



VERİ MERKEZİ KLİMA SANTRALİ TEST LABORATUVARLARINDA ATIK ISININ KULLANIMI YÖNTEMİYLE ENERJİ TASARRUFU ve KARBON AYAK İZİNE ETKİSİ

Energy Saving And Impact On The Life Cycle By Using Waste Heat In Data Center Air Handling Unit Test Laboratories

Ahmet Murat Tunç
Nadide Asuman Yaraş

ÖZET

Veri merkezlerinin toplam enerji maliyetlerinin %34'ünü soğutma ekipmanları oluşturmaktadır. Bu açıdan incelendiğinde enerji verimliliği açısından incelenmesi gereken işlemlerin başında gelir. HVAC-R sektörü veri merkezlerinin enerji verimliliğini göz önünde bulundurarak daha verimli cihazlar üretme üzerine çalışmalar yapmaktadır. Soğutmanın hassas bir teknik husus olduğu veri merkezleri için üretilen cihazların şahitli testleri olmadan sahaya gönderilmesi mümkün değildir. Test uygulanırken, soğutma cihazların eşanjör verimlerini, toplam elektrik ve su tüketimini hesaplayabilmek önemlidir. Bu hesapların sonucunu veri merkezi üreticilerine ispatlarken kullandıkları test düzeneğinde de enerji verimliliği atık ısının geri kazanımı ile mümkündür.

Bu çalışmada endirekt evaporatif soğutmalı veri merkezi klima santralinin fan performans testi ile birlikte eş zamanlı ısıtma, soğutma ve nem alma proseslerini yapabilen test düzeneğini için enerji tasarrufu ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (ISO 14044; ISO14064-1) çalışması ile ulaşılan başta karbon ayak izi ve enerji verimliliği sonuçları yönünden incelemesi yapılmıştır. Aynı anda soğutma ve ısıtma prosesini yapan sistemlerde soğutma prosesi esnasında açığa çıkan atık ısının geri kazanılması yöntemi ele alınmıştır. Soğutma gruplarının tümleşik COP'si 3,12 olup 500 kW soğutma yükünde 735 kW atık ısı ortaya çıkarmaktadır. Bu atık ısının geri kullanımı yöntemi ile doğalgaz kazanına göre %75, elektrikli ısıtıcı ve elektrikli kazan ile ısıtma yöntemine göre %94 enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endirekt Evaporatif Soğutmalı Klima Santrali, Klima Santrali Test Laboratuvarı, Evaporatif Soğutma, Isı Geri Kazanım, Enerji Tasarrufu, Yaşam Döngüsü, Karbon Ayak İzi.

ABSTRACT

Cooling equipment accounts for 34% of the total energy costs of data centers. When examined from this point of view, it is one of the processes that should be examined in terms of energy efficiency. The HVAC-R sector is working on producing more efficient devices by considering the energy efficiency of data centers. It is not possible to send devices produced for data centers, where cooling is a sensitive technical issue, to the field without witnessed tests. While testing, it is important to be able to calculate the heat exchanger efficiency of cooling devices, total electricity and water consumption. Energy efficiency is also possible with the recovery of waste heat in the test device they use to prove the result of these calculations to data center manufacturers.

In this study, the indirect evaporative cooling data center air handling unit fan performance tests in conjunction with simultaneous heating, cooling and dehumidification processes capable of the test mechanism for energy savings and life cycle assessment (ISO 14044; ISO14064-1) carbon footprint

energy efficiency that is reached by the work of the review from the direction of the results and reviewed. The method of recovering the waste heat released during the cooling process in systems that perform the cooling and heating process at the same time has been discussed. The integrated COP of the cooling groups is 3.12 and generates 735 kW of waste heat at a cooling load of 500 kW. With this waste heat recycling method, energy savings of 75% have been achieved compared to natural gas boiler and 94% compared to electric heater and electric boiler heating method.

Key Words: Indirect Evaporative Cooling Air Handling Unit, Air Handling Unit Test Laboratory, Evaporative Cooling, Heat Recovery, Energy Saving, Life Cycle, Carbon Footprint.

1. GİRİŞ

İklimlendirme havalandırma sektörü gerek ulusal yatırımcıların, gerekse uluslararası alandaki firmaların, Türkiye yatırımları dolayısıyla hızlı bir büyüme içerisinde. Bu sayede sektörde, Türkiye ve bölge ülkelerine sunulan geniş bir üretim yelpazesi bulunmaktadır. Üretici sayısının artması ve yoğun rekabet koşulları neticesinde küresel pazara paralel olarak iklimlendirme, soğutma sistemleri üreticileri daha katma değerli ürünleri portföylerine alma yönünde çalışmalar yapmaya yönelmektedir. Bu kapsamda en öne çıkan ürünlerden birisi de veri merkezlerine yönelik iklimlendirme havalandırma sistemleridir.

Bu merkezlerde ısınma kaynaklı veri kayıplarının önlenmesi ve 7/24 sağlıklı hizmet verilebilmesi için iklimlendirme büyük önem arz etmektedir. Bu durum veri merkezlerinin işletme maliyetlerinin normalde %50'sini iklimlendirme cihazlarının tüketimlerinin oluşturduğu [1, 2] gerçeği ile değerlendirildiğinde, bu alanda kullanılan iklimlendirme cihazlarının verimlilik değerlerinin ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Son dönemde söz konusu cihazlarda yapılan iyileştirmelerle, iklimlendirme cihaz tüketimlerinin veri merkezi işletme maliyetleri içerisindeki oranı %34'e kadar düşmüştür [3].

Veri Merkezlerinde işletme maliyetlerini minimumda tutmak adına cihaz bazında performansları ispatlanmış iklimlendirme cihazları tercih edilmektedir. Dolayısıyla bu cihazları üretip satılabilmek için müşteri talepleri nedeniyle mevsimsel pik noktalarda performans testleri yapılabilmesi ve müşteriye cihaz ispat edilebilmelidir.

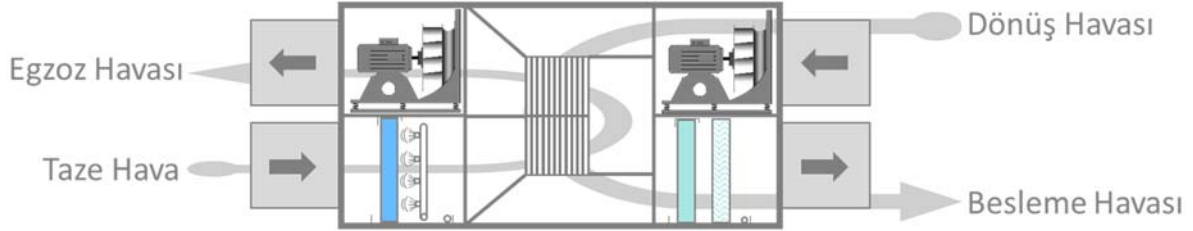
Veri merkezi klima santrali üreticileri genelde konfor klima santralleri, rooftop ve soğutma grupları da üretmektedir. Bu noktadan yola çıkılarak yapılan laboratuvarın temel amacı klima santralleri olsa da, HVAC-R üreticilerinin bütün ürün gruplarına hitap edecek şekilde bir test merkezi görevi görmesi, ısıtma ve/veya soğutma bataryalı, ısı geri kazanımlı/kazanımsız klima santrallerinin, rooftopların ve su soğutmalı soğutma gruplarının kondisyon testlerinin bu laboratuvarda yapılabilmesi sağlanmıştır. Bu laboratuvar sayesinde Eurovent gibi sertifika gereksinimlerinin neredeyse bütün grupları için şirket bünyesinde yapılabilmesi sağlanabilecek, tüm cihazların şahitli testlerinin yapılabilir olması ile birlikte veri merkezi sektörünün güveni kazanılacaktır.

Bu çalışmada tasarlanan laboratuvarında, 500kW'a kadar olan veri merkezi klima santrallerinin performans testleri sırasında oluşan enerji tüketimini azaltmak adına sisteme eklenmiş olan ısı geri kazanım sistemi dış havayı soğutmak için oluşan atık ısının geri kazanımı ile kazanılan ısının mahal simülasyonunda kullanılması, bu tasarım sayesinde sağlanan enerji tasarrufu ve bu yöntemlerin karbon ayak izine etkileri incelenmiştir.

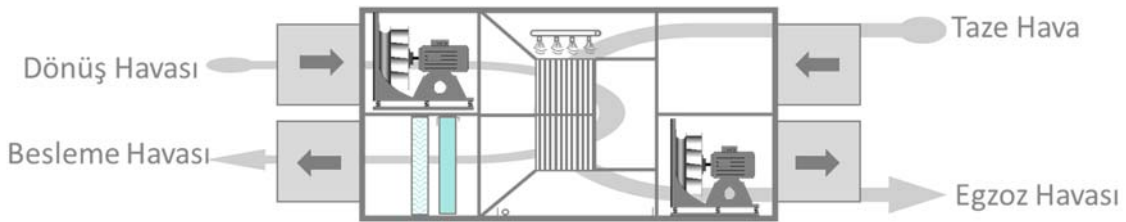
2. ENDİREKT EVAPORATİF SOĞUTMA

Veri merkezi test ünitesine ihtiyaç duyulmasındaki temel neden endirekt evaporatif soğutmalı klima santrallerinin test edilmesidir. Aşağıda endirekt evaporatif soğutma sistemi ile çalışan klima santrallerinin anlatımı yapılmıştır.

Endirekt evaporatif soğutma, dönüş havası ve nemlendirilerek soğutulan hava arasındaki ısı transferi ile gerçekleşir [4]. Endirekt Evaporatif soğutma sistemlerinin şematik gösterimi şekil 1 ve 2 de gösterilmiştir. Aşağıdaki şekillerde tarif edilen cihazların yapıları farklı olsa da besleme havası aynı prensip ile soğutulmaktadır. Şekil 1 pedli nemlendirici ile, şekil 2 ise püskürtme sistemi ile endirekt evaporatif soğutma yapan sistemi göstermektedir.



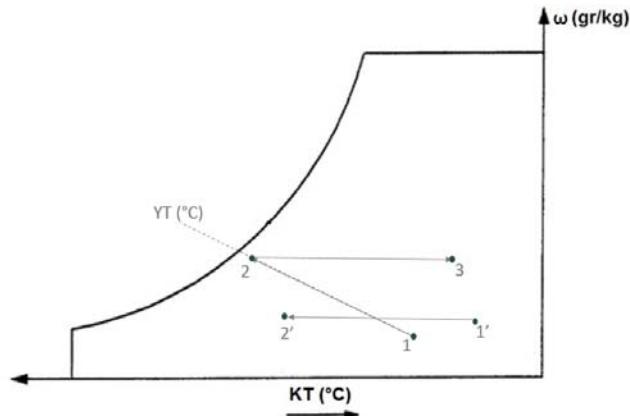
Şekil 1. Pedli Nemlendirme İle Endirekt Evaporatif Soğutma



Şekil 2. Püskürtme Sistemi İle Endirekt Evaporatif Soğutma

Sistemin çalışma prensibi şekil 3'deki psikrometrik diyagramda gösterilmiştir.

(1) Dış ortamdan alınan sıcak ve kuru havayı göstermektedir. (2) Dış ortam havasının evaporatif nemlendirilerek soğutulmuş halini, (3) nemlendirilerek soğutulan havanın plakalı ısı geri kazanımdan geçirilip ısı kazandığı noktayı göstermektedir. (1'-2') ise iç ortamdan alınıp ısı geri kazanım cihazından geçirilen soğutulmuş havayı göstermektedir.



Şekil 3. Endirekt Evaporatif Soğutma Psikometri Diyagramı

3. ENDİREKT EVAPORATİF SOĞUTMA SİSTEMİ EKİPMANLARI

3.1. Fan

Evaporatif soğutma cihazlarında fanlar taze ve dönüş hava fanları olmak üzere kullanılmaktadır. Fanların görevi hava sirkülasyonunu gerçekleştirmektir. Kullanılacak fan sayısı ve boyutu evaporatif soğutma yapacak cihazın ekipmanlarının oluşturduğu basınç kayıplarına ve cihazın hava debisine göre değişmektedir. Veri merkezi iklimlendirme cihazlarında düşük enerji tüketimine sahip yüksek verimli fanlar kullanılmalıdır.

3.2. Plakalı Isı Geri Kazanım

Evaporatif soğutulan hava ile mahale gönderilen hava arasında ısı transferi, ısı geri kazanım cihazı ile gerçekleşir. Evaporatif soğutulan hava, mahalden dönen sıcak havanın ısı enerjisini alarak mahale üflenen havanın soğutulmasını sağlamaktadır. EN 308 standardına göre verimi yüksek plakalı ısı geri kazanım tercih edilmelidir.

3.3. Pompa ve Toplama Havuzu

Sirkülasyon pompası sulama sistemindeki suyu basınçlandırmayı sağlayan ekipmana verilen isimdir. Sirkülasyon pompaları kapalı devre çalışan ısıtma ve soğutma sistemlerinde su sirkülasyonu için gereklidir.

Nemlendirme prosesinde buharlaşmayan su, toplama havuzunda biriktirilir ve sirkülasyon pompası yardımı ile sisteme dahil edilir. Böylece su israf edilmeden tekrar kullanımı sağlanır.

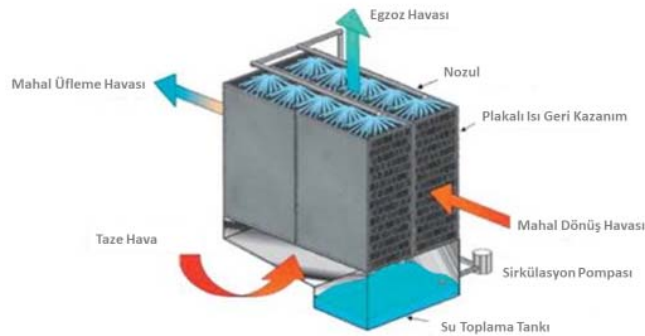
3.4. Nemlendirici

3.4.1. Pedli Nemlendirici

Kullanılan pedin bileşen malzemesine göre verimlilikleri değişkenlik göstermektedir. Devridaim pompası ile tanktan aktarılan su ile ıslatılmış olan pedlerin ıslak yüzeyinden hava geçirilerek havanın nemlendirmesi esasına dayanır. Hava ıslak yüzeyden geçerken suyu buharlaştırır ve nemlenerek soğur.

3.4.2. Püskürtmeli Tip Nemlendirici

Pompa yardımıyla basınçlandırılarak nozullara aktarılan su, nozul ağzında taneciklere bölünerek püskürtülür. Su tanecikleri hacme ve plakalı ısı geri kazanım yüzeyine yayılır. Su tanecikleri havanın ısını alarak buharlaşır. İçerdiği ısıyı suya aktaran hava soğur. Su plakalı ısı geri kazanım yüzeyine homojen şekilde yayılırsa plakanın verimini arttıracaktır.



Şekil 4. Püskürtmeli Tip Nemlendirici

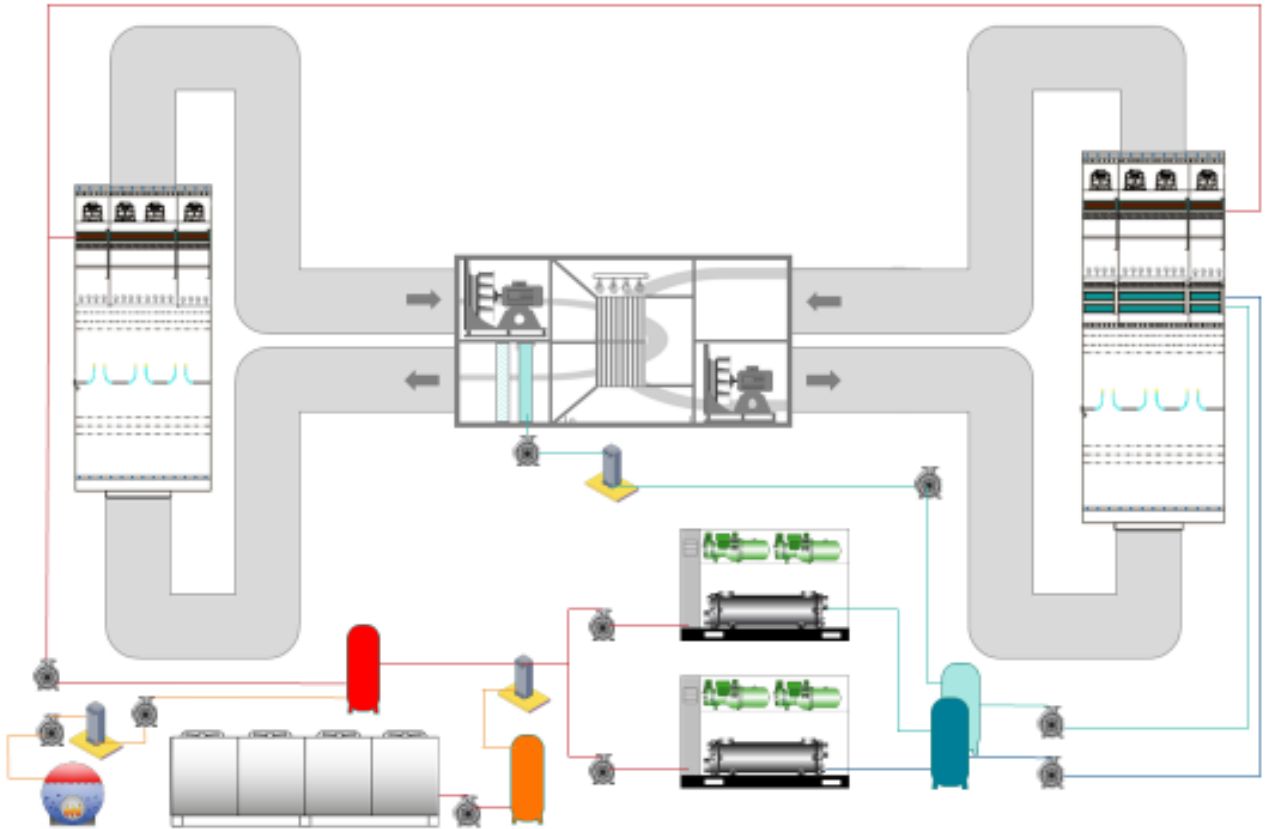
3.5. Damla Tutucu

Nemlendirme prosesinde, ıslak yüzeylerde bulunan su taneciklerinin hava akışı yardımı ile yüzeyden kopma ihtimaline karşın damla tutucu kullanılır. Fan gibi elektrikli ekipmanları ve suyun toplama tankı

dışında başka bir yere gitmesini engellemek için kullanılmalıdır. Damla tutucular geometrik yapıları ile farklı türbülanslar yaratarak damlacıkları tutabilir, bu da farklı basınç kayıpları yaratmalarına sebep olur. Bu sebeple gerçekleşen procese uygun damla tutucu kullanılmalıdır.

4. TEST DÜZENEĞİ

Evaporatif soğutma yapan cihazlarda, egzoz havasından taze havaya ısı aktarım kapasitesinin ölçülmesi ASHRAE 143-2015 standardına göre yapılmaktadır. Kapasite ölçümlerinin yapılabilmesi için çevre şartlarını ve mahal ısı yükünü simüle edebilecek bir test yapısına ihtiyaç duyulur. Veri merkezi iklimlendirme cihazı test ünitesinde, dış ortam hava sıcaklığını simüle etmek için yapılan soğutma sırasında açığa çıkan atık ısı enerjisinin tamamı farklı bir procese kullanılmak amacıyla ısı geri kazanım yapılacaktır. Test düzeneğinin şematik gösterimi şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Test Düzeneği

4.1. Test Düzeneği Ekipmanları

Test düzeneğini oluşturan üniteler ve test ekipmanlarının listesi aşağıdaki gibidir.

- 7/12 Soğutma Grubu
- -10/-5 Soğutma Grubu
- Soğuk Su Deposu
- Sıcak Su Deposu
- Pompa
- Plakalı Isı Eşanjörü
- Kazan
- Kuru Soğutucu



- Çevre Simulasyon Hücresi
- Mahal Simulasyon hücresi

4.1.1 Soğutma Grupları

Soğutma grupları, soğutucu gaz yardımıyla evaporatör ve kompresörden aldığı enerjiyi kondenser üzerinden atarak suyu soğutan sistemdir. Test ünitesinde negatif ve pozitif olmak üzere 2 farklı göreve hizmet eden soğutma grupları bulunur.

7/12 soğutma gurubu ile çevre simülasyonu hücresinde bulunan soğutucu bataryaya, kış ve geçiş mevsimi simülasyonlarını simüle edebilmek için 7°C soğuk su beslemesi yapılır. Bu batarya ile ön soğutma ve nem alma prosesleri yapılır. Test edilen veri merkezi klima santrali soğutma bataryasına seçildiği şarta göre su beslemesi yapılır. Batarya seçim şartlarında su beslemesi yapan plakalı ısı eşanjörü 7/12 soğutma gurubu ile desteklenir.

-10/-5 soğutma grubu ile çevre simülasyonu hücresinde zor kış şartlarını simüle edebilmek için soğutucu bataryaya -10°C soğuk su beslemesi yapılır.

4.1.2 Sıcak Ve Soğuk Su Deposu

Test esnasında simülasyon şartlarının sıcaklık değerlerinde dalgalanma olmaması için gerekli boyutlarda rezerv su depoları kullanılır.

4.1.3 Pompa

Sirkülasyon pompası sistemde dolaşan suyu basınçlandırmayı sağlayan ekipmanlara verilen isimdir. Sirkülasyon pompaları kapalı devre çalışan ısıtma ve soğutma sistemlerinde sıvının sirkülasyonunu sağlamaktadır. Sistemde bulunan pompaların devirleri sürücü kontrolü yardımıyla değiştirilebilir. Böylece değişken kapasitelere ihtiyaç duyulması halinde istenilen su sirkülasyonunu sağlayarak enerji tasarrufu sağlar.

4.1.4 Plakalı Isı Eşanjörü

Plakalı ısı eşanjörü iki farklı sıcaklıktaki akışkanı birbirine karıştırmadan, aralarında ısı transferi yapılmasına imkan sağlayan ekipmandır. Plakalı ısı eşanjörlerinin içyapısı akışkan kanalı, conta ve plakalardan oluşmaktadır. Plakalar arasında bulunan contalar, akışkanı akışkan kanallarına yönlendirir ve yüksek sıcaklıktaki akışkanın, düşük sıcaklıktaki akışkana karışmadan ısı transferi yapmasını sağlar.

Test düzeneğinde bulunan plakalı ısı eşanjörlerinin kullanım amacı birbirinden farklı kimyasal özelliklerdeki akışkanların birbirine karışmasını ve kapalı çevrim olan sistemlerin su kaybını engellemektir.

4.1.5 Kazan

Kazan, içerisinde yanan kimyasal maddenin enerjisini yanma yoluyla ısı enerjisine çevirir ve oluşan enerjiyi sistemde kullanılan akışkana iletir. Kazana akuple olan brülör yakma işlemi için doğru miktarda hava ve yakıt karışımını ayarlayarak yanma işlemini gerçekleştirir. Açığa çıkan ısı ile kazan dahilindeki su ısıtılır.

Test düzeneğinde ısı geri kazanım yöntemi kullanıldığından, kazan ve brülör sadece destek yük olarak bulundurulmaktadır. Fakat bazı özel testlerde ise ana kaynak olarak kullanılması gerekebilir.

4.1.6 Kuru Soğutucu

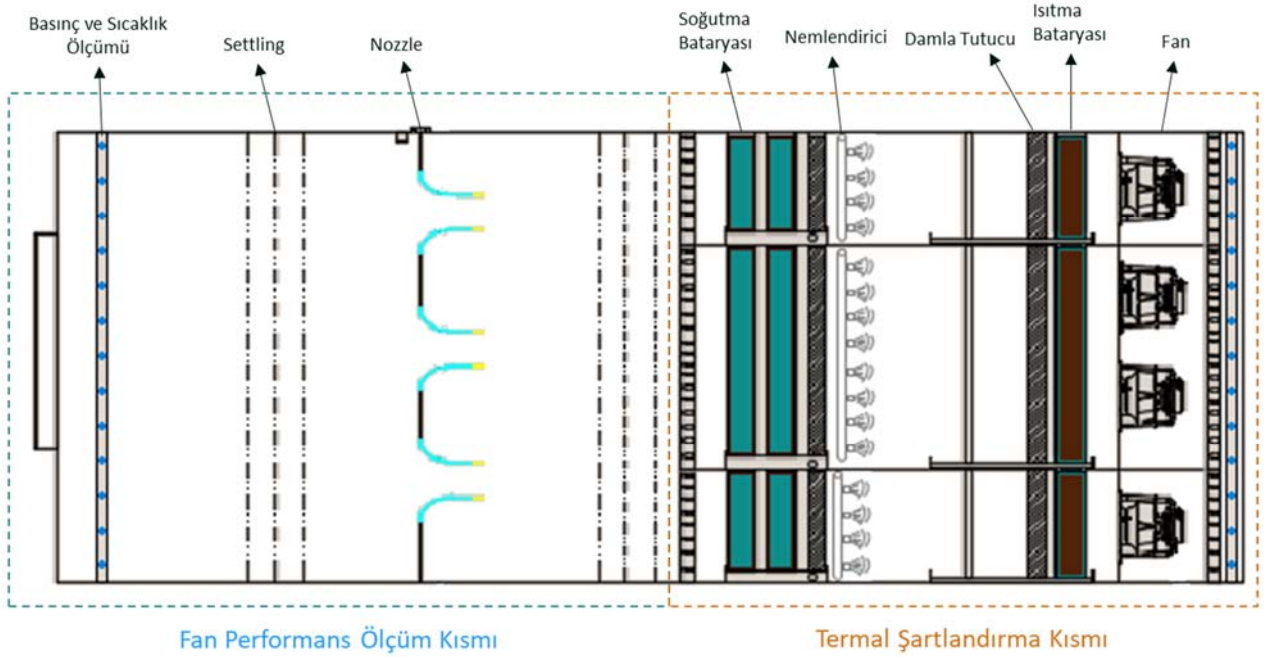
İklimlendirme ve proses su soğutma sistemlerinde oldukça yaygın kullanım alanına sahiptirler. Temel mantık sistemdeki dönüş suyu yükünün bir fanlı eşanjör sistemi yardımıyla havaya aktarılmasıdır. Fanlar (vantilatörler) ile emilen havanın kanatlar (lameller) arasından geçerken boru içindeki akışkanı

soğutması esasına göre çalışır. Bu yöntemde eşanjörün dış yüzeyi kurudur. Bu durumda kanatlarda kireçlenme ve korozyon gibi sorunlar yoktur. Sistemin kapalı devre çalışması sayesinde soğutma suyunun azalması problemiyle karşılaşılmaz.

Kuru soğutucularda elde edilen su sıcaklığı ortamın kuru termometre sıcaklığına bağlıdır ve bu nedenle de kuru soğutucu olarak anılırlar. Kuru soğutucular ile kuru termometre sıcaklığının yaklaşık 5 °C üzerine kadar soğutulmuş su elde edilebilir [5]. Soğutma gruplarından açığa çıkan atık ısının ihtiyaç duyulan kısmı ısı geri kazanım sistemi ile kullanılır. Fazla atık ısı kuru soğutucu yardımı ile atmosfere atılır.

4.1.7 Çevre ve Mahal Simülasyon Hücresi

Veri merkezi iklimlendirme cihazlarının görev yapacağı coğrafyanın hava şartlarını simule etmek için tasarlanmıştır. Çevre simülasyon hücresi şekil 6'da gösterilmiştir.

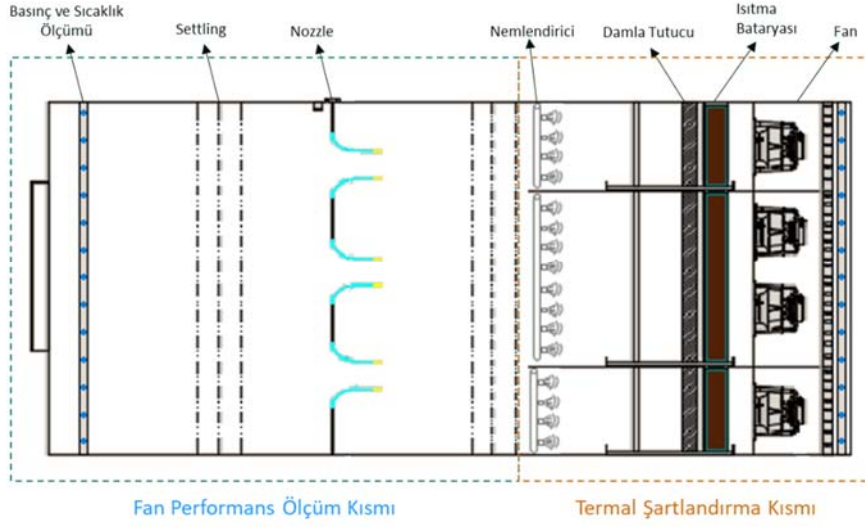


Şekil 6. Çevre Simülasyonu Hücresi

Çevre simülasyon hücresi ekipman listesi aşağıda listelenmiştir.

- Basınç ve Sıcaklık Ölçümü
- Settling
- Nozzle
- Soğutma Bataryası
- Nemlendirici
- Damla tutucu
- Isıtma Bataryası
- Fan

Veri merkezlerinde oluşan ısı yükünü simule etmek için kullanılır. Mahal simülasyon hücresi şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Mahal Simülasyon Hücresi

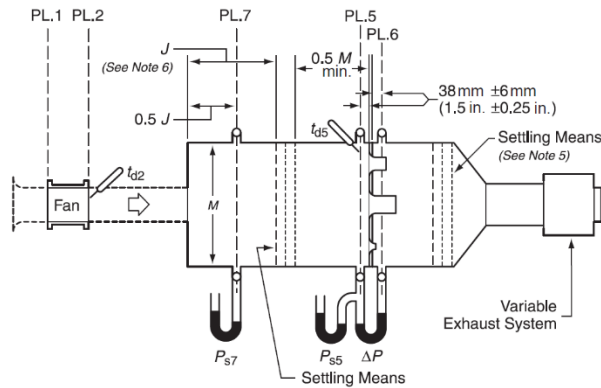
Mahal simülasyon hücresi ekipman listesi aşağıda listelenmiştir.

- Basınç ve Sıcaklık Ölçümü
- Settling
- Nozzle
- Nemlendirici
- Damla tutucu
- Isıtma Bataryası
- Fan

4.1.7.1. Nozzle ile Hava Debisi Ölçümü

Nozzle'lar basınç farkı yardımı ile hava debisinin ölçülmesini sağlayan ekipmanlardır. AMCA 210-16 standardına göre hava debisi ölçümünde, nozzle çıkış ağzındaki hava hızının en az 14 m/s (2800 fpm) olması gerekmektedir.

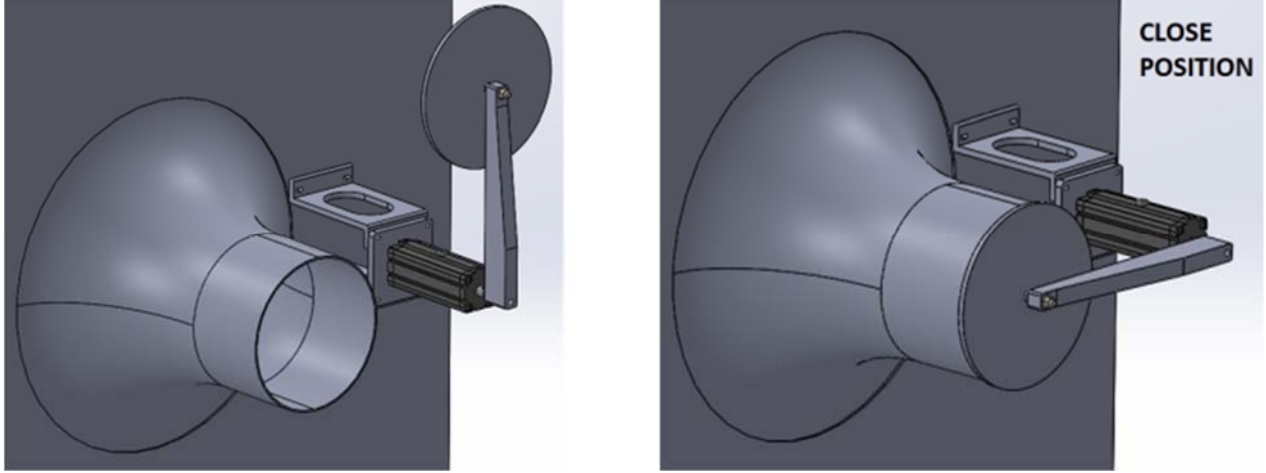
Nozzle yapısı, yerleşimi ve nozzle'ların settlingler ile olan mesafesi aşağıdaki şemada gösterilmiştir. Test hücresi boyutları ve nozzle yerleşim mesafeleri AMCA 210-16 standartlarına göre belirlenmiştir.



Şekil 8. AMCA 210-16 Figure 12 Yerleşimi

Değişken hava debisi ile çalışan veri merkezi klima santralleri, çalışmalarını esnasında farklı hava debileriyle çalışabilmektedirler. Doğru hava debisi ölçümünün yapılabilmesi için nozzle duvarındaki nozzle'ların standart kurallarına uygun olarak işlem esnasında açılıp kapanması gerekmektedir.

Test devamlılığını bozmadan nozzle'ların manuel olarak kapatmak/açmak mümkün değildir. Bu nedenle belirli hava debisi miktarına göre otomatik olarak açılıp kapanabilen, hangi nozzle'ın açılması gerektiğine karar veren otomasyon ve yazılım sistemiyle tasarlanmış sistem test ünitesine eklenmiştir.



Şekil 9. Otomatik Nozzle Açma/Kapama Sistemi

5. ISI GERİ KAZANIM SİSTEMİ

Endirekt Evaporatif soğutmalı veri merkezi klima santralleri kış şartlarında test edilirken çevre simülasyonu hücresinde soğutucu bataryalara 7/12 ve -10/-5 soğutma grupları soğuk su beslemesi yaparlar. Soğutma gruplarının tümleşik COP'si 3,12'dir. -5 °C kış şartını sağlamak için 500Kw soğutma yüküne karşılık 735 Kw atık ısı ortaya çıkar.

Test esnasında mahal simülasyonunu gerçekleştiren hücre, havayı nemlendirip ısıtarak testteki cihaza gönderir. Testteki cihaz havayı soğutarak ve nemini alarak simülasyon ünitesine geri gönderir. Bu prosesin ölçümlerinin yapılabilmesi için testteki cihazın aldığı nem kadar nemlendirme yapılır, aldığı ısı kadar da ısıtma işlemi yapılır. Isıtma işlemi için genellikle doğalgaz kazanı, santral tipi elektrikli ısıtıcı ve elektrikli kazan kullanılmaktadır.

Soğutma gruplarının ısıtma kapasitesi, soğutma kapasiteleri ve tükettiği elektrik miktarları toplamı kadardır. Isıtma ve soğutma işlemine aynı anda ihtiyaç duyulan sistemlerde, sulu ısıtıcı batarya çalışma şartları soğutma grubu kondanser şartlarına göre seçilirse atık ısının geri kazanımı sağlanır. Kazan yerine atık ısının geri kazanımı yöntemi kullanılan bu sistemlerde enerji tasarrufu sağlanır.

Şekil 5'de gösterilen test düzeneğinde belirtildiği üzere oluşan atık ısının kullanılmayan kısmı kuru soğutucular ile atmosfere atılır.

Mahal simülasyon hücresinin 500 kW'lık ısı ihtiyacını karşılamak için soğutma gruplarının atık ısı kullanılırsa, işletme maliyeti aşağıdaki gibidir.

Atık Isıdan Kazanılan Isı İşletme Maliyeti	Miktar	Birim
Isı Yükü	500	kW
Isı Geri Kazanım Pompası Elektrik Tüketimi	25	kW
Soğutma Çevrimi Atık Isısının Atmosfere Atılması	6	kW
Toplam kaynak tüketiminin TL karşılığı	1279,68	TL

Tablo 1. Atık Isıdan Kazanılan Isı İşletme Maliyeti Hesabı

500kw soğutma gücü olan endirekt Evaporatif soğutmalı veri merkezi klima santralinin mahal simülasyonunu gerçekleştirebilmek için gereken ısıtma enerjisi ihtiyacını doğalgaz kazanı, santral tipi elektrikli ısıtıcı ve elektrikli kazan kullanılması durumları kıyaslanarak enerji tüketimleri karşılaştırılmıştır.

Hesaplamalar doğalgaz fiyatı 9,23 TL/m³, elektrik fiyatı 3,44 TL/kWh alınarak 12 saatlik çalışma üzerinden yapılmıştır.

5.1. Doğalgaz Kazanı ile Isıtma

Mahal simülasyonu hücresinin 500kW'lık ısı ihtiyacını karşılamak için aşağıdaki tabloda belirtilen miktarlarda doğalgaz ve elektrik tüketimi yapılmaktadır. Ayrıca soğutma sisteminin atık ısısının tamamı atmosfere atılacağı için kuru soğutucu elektrik tüketimi de işletme maliyetlerine eklenmiştir. Sistemde kullanılan kazan MİMSAN MKBG700 olup verimi %91 dir. Kullanılan brülör ECOSTAR ECO45Q C3A modeldir. İzolasyon ısı kaybı % 5 kabul edilmiştir.

Doğalgaz Kazanı ile Isıtma İşletme Maliyeti	Miktar	Birim
Isı Yüğü	500	kW
Kazan Isı Transfer Kaybı	49,5	kW
İzolasyon Isı Kaybı	25	KW
Brülör Yakılan Doğalgaz	54,09605	m ³
Brülör Ve Kazan Elektrik Tüketimi	2	kW
Soğutma Çevrimi Atık Isısının Atmosfere Atılması	37	kW
Toplam Kaynak Tüketiminin TL Karşılığı	7601,60	TL

Tablo 2. Doğalgaz Kazanı ile Isıtma İşletme Maliyeti Hesabı

5.2. Elektrikli Isıtıcı ile Hava Doğrudan Isıtıldığında

Mahal simülasyonu hücresinin 500 kW lık ısı ihtiyacını karşılamak için aşağıdaki tabloda belirtilen miktarda elektrik tüketimi yapılmaktadır. Ayrıca soğutma sisteminin atık ısısının tamamı atmosfere atılacağı için kuru soğutucu elektrik tüketimi de işletme maliyetlerine eklenmiştir.

Santral Tipi Elektrikli Isıtıcı İşletme Maliyeti	Miktar	Birim
Isı Yüğü	500	kW
Elektrikli Isıtıcı Elektrik Tüketimi	500	kW
Soğutma Çevrimi Atık Isısının Atmosfere Atılması	37	kW
Toplam kaynak tüketiminin TL karşılığı	22.167,36	TL

Tablo 3. Santral Tipi Elektrikli Isıtıcı İşletme Maliyeti Hesabı

5.3. Elektrikli Kazan ile Isıtma:

Mahal simülasyonu hücresinin 500 kW lık ısı ihtiyacını karşılamak için aşağıdaki tabloda belirtilen miktarda elektrik tüketimi yapılmaktadır. Ayrıca soğutma sisteminin atık ısısının tamamı atmosfere atılacağı için kuru soğutucu elektrik tüketimi de işletme maliyetlerine eklenmiştir. İzolasyon ısı kaybı yüzde 5 kabul edilmiştir.

Elektrikli Kazan İşletme Maliyeti	Miktar	Birim
Isı Yüğü	500	kW
İzolasyon Isı Kaybı	25	KW
Elektrikli Kazan Elektrik Tüketimi	525	kW
Soğutma Çevrimi Atık Isısının Atmosfere Atılması	28	kW
Toplam kaynak tüketiminin TL karşılığı	23.405,76	TL

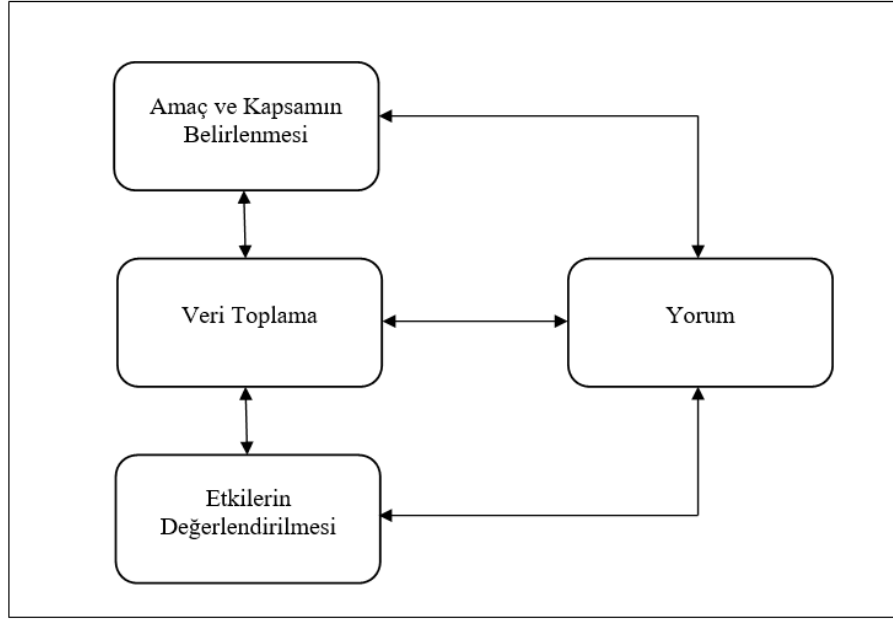
Tablo 4. Elektrikli Kazan İşletme Maliyeti Hesabı

6. YDD Tanımı ve Karbon Ayak İzi Hesaplanması

Yaşam döngüsü değerlendirmesi ilk olarak 1960 yıllarında ortaya çıkmıştır. Hammaddelerin ve enerji kaynaklarının sınırlı olması enerji kullanımının incelenmesine ve gelecekteki enerji arzı ve kullanımının projelendirilmesine neden olmaya başlamıştır. Harold Smith kimyasal yan ürün ve ürünlerin enerji ihtiyacı için gereken kümülatif enerji ihtiyacını 1963 yılında Dünya Enerji Konferansı'nda sunmuştur. 60'lı yıllardan sonra dünyanın değişen nüfusunun sınırlı hammadde ve enerji kaynakları üzerindeki etkilerini incelemek üzere bazı modelleme çalışmaları yapılmış ve bu çalışmalarda maliyet ve çevre etkilerine de değinilmiştir. 1969 yılında Coca-Cola şirketinin bünyesinde başlatılan çalışmalar ile yaşam döngüsü veri analizi için ilk temeller atılmıştır.

Bu çalışma kapsamında çevreye, doğal kaynaklara en az zarar verecek içecek kutusunun seçilmesi hedeflenmiştir. O zamanlarda özel olarak endüstriyel veriler pek bulunmadığı için devletten alınan teknik yayınlar kaynak olarak kullanılmıştır. İlk modeller enerji kullanımı ve atık üretimi üzerine yoğunlaşan daha kolay bir sistem olarak ortaya çıkmıştır. Analizin temel öğeleri arasında içecek kapları, deterjanlar, çocuk bezleri gibi ürünler yer almıştır. Pek çok çalışma gerçekleştirilmiş olmasına karşın, çalışmaların sonuçları birbiriyle çatışmaya başlamıştır. Bunun nedeni seçilen yöntemlerin ortak bir temel üzerine oturtulmamış olmasıdır. Bu şekilde ABD ve Avrupa'da pek çok fabrika kendi çalışmalarını yürütüp kendi ürünlerinin diğer rakip ürünlere göre daha çok çevre dostu olduğunu savunmuş ve bu asılsız söylemler yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmalarının imajını zedelemiştir. Kaynakların kullanımı ve çevreye olan salımın miktarının belirlenmesi, ABD'de "Kaynak ve Çevre Profil Analizi" Avrupa'da ise "Ekodenge" olarak isimlendirilmiştir.

1970'lerdeki petrol krizi nedeniyle 1970-1975 yılları arasında 15 adet "Kaynak ve Çevre Profil Analizi" yapılmıştır. Bu zaman sürecinde standart bir araştırma yöntemi geliştirilmiştir. 1980'lerde petrol krizinin etkilerinin azalmasıyla bu çalışmalarda azalma görülmüş ve çevresel konular zararlı atık yönetimine çevrilmiştir. Buna rağmen yaşam döngüsü veri analizleri devam etmiş ve yöntemler geliştirilmiştir. 1988 yılında katı atıkların dünya çapında bir konu haline gelmesi ile YDD çevresel sorunların analizi için bir araç olarak yine gündeme gelmiş ve YDD için yöntemler geliştirilmeye başlanmıştır. YDD'nin veri analizinden etki değerlendirmesine doğru kayması yöntemlerin gelişimini çok farklı bir noktaya getirmiştir. 1989 yılında Çevresel Toksikoloji ve Kimya Derneği (Society of Environmental Toxicology and Chemistry, SETAC) yaşam döngüsü değerlendirmesini kendi bünyesine alarak hem uygun bir tanımlama belirlemiş, hem de belirli bir teknik çalışma şeması oluşturmuştur. SETAC her yıl düzenlediği kongrelerle hala yaşam döngüsü çalışmalarıyla ilgilenmektedir. 1994 yılından itibaren Uluslararası Standardizasyon Örgütü (International Organization for Standardisation, ISO) 14040-14044 serisi ile yaşam döngüsü değerlendirmesini standartlar kapsamı altına almıştır. ISO'nun öncelikli amaçlarından biri SETAC'ın geliştirmiş olduğu teknik çerçeveyi detaylandırmak olmuştur. Daha sonra YDD prosesindeki subjektif ve objektif bölümler birbirinden ayrılarak amaç ve kapsamın belirlenmesi, veri toplama, çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve yorum başlıkları altında toplanmıştır. YDD'nin bu dört aşaması Şekil 10'da sunulmaktadır.

**Şekil 10:** YDD çalışmasının adımları

Bu çalışmada, Systemair bünyesinde tasarımı gerçekleştirilmiş Geniox Tera ünitesinin 12 saatlik performans testi baz alınmıştır. Bu kapsamda kullanılan elektrik ve doğalgaz miktarlarına bağlı olarak 4 adet senaryo oluşturulmuştur, bu senaryolar için karbon ayak izi hesaplamaları yapılmıştır. Tablo 5'te incelenen senaryolar sunulmaktadır. Senaryo 1, Chillerlerin atık ısısının ısıtma sisteminde kullanıldığı senaryodur. Senaryo 2, ısı ihtiyacının doğalgaz kazanı ile karşılanması uygulanmasını göstermektedir. Senaryo 3 ve 4 ise, ısı ihtiyacının direkt elektrikli ısıtıcı ve elektrikli kazan ile sağlanması uygulamasını göstermektedir.

Senaryo	Senaryonun Tanımı	Çıktı İsmi
S1: Senaryo 1	Atık Isının Geri Kazanımı	19_Recovering Waste Heat
S2: Senaryo 2	Isının Doğalgazlı Kazan ile Oluşturulması	19 Natural Gas Fuelled Boiler
S3: Senaryo 3	Havanın Doğrudan Elektrikli Isıtıcı ile Isıtılması	19 Electrical Heater
S4: Senaryo 4	Isının Elektrikli Kazan ile Oluşturulması	19 Electrical Boiler

Tablo 5: İncelenen Senaryolar

Çalışma ISO standartlarında da belirtildiği şekilde (ISO 14040-14044) dört adımda yürütülmüştür (bkz. Şekil 10). Temel birim olarak 500kW'a kadar olan veri merkezi klima santrallerinin performans testleri seçilmiştir. Kullanılan değerlerin büyük bir bölümü gerçek değerler olup, ihtiyaç görülen yerlerde Ecoinvent veri tabanından da yararlanılmıştır. Yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışması kapsamında toplanan verilerin modellenmesi için SimaPro 9.1 programının kullanılmasına karar verilmiştir. Karbon ayak izi hesabı için IPCC 2013 GWP 100a yöntemi seçilmiştir.

Senaryo	IPCC GWP 100a, kg CO ₂ eşdeğeri
S1	20,43
S2	41,87
S3	354,03
S4	364,57

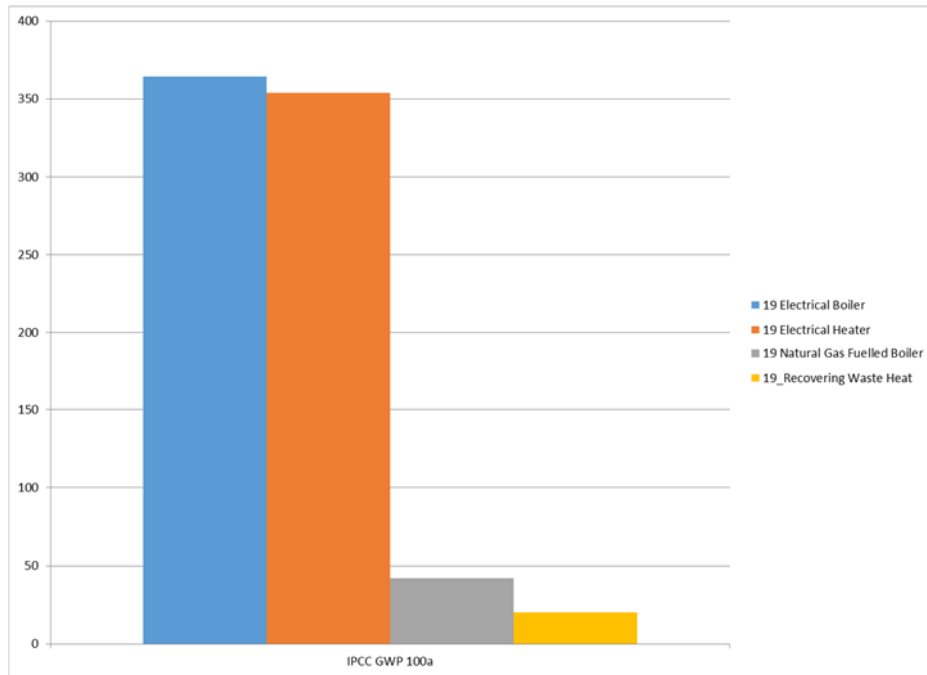
7. SONUÇLAR

Veri merkezlerine yönelik iklimlendirme, havalandırma sistemleri yüksek performanslı ve yüksek verimli kritik sistemlerdir. Bunun en önemli sebebi kullanıldığı veri merkezlerinde konfor koşullarını sağlamak üzere değil doğrudan sistemlerin sürekliliğini sağlamak üzere kullanılmalarıdır. Bunun için veri merkezlerine kurulacak sistemlerin %100 teste tabii tutularak niteliklerinin ispatı gerekmektedir.

Bu testler yapılırken Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı gereksinimleri ön planda tutularak, ülkemizin enerji kaynaklarının en verimli şekilde kullanılması için enerjiyi en çok tüketenlerden biri HVAC-R sektörü cihazlarıdır. Bu cihazların tasarımında olduğu kadar, onları test eden laboratuvar tasarımlarında da aşağıdaki tablo göz önünde bulundurularak atık ısının geri kazanımı yöntemi tercih edilmelidir. Bu çalışma sonucunda aynı anda ısıtma ve soğutma yapması gereken yapılarda, atık ısının geri kazanımı yöntemi kullanılarak en yakın yöntem göre %83'e kadar tasarruf sağlanabilirken aynı anda karbon salınımı %51,19 azaltılabilir.



Şekil 11. Bir Test için Enerji Tüketimi Maliyeti Karşılaştırma Tablosu



Şekil 12. Tüm Senaryolar İçin Karbon Ayak İzi Değerleri

KAYNAKLAR

- [1] Wang Y. and Wang X., "Performance-controlled server consolidation for virtualized datacenters with multi-tier applications", Sustainable Computing: Informatics and Systems 4, pp: 52–65, 2014.
- [2] Gökmen H.T., Küçüksille E.U, "Veri Merkezi Tasarımı", Akademik Bilişim, Akdeniz Üniversitesi, Antalya 2013.
- [3] The Edinburgh Centre for Carbon Management, Estimates of Emissions for Selected Items and Activities, ECCM technical document #4, October, 2000
- [4] PORUMB, B., UNGURESAN P., TUTUNARU L.F., ŞERBAN, A., BALAN M., "A Review of Indirect Evaporative Cooling Operating Conditions and Performances", 2015.
- [5] Hasan A., "Kuru Soğutuculu Doğal Soğutma Uygulamaları İle İklimlendirme Sistemlerinde Enerji Verimliliği", 2009.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Murat TUNÇ

1989 yılı Amasya doğumludur. 2015 yılında Doğu Üniversitesi Makine Mühendisliği'nden mezun olmuştur. 2019 yılında çalışmaya başladığı Systemair HSK firmasında Kıdemli Ar-Ge Mühendisi olarak katıldığı Ar-Ge departmanındaki görevine Ar-Ge Müdürü olarak devam etmektedir. Havuz nem alma santralleri, entegre soğutmalı klima santral çözümleri ve veri merkezi iklimlendirmesi üzerine Ar-Ge projelerini yürütmektedir. Ahmet Murat TUNÇ, iyi derecede İngilizce bilmektedir.

Nadide Asuman YARAŞ

1997 yılı Kahramanmaraş doğumludur. 2022 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği'nden mezun olmuştur. 2022 yılında çalışmaya başladığı Systemair HSK firmasında Ar-Ge Mühendisi olarak görev almaktadır. Veri merkezleri iklimlendirilmesi ve entegre soğutmalı klima santral çözümleri üzerine çalışmalarına devam etmektedir.