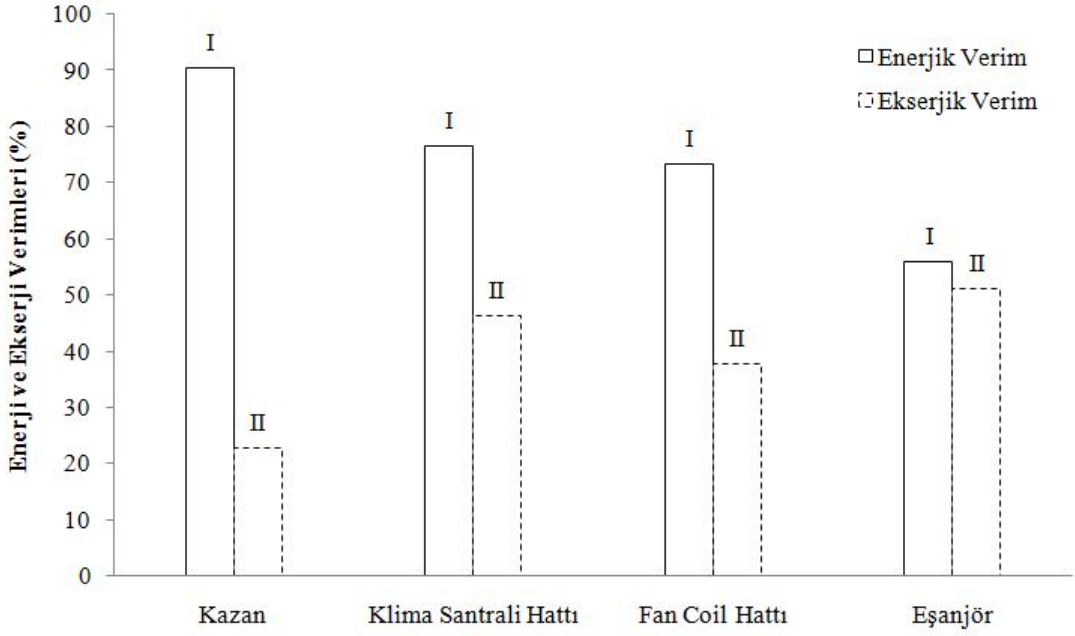
Cihaz No	**Cihaz İsmi**	**Enerjik Kayıp** *(kW)*	**Ekserjik Kayıp** *(kW)*	**Enerjik Verim** (η_Q)	**Ekserjik Verim** (η_{Ex})
1	Kazan	1085,512	10062,24	90,4	22,7
2	Klima Santrali Hattı	8262,432	1154,964	76,4	46,3
3	Fan Coil Hattı	1162,18	137,21	73,3	37,73
4	Eşanjör	2750,312	151,976	56	51

Isıtma sistemine ait cihazların performanslarının daha iyi değerlendirilebilmesi için Çizelge 5.13'te verilen değerler, Şekil 5.7. ve Şekil 5.8'de grafiklerle verilmiştir.



Şekil 5.7. Isıtma sisteminin enerji ve ekserji kayıpları

Grafikte ısıtma sistemine ait cihazların enerji ve ekserji kayıp değerleri gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Isıtma sisteminin enerji ve ekserji verimleri

Isıtma sisteminde kazana ait enerji kaybı 1085,512 KW ve verimi % 90,4 iken, ekserji kaybı 10062,24 KW ve verimi % 22,7 dir. Bu duruma yönelik literatürde de benzer değerler elde edilmiştir [15].

Klima santrali hattında enerji kaybı 8262,432 KW ve verimi % 76,4 iken, ekserji kaybı 1154,964 KW ve verimi % 46,3'tür.

Fan coil hattında enerji kaybı 1162,18 KW ve verimi % 73,3 iken, ekserji kaybı 137,21 KW ve verimi % 37,73'tür.

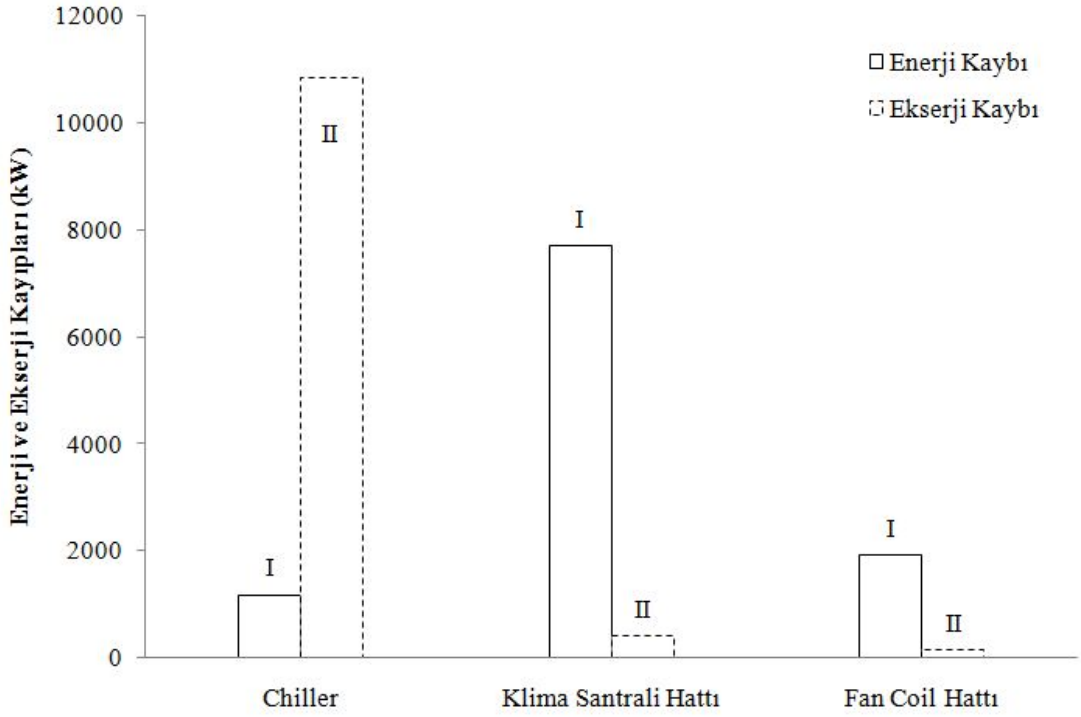
Eşanjörde ise enerji kaybı 2750,312 KW ve verimi % 56 iken, ekserji kaybı 151,976 KW ve verimi % 51'dir.

5.3.2. Yaz soğutması sisteminin karşılaştırılması

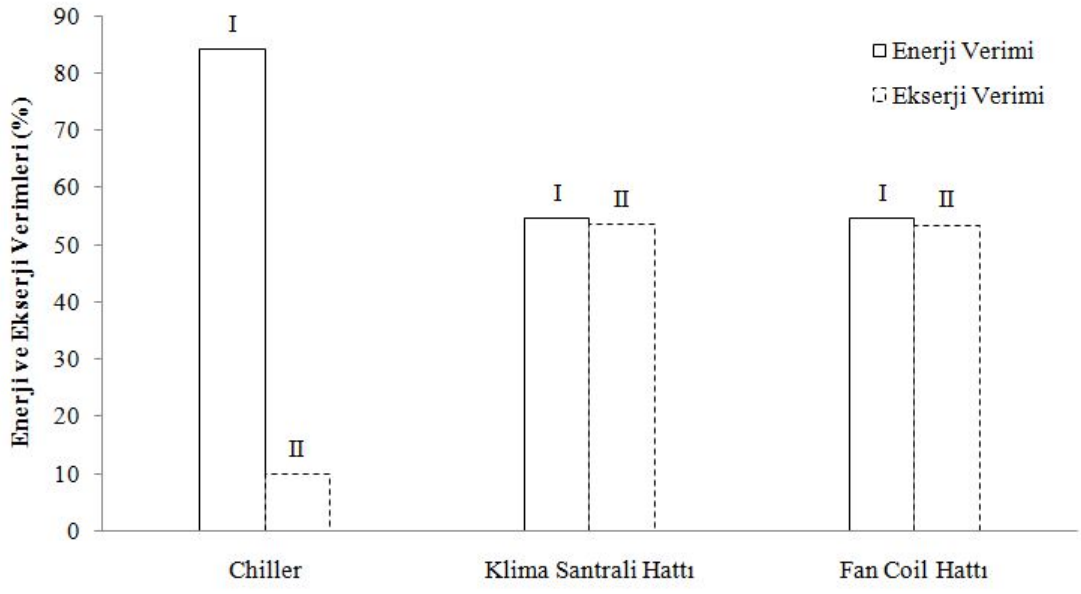
Çizelge 5.14. Yaz soğutması sistemine ait cihazların enerji ve ekserji analizi sonuçları

Cihaz No	**Cihaz İsmi**	**Enerjik Kayıp** *(kW)*	**Ekserjik Kayıp** *(kW)*	**Enerjik Verim** (η_Q)	**Ekserjik Verim** (η_{Ex})
1	Chiller	1178	10843,53	84	9,90
2	Klima Santrali Hattı	7704,34	411,416	54,57	53,6
3	Fan Coil Hattı	1917,34	145	54,55	53,4

Yaz soğutma sisteminde Çizelge 5.14'te elde edilen verilerde, fan coil hattındaki kayıpların düşük ve verimi yüksektir. Yaz soğutma sisteminde en düşük verimle çalışan klima santralidir.



Şekil 5.9. Yaz soğutması enerji ve ekserji kayıpları



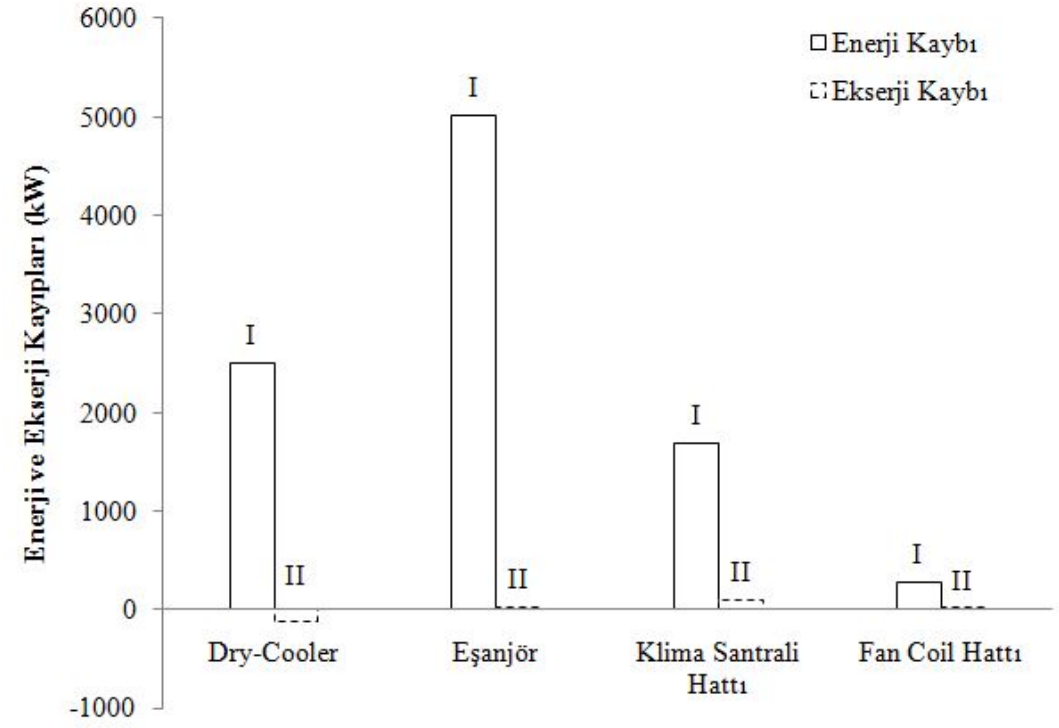
Şekil 5.10. Yaz soğutması enerji ve ekserji verimleri

5.3.3. Kış soğutması sisteminin karşılaştırılması

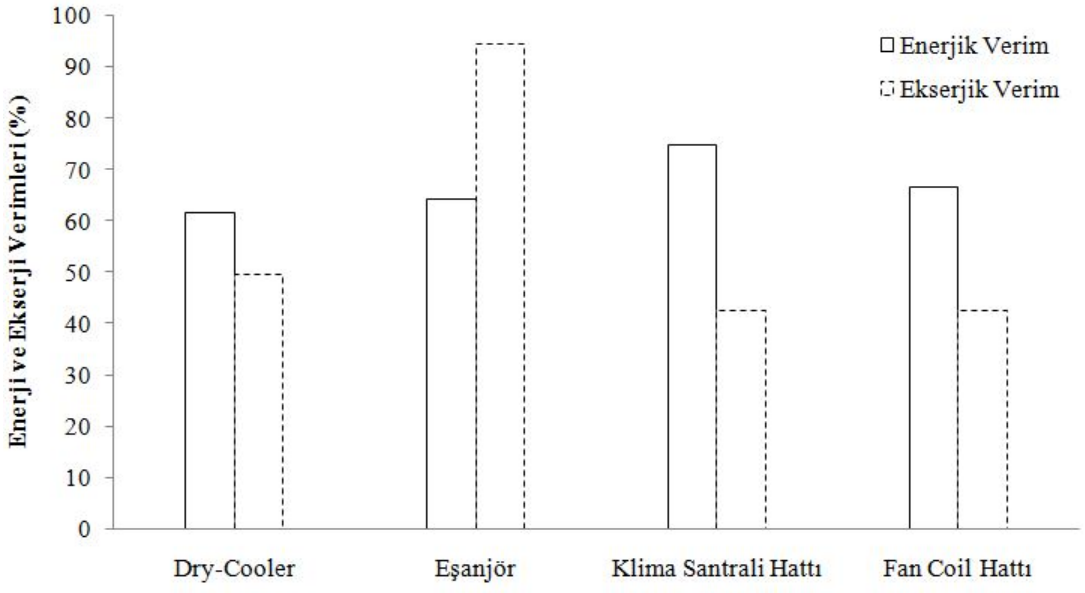
Çizelge 5.15. Kış soğutması sistemine ait cihazların enerji ve ekserji analizi sonuçları

Cihaz No	**Cihaz İsmi**	**Enerjik Kayıp** *(kW)*	**Ekserjik Kayıp** *(kW)*	**Enerjik Verim** (η_Q)	**Ekserjik Verim** (η_{Ex})
1	Dry-Cooler	2505,33	-127,09	61,58	49,45
2	Eşanjör	5008,65	17,81	64,33	94,63
3	Klima Santrali Hattı	1687,64	97,43	74,83	42,45
4	Fan Coil Hattı	271,411	11,85	66,72	42,44

Kış soğutma sistemine ait çizelge 5.15. teki verilerde görüldüğü üzere, sistemde en yüksek verimle çalışan cihaz termodinamiğin 1. kanununa göre klima santralleridir, oysaki 2. kanun analizinde en yüksek verimli cihaz soğutma eşanjörü olarak görülmektedir. Soğutma eşanjörü dry cooler dan aldığı soğuk suyu büyük oranda sistemdeki suya aktaran cihazlar olduğu için çalışma verimi yüksek olmalıdır. Bu sebeple soğutma sistemlerinde de enerji yerine ekserji analizinin uygulanması daha sağlıklı yorum yapılması ve kayıp yerlerinin daha iyi tespit edilebilmesini sağlayacaktır.

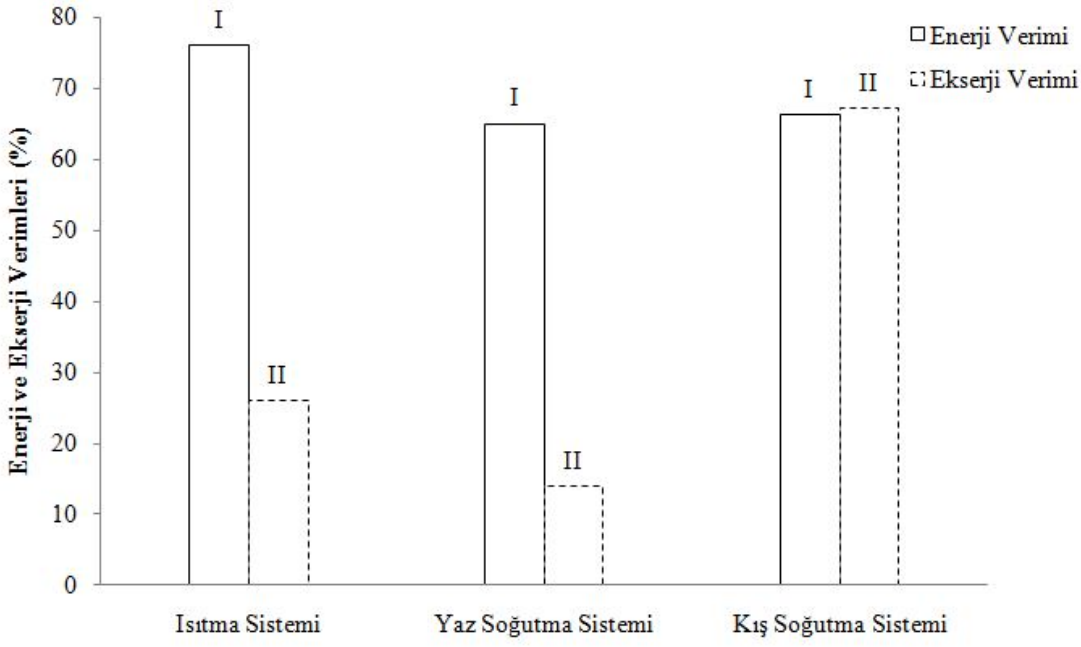


Şekil 5.10. Kış soğutması enerji ve ekserji kayıpları



Şekil 5.11. Kış soğutması enerji ve ekserji verimleri

AVM'ye ait sistem ekipmanlarının enerji ve ekserji verilerinden sonra, Şekil 5.12'de sistemlerin toplam enerji ve ekserji verimleri gösterilmiştir.



Şekil 5.12. AVM'ye ait sistemlerin enerji ve ekserji verimleri

Isıtma sisteminde enerji verimi % 76 iken ekserji verimi % 26 olarak bulunmuştur. Yaz soğutma sisteminde enerji verimi % 65 iken ekserji verimi % 14 olarak bulunmuştur. Kış soğutma sisteminde enerji verimi % 66,27 iken, ekserji verimi % 67,13 olarak bulunmuştur.

6. ÖNERİLER

Bu çalışmada, MIST larda enerji analizinde yüksek verimlerin ortaya çıktığı, buna karşılık ekserji analizinde düşük verimlerin ortaya çıktığı görülmüştür.

MIST elemanlarından kazana ait verimin gerçekte % 90 gibi yüksek değerlerde çıkmayacağı, ekserji analizi ile ortaya konmuştur. MIST larda performans değerlendirmesinin, ekserji analizlerine göre yapılmasının tasarım ve uygulamacılara daha faydalı olacağı görülmüştür.

MIST'larda ekserji analizinin uygulanması sistem elemanlarının performansı hakkında daha sağlıklı yorum yapılması ve kayıp yerleri ve oranlarının daha iyi tespit edilebilmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda analizi yapılan AVM'ye ait MIST elemanlarının performansları ile ilgili aşağıdaki öneriler dikkate alınabilir.

1. Isıtma sisteminde ekserji analizine göre en düşük verimle çalışan kazanda, grassman diyagramında da gösterildiği gibi yakıttan elde edilen enerjinin büyük bir kısmı faydalı işe dönüştürülememektedir. Bu sebeple ilk olarak kazanda yanmanın iyileştirilmesi gerekmektedir.
2. Klima santrali ve fan coiller, akışkandaki enerjiyi üzerinden geçen havaya aktaran cihazlardır. Bu cihazlarının bataryalarının (serpantinlerinin) yapıları değiştirilerek verim artırımı sağlanabilir.
3. Eşanjöre 5 °C'de giren kullanım sıcak suyu 60 °C'de çıkmaktadır. Bu işlem esnasında eğer sistemde kullanılmadan dönüş yapan su mevcutsa, suda ki enerjiyi büyük ölçüde kaybetmeden akümülasyon tankları kullanarak değerlendirebilir ve eşenjör verimini arttırabiliriz.
4. Yaz soğutma sisteminde ısıtma sisteminde olduğu gibi, klima santrali ve fan coil cihazlarının batarya yapıları değiştirilip, ısı transfer yüzeyleri arttırılarak verim artışı sağlanabilir.
5. Kış soğutması sistemi özellikle geçiş mevsimlerinde AVM'nin soğutma ihtiyacının büyük bir kısmını karşılayacaktır. Bu sistemde Dry cooler cihazından elde edilen soğuk su günün her saatinde aynı sıcaklıkta olmamaktadır. Bu yüzden

bu sistemde soğutma eşanjörü kullanımının sistem verimini arttırdığı gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Arıman, S., "Enerji Verimliliğimde Politikalar ve Programlar", ***Enerji Verimliliği Platformu***, İstanbul (2009).

2. Oflaz, R.D., "Enerji Verimliliği ve Özellikli Binalarda Sistem Dizaynı", ***Türk Tesisat Mühendisliği Derneği Dergisi*** (50): 23-25 (2007)

3. Bayram, M., "Merkezi Isıtma Ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isı Giderlerinin Paylaştırılması", ***Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü***, Ankara (2009)

4. "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği", ***Bayındırlık ve İskan Bakanlığı,*** (2009)

5. Yumrutas, R., Kunduz, M. ve Kanoglu, M., "Exergy Analysis of Vapor Compression Refrigeration Systems", ***Exergy An International Journal*** 2:266-272 (2002)

6. Söğüt, Z., Akyüz, E., Karakoç, H., "Isıtma Sistem Seçimlerinde Ekserjetik Verimliliğin Etkisinin İncelenmesi", ***Nuclear&Renewable Energy Resources Conference with International Participation,*** Ankara (2009)

7. Yıldız, A., Güngör, A., "Energy and Exergy Analyses of Space Heating Buildinds", ***Applied Energy*** (86): 1939-1948 (2009)

8. Aydın, O., Arıcı, A., Kılıçarslan, A.M. ,Kılkış B. "Ostim İdari Binası", ***Ostim İdari Binası Kataloğu***, Ankara (2009)

9. Özgener, L., Hepbaşlı, A., "HVAC Sistemlerinde Ekserji Analizinin Gerekliliği Ve Uygulamaları", ***VI Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi***, (2003)

10. Wei, Z., Zmeureanu, R., "Exergy Analysis of Variable Air Volume Systems For an Office Building", ***Energy Conversion and Management*** (50): 387-392 (2009)

11. Özgener, L., Hepbaşlı, A., Dinçer, İ., "Performance Investigation of Two Geothermal District Heatind Systems For Building Applications: Energy Analysis" ***Energy and Buildings*** (38):286-292 (2006)

12. Canbay, C.S., Hepbaşlı, A., Gokcen, G. "Evulation Performance Indices Of A Shopping Center And Implementing HVAC Control Principles To Minimize Energy Usage", ***Energy and Buildings*** (36): 587-598 (2004)

13. Şahin, H.M., Acır, A., Baysal, E., Koçyiğit, E., "Enerji ve Ekserji Analizi Metoduyla Kayseri Şeker Fabrikasında Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi", ***Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*** (22-1): 111-119 (2007)

14. Özkaymak, M. "Bir Termik Santralde Kojenerasyon Tesisinin Ekserji Analizi" ***Teknoloji*** 10: 61-65 (2007)

15. Erduranlı, P., "Enerji Santraline Ekserji Analizinin Uygulanması", Yüksek Mühendislik Tezi, ***Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsi,*** Zonguldak (1997)

16. MEGEP, "Tesisat Teknolojisi ve İklimlendirme, Yangın Tesisatı", ***Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilme Projesi,*** Ankara (2006)

17. Çengel, Y.A., Boles, M.A., "Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik" Darbentli, T., ***Literatür Yayıncılık,*** İstanbul, 20, 162-163, 529 (1996).

18. Demircioğlu, A., "R22 ve Alternatifleri R407C ile R410A Soğutucu Akışkanlarının Isı Pompasındaki Performanslarının Teorik Olarak İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 40-41 (2010).

19. Abuşoğlu, A., Kanoğlu, M. "Energy and Exergy Analysis of Diesel Engine Powered Cogeneration Systems", ***Summer Course on Exergy and Its Applications,*** İsparta (2009)

20. Kotas, T.J., "The Exergy Method of Thermal Plant Analysis" ***Butter-Worths***, London, (1985).

21. Wall, G., "Exergy-A Useful Concept Within Resource Accounting", ***Institute of Theoretical,*** Physics, Göteborg, Report No: 77-42, 59 (1977).

22. Kızılkan, Ö., "Kompresörlü Soğutma Sistemlerinde Farklı Soğutucu Akışkanlar İçin Aşırı Kızdırma Ve Aşırı Soğutma Etkisinin Termodinamik Yönden İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, ***Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,*** Isparta, 13-14 (2004).

23. 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).

24. Çomaklı, K., Yüksek, B., "Kazanlarda Ekserji Analizi", ***Tesisat Mühendisliği,*** 33-37 (2002)

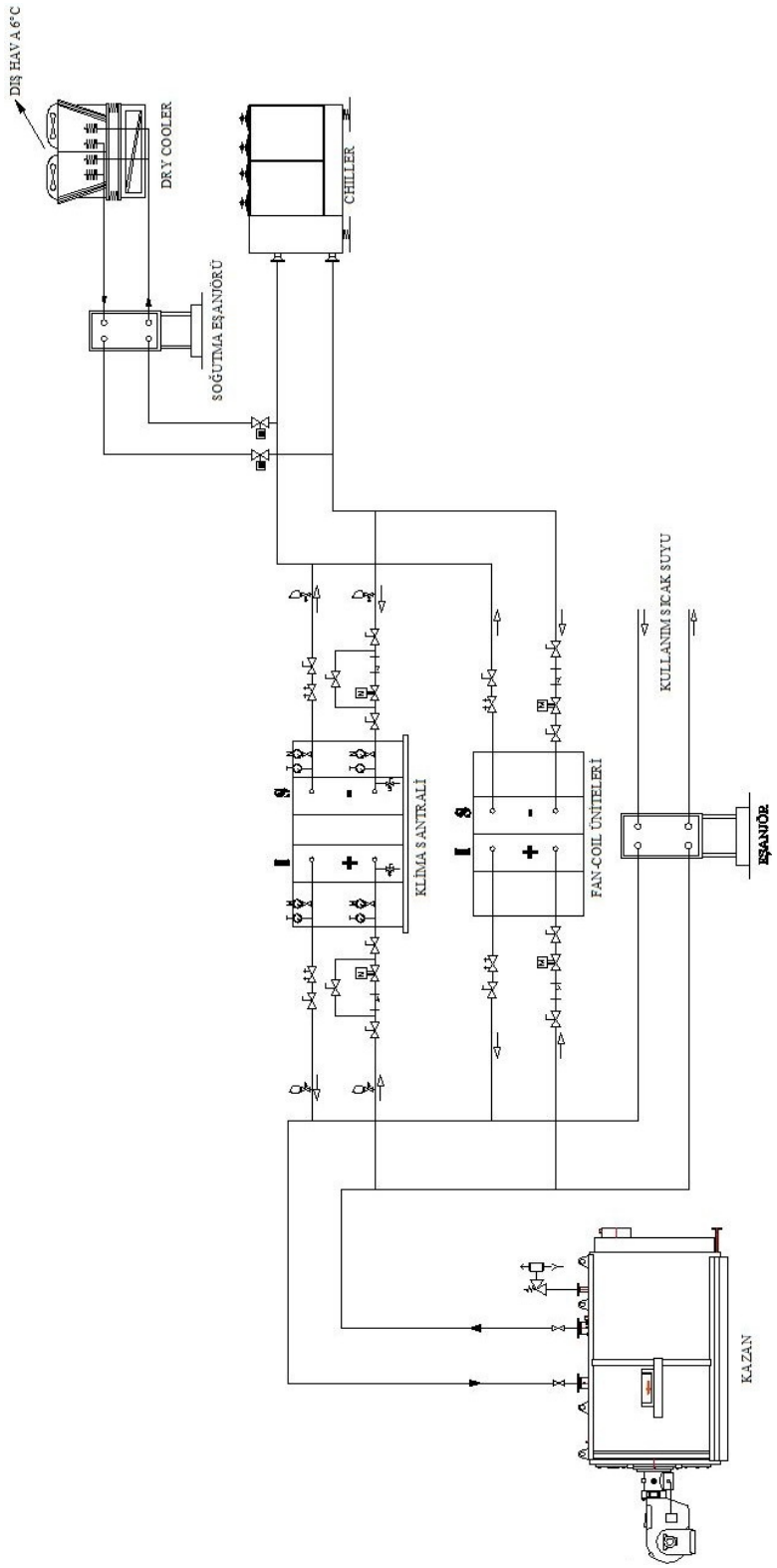
25. Çalışkan, H., Tat, E.M., Hepbaşlı, A., "Performance Assesment of Internal Combustion Engine at Varying Dead (reference) State Temperatures", ***Applied Thermal Engineering***, (29), 3431-3436 (2009).

26. İnternet : Yaşam Proje Müh. Taah. İnş. San. Tic. Ltd. Şti. "Yakıt Isıl Değerleri" http://www.yasam.com.tr/liste_goster.asp?id=37

27. Viessman, ***Viessman Teknik Bilgiler Klasörü***, 23: 2 (2009)

EKLER

Ek-1 AVM'ye Ait Isıtma – Soğutma Sistem Şeması



Şekil 1.1. AVM Sistem Şeması

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ERGÜN, Alper

Uyruğu : T.C

Doğum Tarihi ve Yeri : 01.10.1984 Eskişehir

Medeni Hali : Bekar

Telefon : 0 (506) 893 61 61 – 0 (312) 322 32 55

E-mail : alper.ergun@hotmail.com – alper.ergun@gazi.edu.tr

Eğitim

Derecesi	**Eğitim Birimi**	**Mezuniyet Tarihi**
Lisans	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi/ Teknik Eğitim Fakültesi/Tesisat Öğretmenliği Bölümü	2007
Orta Öğretim	İskitler EML	2001

İş Deneyimi

Yıl	**Yer**	**Görev**
2007 – 2010	ALTES A.Ş.	Teknik Ofis Şefi
2010 -	Karabük Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Sinema, Araştırma, Müzik