



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**VERİ MERKEZLERİ'NİN ENERJİ
VERİMLİLİKLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Rıdvan ÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Rıdvan ÇELİK tarafından hazırlanan “VERİ MERKEZLERİ’NİN ENERJİ VERİMLİLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” adlı tez çalışması 09/02/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Levent CİVCİK

Danışman

Doç. Dr. Mehmet Akif ŞAHMAN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Gül Nihal GÜĞÜL

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Rıdvan ÇELİK

Tarih:09/02/2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

VERİ MERKEZLERİ'NİN ENERJİ VERİMLİLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Rıdvan ÇELİK

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Mehmet Akif ŞAHMAN

2023, 46 Sayfa

Jüri

Doç.Dr. Mehmet Akif ŞAHMAN
Dr. Öğr. Üyesi Levent CİVCİK
Dr. Öğr. Üyesi Gül Nihal GÜĞÜL

Günümüzde mobil ve bulut teknolojisinde yaşanan gelişimler, veri depolanmanın önemini arttırmaktadır. Veri depolamadaki artış da veri merkezlerinin artışına neden olmaktadır. Veri merkezleri bilgi teknolojileri alanında faaliyet gösteren kuruluşların verilerini saklayabildiği, işleyebildiği ve dağıtabildiği merkezlerdir. Çok sayıda sunucunun bulundurulduğu bu merkezlerin, güvenliği ve sürdürülebilirliği kuruluşlar için büyük önem arz etmektedir. Bu merkezlerde yaşanacak kısa bir enerji kesintisi bile birçok operasyonun durmasına ve telafisi zor veri kayıplara neden olabilmektedir. Dolayısıyla veri merkezleri 7 gün 24 saat hizmet verecek durumda olmalıdır.

Ülkemizde ve dünya genelinde miktarları çoğalan veri merkezleri, yüksek seviyede enerji ihtiyacından dolayı kentlerdeki enerji tüketimi için büyük bir tehdit oluşturmaktadırlar. Enerjinin, özellikle de elektrik enerjisini son derece önemli olduğu günümüz dünyasında bu merkezlerin tükettiği aşırı miktardaki enerji, son zamanlarda birçok araştırmaya konu olmakla beraber bu sorunun çözümü için büyük bir çaba harcanmaktadır. Bu sorundan dolayı 'Veri Merkezi Verimliliği' adında yeni bir çalışma alanı ortaya çıkmıştır.

Endüstri devrimlerinin yaşanması ile enerji kaynakları tüm ülkeler için çözülmesi gereken önemli bir problem haline gelmiştir. Ülkeler bu problemin üstesinden gelebilmek için farklı enerji kaynakları için arayışa girmiştir. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynakları ülkeler için önemli bir alternatif olarak görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları olarak; hidroelektrik, güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal enerji örnek verilebilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının birçok avantajı bulunmaktadır. Bu avantajlardan en önemlisi maliyetlerinin az olması ve diğer enerji kaynaklarına göre tükenmeleri zordur. Ayrıca çevreye ve kullanan insanların sağlığına zararları da son derece azdır.

Kendi enerji kaynaklarına sahip ve enerji bakımından dışa bağımlılığı olmayan ülkelerin avantajlı durumda olduğu bilinmektedir. Türkiye hem yer altı enerji kaynakları hem de yenilenebilir enerji kaynaklarını barındırması bakımından son derece zengin bir ülkedir. Fakat hiçbir kaynak sınırsız değildir. Dolayısıyla mevcut kaynaklar iktisatlı olarak kullanılmalıdır.

Bu çalışmada; veri merkezlerinin bileşenleri açıklanmış, veri merkezi tasarlanırken nelere dikkat edildiği anlatılmış ve veri merkezlerinin enerji verimliliğine dikkat çekilmeye çalışılmıştır. Türkiye'de faaliyet gösteren 18 veri merkezinden toplam tesis gücü, bilgi teknolojileri ekipman gücü, soğutma kapasitesi ve toplam CO₂ miktarı bilgileri toplanmıştır. Bu bilgiler kullanılarak bu veri merkezlerinin enerji verimlilik değerleri ve güç kullanım etkinliği hesaplanmıştır. Elde edilen enerji verimliliği ve güç kullanımlarına göre veri merkezleri sınıflandırılmıştır. Ayrıca veri merkezlerinin enerji verimliliklerini

arttıracak önerilerde bulunulmuştur. Yapılan bu tez çalışmasına benzer bir çalışma yapılmadığı için literatüre önemli bir katkısının olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Veri merkezleri, Enerji Verimliliği Değerlendirmesi, Güç Kullanım Verimliliği, Enerji Kaynakları



ABSTRACT

MS/Ph.D THESIS

EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY OF DATA CENTERS

Rıdvan ÇELİK

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER IN ELECTRICAL-ELECTRONIC
ENGINEERING**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Akif ŞAHMAN

2023, 46 Pages

Jury

Advisor Assoc.Prof.Dr. Mehmet Akif ŞAHMAN

Assist.Prof.Dr. Levent CİVCİK

Assist.Prof.Dr. Gül Nihal GÜĞÜL

Today, developments in mobile and cloud technology increase the importance of data storage. The increase in data storage also causes an increase in data centers. Data centers are centers where organizations operating in the field of information technologies can store, process and distribute their data. The security and sustainability of these centers, where many servers are located, are of great importance for organizations. Even a short power outage in these centers can cause many operations to stop and data losses that are difficult to compensate. Therefore, data centers must be in a position to serve 24 hours a day, 7 days a week.

Data centers, which are increasing in number in our country and around the world, pose a great threat to energy consumption in cities due to their high energy needs. In today's world, where energy, especially electrical energy, is extremely important, the excessive amount of energy consumed by these centers has been the subject of many researches recently, and a great effort is being made to solve this problem. Due to this problem, a new field of study called 'Data Center Efficiency' has emerged.

With the industrial revolutions, energy resources have become an important problem to be solved for all countries. Countries have searched for different energy sources to overcome this problem. In this context, renewable energy sources are seen as an important alternative for countries. As renewable energy sources; hydroelectric, solar, wind, biomass, geothermal energy can be given as examples. Renewable energy sources have many advantages. The most important of these advantages is that their cost is low and they are difficult to run out compared to other energy sources. In addition, the harm to the environment and the health of the people who use it is extremely low.

It is known that countries that have their own energy resources and do not depend on foreign sources in terms of energy are in an advantageous position. Turkey is an extremely rich country in terms of having both underground energy resources and renewable energy resources. But no resource is unlimited. Therefore, available resources should be used economically.

In this study; The components of data centers are explained, what is considered while designing the data center is explained, and it is tried to draw attention to the energy efficiency of data centers. Total facility power, information technology equipment power, cooling capacity and total CO₂ amount information were collected from 18 data centers operating in Turkey. Using this information, the energy efficiency values and power usage efficiency of these data centers were calculated. Data centers are classified according to their energy efficiency and power usage. In addition, suggestions have been made

to increase the energy efficiency of data centers. It is thought that it will make an important contribution to the literature, since there has not been a study similar to this thesis study.

Keywords: Data centers, Energy Efficiency Evaluation, Power Usage Efficiency, Energy Resources



ÖNSÖZ

Akademik hayatım ve tez çalışmam süresince değerli bilgi, birikim ve tecrübelerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam ilgi ve alakasını eksik etmeden güler yüzüyle sorunları çözen, samimiyetini benden esirgemedi en ufak sorunda bile çekinmeden yanına gidebildiğim, çalışmalarımı bu önsözü yazabilecek seviyeye kadar taşıyan, beni sürekli motive eden, insan büyüdükçe küçülmeli felsefesini hayatında başarılı bir şekilde uygulayan, yardımsever, mütevazı bana meslek hayatımda da çok şey katan ve ondan çok şey öğrendiğim değerli hocam Doç.Dr. Üyesi Mehmet Akif ŞAHMAN' a desteğinden ve yardımlarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Başta Dr. Öğr. Üyesi Gül Nihal GÜĞÜL ve Doç.Dr. Erdiç KOÇER hocam olmak üzere bana katkı sağlayan ve yardım eden tüm yüksek lisans hocalarıma da teşekkürlerimi sunuyorum. Bu günlere gelmemi sağlayan, yüksek lisans süresince benden desteğini eksik etmeyen değerli çok kıymetli anneme, babama ve eşime de teşekkürlerimi sunuyorum.

Rıdvan ÇELİK
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. VERİ MERKEZLERİ	9
3.1 Veri Merkezlerine Giriş	9
3.1.1. Veri Merkezlerindeki Genel Yapı	11
3.1.2. Veri Merkezi için Gereklilikler	12
3.1.3. İnternet Veri Merkezlerinin Sunduğu Hizmetler	15
3.1.4. Ağ Bağımlı Olmayan Veri Merkezleri	16
3.1.5. Veri Merkezi Kullanılabilirliği	16
3.2. Veri Merkezi Tasarımında Dikkat Edilecek Hususlar	17
3.2.1. Tasarım Planlama	18
3.2.2. Modelleme Kriterleri	18
3.2.3. Tasarım Önerileri	18
3.2.4. Kavramsal Tasarım	18
3.2.5. Detay Tasarımın Yapılması	19
3.2.6. Mekanik Altyapı Tasarımının Yapılması	19
3.2.7. Elektrik Altyapısının Tasarımının Yapılması	19
3.2.8. Teknolojik Altyapı Tasarımının Yapılması	19
3.2.9. Kullanılabilirlik Tahminleri	20
3.2.10. Yer Seçimi	20
3.2.11. Veri Merkezinin Modüler ve Esnek Yapıda Olması	20
3.2.12. Çevresel Kontrol	21
3.2.13. Elektrik Enerjisi	22
3.2.14. Yangın Koruma Sistemlerinin Tasarlanması	22
3.2.15. Veri Merkezlerinin Güvenliği	22
3.2.16. Enerji Kullanımı	23
3.2.17. Enerji Verimliliği	23
3.2.18. Güç Analizi ve Soğutma Analizlerinin Yapılması	23
3.2.19. Bilgisayar Yardımıyla Akışkanlar Dinamiği Analizinin Yapılması	24
3.2.20. Termal Alan Planlamasının Yapılması	24
3.2.21. Ağ Altyapı Tasarımının Yapılması	24
3.2.22. Veri Merkezlerinde Uygun Altyapı Yönetiminin Yapılması	25
3.2.23. Uygulamalar	25
3.3. Yeşil Veri Merkezleri (Green Data Centers)	26

3.3.1. Enerji kullanımı	27
3.3.2. Ölçümler	27
3.3.3. Sertifikalar	27
4. VERİ MERKEZİ ÖRNEKLERİ.....	29
4.1. Türkiye’de Veri Merkezleri.....	29
4.2. Dünyadaki Veri Merkezlerine Örnekler	29
4.2.1. Apple.....	29
4.2.2. Verne Global.....	30
4.2.3. Facebook.....	30
4.2.4. eBAY	30
4.2.5. Switch	31
4.2.6. Google.....	31
4.2.7. Microsoft.....	31
4.2.8. Amazon.....	31
4.2.9. Other World Computing (OWC).....	32
4.2.10. Equinix.....	32
4.2.11. Yahoo.....	32
4.2.12. LinkedIn.....	32
4.2.13. Alibaba.....	33
4.2.14. Lg.....	33
4.2.15. The Lefdal Mine Data Center	33
4.2.16. Rackspace	34
4.2.17. Green House Data Center	34
4.2.18. Green Mountain	34
4.2.19. Iron Mountain	34
5. MATERYAL VE METOTLAR	35
5.1 Materyal.....	35
5.2. Metotlar.....	36
5.2.1. Enerji Verimlilik Metrikleri.....	36
5.2.1.1. Güç Kullanım Etkinliği (PUE)	36
5.2.1.2. Karbon Kullanım Etkinliği (CUE)......	37
5.2.2 Verimlilik Hesaplamalarının Yapılması.....	38
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	40
6.1 Sonuçlar	40
6.2 Öneriler	42
KAYNAKLAR	45

KISALTMALAR

CO₂ : Karbon Dioksit

UPS : Kesintisiz Güç Kaynağı - Uninterruptible Power Supply

BT : Bilişim Teknolojileri

PUE : Güç Kullanım Etkinliği - Power Usage Effectiveness

CRAC : Bilgisayar Odası İklimlendirmesi - Computer Room Air Conditioners

ASE : Hava Tarafı Ekonomizörü – Air Side Economizer

COP : Performans Katsayısı – Coefficient of Performance

CUE : Karbon Kullanım Etkinliği - Carbon Usage Effectiveness

ANSI : Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü - American National Standards Institute

ASHRAE : Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği –
American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

KW : Kilo Watt

MW : Mega Watt

DNS : Alan Adı Sistemi - Domain Name System

VPN : Sanal Özel Ağ - Virtual Private Network

IPS : Saldırı Tespit Sistemleri - Intrusion Prevention System

ERP : Kurumsal Kaynak Planlama - Enterprise Resource Planning

CRM : Müşteri İlişkileri Yönetimi - Customer Relations Management

TGG : Yeşil Izgara - The Green Grid

LEED : Enerji ve Çevre Tasarımı Liderliği - Leadership in Energy and Environmental Design

BDDK : Bankacılık Denetleme ve Düzenleme Kurulu

AWS : Amazon Web Servisi - Amazon Web Service

OWC : Diğer Dünya Bilgi İşlem - Other World Computing

CEF : Karbondioksit Emisyon Faktörü

VM-1 : 1. Veri Merkezi

1. GİRİŞ

İnternetin keşfedilmesiyle beraber dünya genelinde büyük gelişmeler olmuştur. İnsanlık, sürekli gelişen teknolojiyle beraber internete bağımlı hale gelmiştir. Günümüzde kullanılan sosyal medya, online yapılan işlemler, saklama teknolojileri, telekomünikasyon bu bağımlılığa örnek olarak verilebilir. İnternet üzerinden sosyal medyada görüntülediğimiz her fotoğraf, beğendiğimiz her video, işlem yaptığımız her para transferi ve alışveriş; kısacası internet üzerinden yaptığımız her bir işlem birer veri örneğidir. Bu verilerin; transfer edilmesi, işlenip, depolanma işlemleri veri merkezlerinde yapılır.

Veri merkezleri, tüm türlü verinin transferinin yapıldığı, depolanıp işlendiği, yüksek enerji tüketen ve gelişmiş teknolojilerin kullanıldığı tesislerdir. Tesislerin içeriğinde sunucular, ağ elemanlar, güvenlik elemanları ve yangın sistemleri, jeneratör kaynakları ve kesintisiz güç kaynağı (Uninterruptible Power Supply – UPS) sistemleri ile soğutma sistemleri bulunmaktadır. Veri merkezi tesislerindeki sistemler, veri merkezlerinin büyük enerji harcamasına yol açar.

Veri merkezleri, elektrik enerjisini son derece fazla tüketmektedirler. Sıradan bir veri merkezinin enerji tüketiminin; %55'ini Bilişim Teknolojileri (BT) elemanları, %16'sını kullandıkları enerjideki bara kayıpları, %29'unu da veri merkezlerini soğutmak için kullanılan soğutma sistemleri oluşturmaktadır (Şen 2019).

Türkiye'de ve Dünya' da son zamanlarda sayıları çoğalan veri merkezleri, fazla elektrik tüketimine sebep olmaktadır. Dolayısıyla buldukları ekosistem için ve elektrik altyapılarında önemli sorunlara sebep olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı veri merkezlerine donanım sağlayan firmalar güvenlik, süreklilik ve enerji verimliliğini ön planda tutarak hassas cihazlar üretmeye çalışmaktadır.

Bilgi teknolojileri, haberleşme sistemleri ve mobil işlemler tarafından kullanılan enerji miktarı günümüzde önemli seviyelere ulaşmıştır. Bu seviye tarih boyunca kullanılan en yüksek enerji miktarı seviyesi olmuştur. Önümüzdeki yıllarda da bu seviyenin aşılması beklenmektedir. Tüm dünya üzerinde sayıları günden güne artan veri merkezlerinin sayısı ve bu veri merkezlerin kullandığı yüksek miktarda enerji tüketimleri bu konuyu tartışmaya açık hale getirmiştir. Önümüzdeki yıllarda da gerekli tedbirler alınmadığı takdirde bu konu sürekli tartışılmaya devam edecektir. 2012 yılında yapılan bir araştırmada dünyadaki tüm veri merkezlerinin kullandığı elektrik enerjisi

270 TWh olarak açıklanmıştır. Açıklanan bu rakam tüm dünyadaki elektrik enerjisi sarfiyatının %1,4'ünü ifade etmektedir (Kooimey 2007).

Yapılan bir araştırmada; 2030 yılına geldiğimizde veri merkezlerinde tüketilen enerjinin, dünyanın tükettiği toplam enerji miktarının %13'ü kadar olacağı tahmin edilmektedir. Bu çalışmalar ve tahminler de gösteriyor ki; 2030 yılına kadar veri merkezleri için gerekli önlemler alınıp, gerekli çalışmalar yapılmazsa, veri merkezleri büyük enerji problemlerine neden olacaktır (Van Heddeghem ve ark 2014).

Veri merkezi, günümüz teknolojisi için önemli bir kavramdır. Özellikle Türkiye bu konuda bazı adımlar atmakta ve sürekli bir gelişim içerisinde. Türkiye'de devasa veri merkezlerinin olmaması ve Türkiye'deki şirketlerin de yurtdışından veri merkezleri için alan kiralaması gibi sebeplerden dolayı veri merkezi kavramı Türkiye'de istenilen seviyede gelişmemiştir. Türkiye'de veri merkezi tasarlanması ve kurulması konusunda uzman kişilerin ve şirketlerin az olmasından dolayı da Türkiye veri merkezi konusunda ülke içindeki ihtiyacın tamamını karşılayacak ve kendine yetecek kapasiteleri yakalayamamıştır.

Bu tez kapsamında; öncelikle veri merkezi kavramı açıklanmış olup, veri merkezi tasarlanırken dikkat edilecek hususlar ele alınmıştır. Daha sonra ülkemizde faaliyet gösteren veri merkezlerinin verimlilikleri değerlendirilip, veri merkezlerinin verimliliklerini geliştirmeleri konusunda önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu teknoloji çağında, veri merkezlerindeki enerji sarfiyatının; çevreye, doğamıza ve elektrik enerjisine olan kötü etkilerinin düşürülmesi gerekmektedir. Bu kötü etkilerin düşürülebilmesi için, enerji verimliliğin her alanda sağlanıp hesaplamaların düzgün bir şekilde yapılıp, bu hesaplamalara göre veri merkezi tasarlanırken ya da kurulurken tercihlerin de ona göre yapılması gerekmektedir.

Dünyadaki veri merkezlerinin harcadığı elektrik enerjisi tüketimi incelenecek olursa, 2000’li yıllarda önemli bir artış olduğu gözükmemektedir. 2005 yılında ise 2000 yılında harcanan elektrik enerjisinin 2 katı tüketim olduğu görülmektedir (Koomey 2011).

Çizelge 1.1’de ele alınan bazı bölgelerdeki veri merkezlerinin enerji tüketimleri ve bu enerji tüketim miktarındaki artış gösterilmiştir. Gösterilen çizelgeden de açıkça anlaşılacağı üzere 2005 yılındaki verilerin, 2000 yılındaki verilerin 2 katı artış olduğu görülmüştür.

Çizelge 1.1. Bazı bölgelerdeki veri merkezlerinin kurulu güç oranları (Koomey 2011)

2000	Kurulu Güç [GW]	Toplam Kurulu Güce Oranı [%]
Amerika	2,9	39
Avrupa	2,0	28
Japonya	0,8	12
Pasifik	0,7	9
Diğer Ülkeler	1,1	12
Toplam	7,5	100
2005	Kurulu Güç [GW]	Toplam Kurulu Güce Oranı [%]
Amerika	6,0	34
Avrupa	4,2	26
Japonya	1,7	12
Pasifik	1,9	13
Diğer Ülkeler	2,3	15
Toplam	16,1	100

Veri merkezlerinin çok fazla enerji tüketmesinin büyük bir sorun olduğu önceki bölümlerde belirtilmiştir. Bu sorunu gidermek amacıyla veri merkezlerinde kullanılan elemanların enerji verimlilikleriyle ve tasarlanmasıyla ilgili çok fazla sayıda akademik çalışma yapılmaktadır.

Kamiya ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre; 2021’de küresel veri merkezi elektrik kullanımının 220-320 TWh olacağından bahsedilmiştir. Bu oran küresel

elektrik talebinin yaklaşık %0,9-1,3' ü kadardır (Kamiya 2020). Yapılan bu çalışma Çizelge 1.2 de gösterilmiştir.

Çizelge 1.2. 2015-2021 Yıllarındaki Dijital ve enerji göstergelerindeki küresel trendler (Kamiya 2020)

	2015	2021	Değişim
İnternet Kullanıcıları	3 Milyar Kişi	4,9 Milyar Kişi	+ % 60
İnternet Trafikçi	0,6 ZB	3,4 ZB	+ % 440
Veri Merkezi İş Yükleri	180 Milyon	650 Milyon	+ % 260
Veri Merkezi Enerji Kullanımı	200 TWh	220-320 TWh	+ % 10-60
Kripto Madencilik Enerji Kullanımı	100 TWh	300 TWh	+ % 300
Veri İletim Şebekesi Enerji Kullanımı	220 TWh	260-340 TWh	+ % 20-60

Bu çalışmaların çoğundaki ana tema; veri merkezleri donanımlarının elektrik enerjisi tüketimleri ve veri merkezlerinin verimlilikleriyle ilgilidir. Enerji tüketimine ve verimliliğe önem verilmesinden dolayı genellikle CO_2 emisyon oranları göz ardı edilmiştir. CO_2 emisyon oranlarının önemsenmemesinin bir başka sebebi ise veri merkezleri için düzenleyici herhangi kısıtlamanın olmamasından kaynaklanmaktadır (Bertoldi 2014).

Veri merkezlerindeki enerji verimliliğinin anlaşılabilmesi ve gerekli tedbirlerin alınmasında veri merkezinin Güç Kullanım Etkinliği (Power Usage Effectiveness - PUE) değerinin hesaplanması gerekir.

Sharma ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada; dünya üzerinde ideal olan, istenebilir olan veri merkezlerinin enerji verimliliği değeri yani PUE değeri 1,1 ile 1,2 değeri arasında olması gerekir. Bu değerlerin üzerinde olan değerler, veri merkezleri enerji verimliliği açısından istenmeyen değerlerdir (Sharma ve ark 2015).

Neil Rasmussen yaptığı çalışmada; veri merkezlerinde kullanılan donanımları inceleyip, veri merkezlerindeki donanımların enerji verimliliğiyle ilgilenmiştir ve bu yönde çalışmalar yapmıştır (Rasmussen 2006). Rasmussen yaptığı çalışmada veri merkezinde kullanılan donanımların teknolojileri hakkında detay vermeden, sadece rakamlar üzerinden test yapmayarak bir çalışma ortaya koymuştur.

Veri merkezi tasarımındaki en büyük hata budur. Çünkü bir veri merkezini tasarlarlarken, veri merkeziyle ilgili tüm donanımların ve bu donanımların yani ekipmanlarda kullanılan teknolojilerinin göz ardı edilmeden bir bütün olarak ele

alınması gerekir. Göz ardı edilen her donanım ve değer veri merkezinin enerji verimliliğinin istenilen seviyede olmamasına sebep olur.

Veri merkezlerinin enerji verimlilik değerleri hesaplanırken, o veri merkezindeki ekipmanların tek başlarına verimlilik değerleri hesaplanmaz. Hepsi bir bütün olarak hesaplanıp aynı zamanda sunucuların en verimli hallerine gelmeleri sağlanmalı yani optimize edilmesi sağlanmalıdır.

Uddin'in yaptığı sunucu optimizasyonu ile ilgili çalışma bu konuya örnek olarak gösterilebilir. Uddin; veri merkezlerinin sunucularında, sunucu optimizasyonu yapılarak %47 daha fazla verim elde edilebileceğinden bahsetmiştir (Uddin ve ark 2013).

Veri merkezi sunucuları sürekli aynı güçle çalışmazlar. Yılın farklı zamanlarında farklı güçlerle yani farklı yük miktarlarıyla çalışırlar. Bu konuyla ilgili örnek vermek gerekirse; online olarak satış yapan bir firma indirim yaptığı günlerde, normal günlere oranla daha fazla kullanıcı tarafından tercih edilip daha fazla erişim sağlanır. Uddin yaptığı çalışmada; önceki yılların verilerinin karşılaştırılarak herhangi bir internet sitesinin tıklanma ve erişim oranlarının yıllık sayılarının ortaya çıkarılabileceğini iddia ederek, belirli zamanlarda kullanılmasına gerek duyulmayan sunucuların kapatılarak daha fazla tasarruf ve enerji verimliliği elde edilebileceğiyle ilgili gerçek veriler kullanılarak, bu optimizasyonla ilgili detaylı bir çalışma ortaya koymuştur.

Yenilenebilir enerji kullanılarak da veri merkezlerinde enerji verimliliği sağlanabilir. Katsak W. , Nguyen D. ve Giori I. yaptıkları çalışmada; küçük veri merkezleri kurularak enerji gereksinimlerinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayabileceği görülmüştür (Goiri ve ark 2013).

Bu öne sürülen yöntem yalnız küçük veri merkezlerinde kullanılabilir, büyük ve karmaşık veri merkezlerinin bu yöntemi kullanabilmesi oldukça güç bir durumdur. Büyük yapıdaki veri merkezleri devamlı ve yedekli enerji kaynağı bulundurmaya zorundadır. Büyük veri merkezlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak çok olanaklı bir durum değildir. Çünkü yenilenebilir enerji kaynakları sürekli olan enerji kaynakları değildirler. Bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük sorunudur.

Bazı büyük veri merkezleri BT ekipmanları haricindeki enerji gereksinimlerini gidermek için yenilenebilir enerjiyi kullanmaktadırlar. Yenilenebilir enerjinin ilk kurulum ve işletme maliyetleri çok yüksek olduğu için fazla maliyet oluşturmaktadırlar.

Şu an ki dönemde veri merkezleri kurulurken birçok konuda analiz yapılırken veri merkezinin lokasyonu çok önemlidir. Enerji verimliliği açısından veri merkezinin

lokasyonu son derece dikkatli seçilmelidir. Ortaya konan verim hesaplamaları, veri merkezlerinin soğutma sistemleri dikkate alınarak yapılmaktadır.

Zhang, Song ve Eriksson yaptıkları çalışmada; iklim bakımından soğuk olan yerlerde kurulan veri merkezlerinin soğutma sistemleri için kullandıkları enerjinin çok daha az olduğunu ortaya koymuşlardır (Song ve ark 2015).

Lei ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada; veri merkezi hizmetlerine olan talepteki hızlı büyümeye rağmen, veri merkezlerinin dünya çapında enerji kullanımının 2010'dan bu yana yalnızca yaklaşık %6 oranında arttığını göstermektedir. Veri merkezlerinin enerji kullanımı ve hizmet talebi arasındaki bu ayrışma, kısmen BT donanımının (özellikle sunucular) enerji verimliliği ve operasyonlarındaki sürekli iyileştirmelerle açıklanmaktadır (Lei ve Masanet 2020).

Liu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; büyük veri ve bulut bilişim gibi teknolojilerin hızla gelişmesiyle birlikte veri iletişiminin ve veri hesaplamasının, veri merkezlerinde büyük miktarda enerji tüketimine yol açtığından bahsetmişlerdir. Küresel olarak veri merkezlerinin, 2017' de %3 olan oranının, 2025' te % 4,5' e çıkararak dünyanın en büyük enerji tüketimi kullanıcıları haline geleceğinden bahsetmişlerdir. Çalışmalarında küresel veri merkezlerinin gelecekteki enerji tüketimini ve karbon emisyonlarını tahmin etmek ve analiz etmek için; enerji tüketimi tahmini için küresel veri merkezi trafiğine ve PUE' ye dayalı yeni bir yöntem sunulması gerektiğinden de bahsetmişlerdir (Liu ve ark 2020).

2015' te Song ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada; veri merkezlerindeki toplam enerjinin yaklaşık %40'ının BT ekipmanını soğutmak için tüketildiğinden bahsedilmiştir. Bu nedenle soğutma maliyetleri, büyük veri merkezlerinin toplam elektrik faturasına en çok katkıda bulunan unsurlardan biridir. Yapılan çalışmada; veri merkezi soğutma enerjisi tüketimini etkileyen iki faktörün, yani hava akışı yönetiminin ve veri merkezinin konum seçiminin öneminden bahsedilmiştir. Bilgisayar odası iklimlendirmesi (Computer Room Air Conditioners - CRAC) soğutma sistemi ve hava tarafı ekonomizörü (Air Side Economizer - ASE) olmak üzere iki soğutma sistemi incelenmiştir. Bu iki soğutma sistemine dayanarak, dünya çapındaki veri merkezi konumlarından dört şehir seçilmiştir. Veri merkezi soğutması PUE, performans katsayısı (Coefficient of Performance – COP) ve soğutma grubu saatleri gibi bir dizi enerji verimliliği ölçümü araştırılmıştır. Soğutucu saatlerinin ve ekonomizör saatlerinin etkileri analiz edilerek, her iki sistemde soğutma gücü tüketiminin karşılaştırmalı ekonomik sonuçları gösterilmiştir. Sonuçlar, soğutma verimliliği ve işletme

maliyetlerinin farklı iklim koşulları, enerji fiyatları ve soğutma teknolojileri ile önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir. Hava tarafı ekonomizerini etkileyen en önemli faktörün iklim koşulları olduğundan, soğuk iklimde hava tarafı ekonomizörü kullanmak çok daha düşük enerji tüketimi ve işletme maliyetlerini sağladığından bahsedilmiştir (Song ve ark 2015).

Yapılan çalışmalar da gösteriyor ki; PUE, veri merkezindeki toplam elektriksel yükün yani toplam harcanan enerjinin, veri merkezlerinde kullanılan BT ekipmanları için harcanan güce oranıdır diyebiliriz. Günümüzdeki veri merkezlerinin PUE değerlerinin 1.2 ve daha altında olması gerekir. PUE'nin matematiksel değeri arttıkça o veri merkezinin verimi azalmaktadır.

Yapılan çalışmalardan farklı olarak Türkiye'de faaliyet gösteren 18 veri merkezinin verileri alınarak; şirketlerin PUE ve Karbon Kullanım Etkinliği (Carbon Usage Effectiveness – CUE) değerleri hesaplanmıştır. Bu verilerden yola çıkılarak veri merkezlerinin enerji verimliliklerini arttırmaları için birtakım önerilerde bulunulacaktır.

Katal ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, bulut bilişimin, 2006 yılından bu yana ivme kazanan ticari ve ekonomik bir paradigma olduğundan ve şu anda BT sektörünün en önemli teknolojisi olduğundan bahsedilmiştir. Bulut bilgi işlem kavramından enerji verimliliğine kadar, bulut pek çok tartışma konusu olmuştur. Yalnızca veri merkezlerinin enerji tüketimi 2016'da 200 TWh' den 2030'da 2967 TWh' ye yükseleceğinden bahsedilmiştir. Veri merkezleri, hizmet sağlamak için çok fazla güce ihtiyaç duyuyor ve bu da karbondioksit emisyonlarını arttırmıştır. Yapılan araştırmada, yeşil veri merkezleri oluşturmak için kullanılabilir ve bireysel yazılım düzeyinde güç yönetimini içeren yazılım tabanlı teknolojiler tartışılmıştır (Katal ve ark 2022).

Bharany ve arkadaşlarının yaptığı bir başka çalışmada ise ; enerji tüketimindeki ve karbondioksit emisyonundaki artışın çevremiz üzerinde korkunç bir etkiye neden olması nedeniyle, küresel ısınma günümüzün en zorlayıcı çevresel tehditlerinden biri olduğundan bahsedilmiştir. Veri merkezleri, bilgi işlem cihazları, ağ ekipmanları vb., esas olarak termik santrallerin ürettiği çok büyük miktarda enerji tüketirler. Enerji üretimi için öncelikle kömür ve petrol gibi fosil yakıtlar kullanılan bu santraller, küresel ısınma ozon tabakasının incilmesi gibi canlıların erken ölümlerine bile neden olabilen çeşitli çevre sorunlarına neden olduğundan bahsedilmiştir. Son araştırma trendi, dünya bu kavramların önemini kabul ettiğinden, enerji tüketimini ve yeşil alanları optimize etmeye doğru kaymıştır (Bharany ve ark 2022).

Chen ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada; dijital ekonomi ve internet tabanlı teknolojilerin hızlı küresel gelişimi ile birlikte, büyük miktarda BT ekipmanı içeren veri merkezleri için ultra yoğun, yüksek verimli enerji dağıtımı ve tedarikinin acilen gerekli hale geldiğinden bahsedilmiştir. Akım taşıma kapasitesinin sınırlandırılması ve geleneksel bakır baraların büyük omik kaybı göz önüne alındığında, yapılan bu çalışma; ultra yüksek akım taşıma kapasitesine ve kompakt boyuta sahip veri merkezleri için yüksek sıcaklıklı süper iletkenlerden bahsedilmiştir (Chen ve ark 2022).



3. VERİ MERKEZLERİ

3.1 Veri Merkezlerine Giriş

Veri merkezi denince akla; telekom, bilişim teknolojileri ve veri depolama sistemlerinin bir arada bulunduğu merkezler gelir. Bu sistemlerin bir diğer ismi sunucu odasıdır. Bu sistemler, tesislerdeki sunucularının da bulunduğu merkezlerdir.

Veri merkezleri Özel Veri Merkezleri ve İnternet Veri Merkezleri olmak üzere iki kategoriye ayrılırlar. Özel Veri Merkezi dediğimiz kavram bir kurum tarafından kendi hizmetlerini idrak etmek için kullanılır. İnternet Veri Merkezi ise başka kurumlara hizmet vermek için kullanılırlar.

Veri merkezlerindeki elektrik, mekanik ve güvenlik sistemleri veri merkezlerinde işlenip, saklanan verilerin önemine göre değişmektedirler. Veri merkezleri; dışarıdan gelebilecek tehlikelere karşı verinin güvenliğini de sağlamak üzere, yedek veri iletişim bağlantıları, yedek güç kaynakları ve merkez içerisindeki sistemleri soğutulması için iklimlendirme sistemlerini barındırırlar.

Veri merkezi kavramı, bilgisayar sistemlerinin ilk çağlarındaki büyük sistem odalarına dayanmaktadır. Veri Merkezleri sistemlerinde olduğu gibi ilk bilgisayar sistemlerinin işletimi, kurulumu ve bakımı oldukça zordu. İlk bilgisayar sistemlerinin kurulumu sırasında ekipmanların birbirine bağlanması çok sayıda kablunun bağlanmasıyla oluşturulmuştur. Çok sayıda donanımın birbirine bağlanması da farklı yolların ve farklı yöntemlerin kullanılmasına sebep olmuştur. Örnek vermek gerekirse; bilgisayar sistemlerinde kullanılan raflar, yükseltilmiş döşeme ve kablo tavaları şu anda veri merkezleri tarafından da kullanılmaktadır. Bu ekipmanların çoğu raflara monte edilmektedir (Günel ve ark 2017).

İlk bilgisayar sistemlerindeki bir ana bilgisayarın çok yüksek miktarlarda güç ihtiyacı vardı. Bu bilgisayarlar ısındığı zaman kendi sistemlerinin zarar görmemesi için soğutulması gerekirdi. Bu bilgisayarlar çok pahalı olmakla beraber, askeri amaçlarla kullanıldığı için güvenlik konusu son derece önem arz etmekteydi. Veriler çok önemli ve kritik olduğu için odalara giriş için yetkilendirilmiş personeller gerekiyordu.

Bilgisayarların ilk çıkmaya başladığı yıllarda, mikroişlemci teknolojisinin gelişmesiyle beraber bilgisayarlar birçok yerde kullanılmaya başlandı. Bu bilgisayarların çalışma koşulları pek önemsenmiyordu. Şirketler teknolojik donanımlarını kontrol etmek istiyorlardı fakat bilgisayar teknolojisi yeni ve karmaşık

yapıda olduğu için bunun pek imkânı yoktu. Mikroişlemciler, ağ mimarisinin gelişimiyle beraber ilk bilgisayarlardaki yerini almaya başlamışlardı. Ekipman fiyatlarının daha uygun fiyatlarda olması, ağ kablolarının yeni standartlarda olması, şirketler için sunucularını ayrı bir odaya koyma zorunluluğu getirmiştir. Bu şekilde olan sistemlere veri merkezi adı konmuştur. Bu terim günümüzde son derece yaygın olarak kullanılmaktadır.

1940-1950'lerde ilk bilgisayarların ortaya çıkmasıyla beraber veri merkezi anlam kazanmaya başlamıştır. Bu yıllarda kurulan bilgisayarlar çok büyük odalarda kuruluyordu. Bu bilgisayarların çok büyük sistemleri vardı. Çok büyük bilgisayarların olduğu bu yerlere veri merkezi adı verilmişti. Bilgisayar boyutlarının 1970-1980'li yıllarla küçülmesiyle beraber bu veri merkezleri de önemini kaybetmiştir. 1990'lı yıllarda dünya genelinde internetin yaygınlaşması ve 2000'li yıllarda da bulut sistemlerinin keşfiyle beraber veri merkezi kavramı tekrar önem kazanmaya başlamıştır. Veri merkezi kavramı günümüze kadar önemini katlayarak gelmiştir (Kennedy 2012).

Günümüzde veri merkezi kavramı o kadar önem kazanmıştır ki, şu anda her bir veri merkezi tesisi ticari birer tesis konumuna erişmişlerdir. Çok küçük denilebilecek bir işletmenin bile kendi bünyesinde kurduğu küçük bile olsa bir veri merkezi bulunmaktadır. Çünkü günümüz teknolojisinde veri merkezi kurma bir gereklilik haline gelmiştir. Firmaların veri merkezinde meydana gelen en küçük bir aksaklıkta faaliyetlerine ara vermesi, veri merkezi kavramının ne kadar önemli hale geldiğini kanıtlamaktadır.

Veri merkezlerinde gerçekleştirilen işlem kapasitesi küçük ise bir binanın büyük bir odasında kurulabileceği gibi; gerçekleştirilen işlem kapasitesi çok büyük ise büyük bir veri merkezi tesisi şeklinde de kurulup, tasarlanabilirler. Veri merkezinin kurulumunu ve tasarımını belirleyen en önemli unsurlar; ne kadar veri depolayıp, transfer edip, işleyebildiğidir. Veri merkezlerinin sınıflandırılma işlemleri Telekomünikasyon Endüstrisi Derneği (Telecommunications Industry Association - TIA) ve Uptime Institute gibi kuruluşlar tarafından yapılmaktadır. Bu sınıflandırma işlemi yapılırken de bazı şartlar göz önünde bulundurulmaktadır.

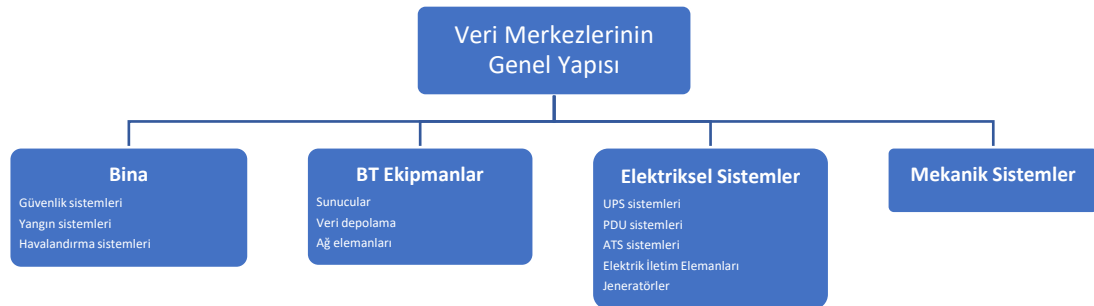
Veri merkezi kavramı son dönemde büyük önem kazanmıştır. Şirketler varlıklarını devam ettirebilmek, BT ekipmanlarını çalıştırmak için hızlı bir bağlantıya ve sürekli çalışan sistemlere ihtiyaç duymuşlardır. Küçük şirketlerin bu özellikteki donanımlara sahip olması pek mümkün görünmüyordu (Rolia ve ark 2000).

Veri merkezleri son dönemlerde büyük şirketler tarafından son derece önemli bir unsur olarak görülmüştür. İnternet üzerinden hizmet veren çoğu büyük kuruluş veri merkezi kavramını son derece önemsemektedir ve bu sayede büyük veri merkezleri kurulmaya başlanmıştır. Büyük veri merkezlerin kurulması, küçük şirketlerin bilgilerini saklaması, işlenmesi ve sunulması bakımından kolaylık sağlamıştır. Yeni uygulamalar ve teknolojilerle beraber veri merkezleri; güvenliği yüksek olan ve 7/24 prensibine göre çalışıp sürekli hizmet veren yönetilebilen tesisler haline gelmişlerdir (Szymański ve ark 2018).

Bulut teknolojisinin gelişmesiyle beraber, devlet kurumları da güvenlik, kurulabilirlik, tasarım ve çevresel etkiler gibi unsurları göz önünde bulundurarak veri merkezi kavramını önemsemeye başlamışlardır.

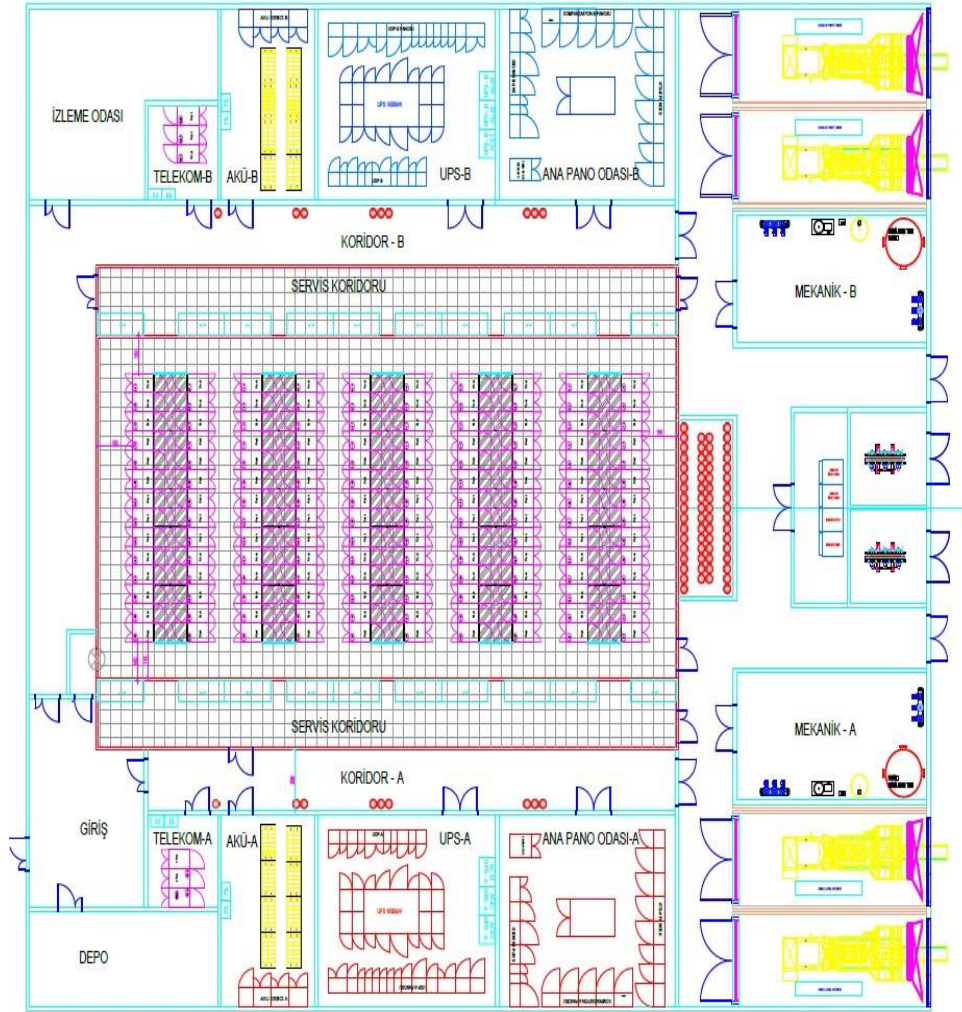
3.1.1. Veri merkezlerindeki genel yapı

Küçük veri merkezleri genel olarak tek bir oda içerisine yapılırken, büyük veri merkezleri birçok binadan yapılmış kompleks yapılardır. Küçük veri merkezleri ile büyük veri merkezleri arasında tesis yapısı olarak farklılıklar görülebilirken çalışma prensibi ve içerisindeki yapılar bakımından benzerlik göstermektedirler. Veri merkezlerinin genel yapısı kategoriler halinde aşağıdaki Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Veri merkezlerinin genel yapısı

Büyük bir veri merkezi içerisinde yer alan yapılar aşağıda gösterilmektedir. Büyük veri merkezlerinin genel yapısı Şekil 3.2’deki gibi gösterilebilir:



Şekil 3.2. Büyük bir veri merkezi yapısının AutoCad ile gösterilmesi (Şen 2019)

3.1.2. Veri merkezi için gereklilikler

TIA tarafından veri merkezi tasarlanırken yapılması gereken gereklilikler belirlenip, yayınlanmıştır.

Veri merkezleri önemli bilgileri yönetmesi, yerel veri tabanlarını merkezi şekilde birleştirmesi ve süreklilik içermesi açısından iş dünyasında son derece önemli yere sahip olmuşlardır.

TIA tarafından yayınlanan, "TIA-942 Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers" adlı yazıda, veri merkezleri tasarlanırken ya da kurulurken sahip olması gereken şartlar belirlenmiştir. Hangi boyutta olursa olsun bu şartların herhangi bir veri merkezi için uygulanabilir ve yapılabilir olması amaçlanmıştır (Holland 2002).

Telcordia ve iş temsilcileri tarafından ortak yapılan çalışma sonucunda veri merkezlerindeki Telekom ağları ve buldukları alan için kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler veri merkezlerindeki donanımlar için de uygulanabilir.

Bu donanımların aşağıdaki şartlar için kullanılması amaçlanmıştır:

- Herhangi bir kuruluşun Telekom ağlarını yönetmek ve işletmek için kullanılabilir,
- Herhangi bir Telekom şirketinin müşterisi olan insanlara direkt veri merkezi tabanlı uygulamalar sağlayabilmesi için kullanılabilir,
- Üçüncü kişilere kendi müşterileri için sunulması gereken uygulamaları sağlaması için kullanılabilir,
- Veri merkezi uygulamalarının birleşimini sağlamak için kullanılabilir.

Veri merkezi tasarımında ve veri merkezi kurulumunda tesis ve içindeki donanımlara dengeli şekilde yatırım yapmak gerekmektedir. Donanımların uygun bir şekilde yerleşimi için öncelikli olarak uygun bir tesis ortamının bulunması şarttır. Veri merkezlerindeki kayıpların az ve verimin çok olması isteniyorsa, veri merkezinin inşası ve projelendirilmesi aşamasında standartlaştırma ve modüler hale getirme işleminin son derece dikkatli yapılması gereklidir. Veri merkezinin modüler yapıda olması ilerleyen zamanlarda veri merkezinin büyütülmesi istendiğinde son derece kolaylık sağlayan bir özelliktir.

Karanlık veri merkezi, diğer adıyla ışısız veri merkezleri personele ihtiyaç duyulmayan, sade olağan dışı durumlarda girilen ideal veri merkezleridir. Tesisin çalışanı olmadığı için tesiste aydınlatma yoktur. Tesiste bulunan bütün sistemler uzaktan ve otomasyon sistemleriyle çalışmaktadırlar. Bu şekilde hem enerji verimliliği bakımından hem de personel çalıştırılmadığı için maddi olarak kazanç sağlanmaktadır. Aynı zamanda şehir merkezlerinden uzağa kurulmasından dolayı altyapı sistemine verilebilecek zararlar da engellenmiş olmaktadır.

Veri merkezlerinin performans ve enerji verimliliğinde artış sağlamak için, veri merkezlerinin modernize edilmesi, yeni bulut teknolojilerin kullanılması ve yeni bilgi teknolojileri donanımlarının kullanılması gerekmektedir.

Şirketlerin bilgi teknolojileri son derece hızlı bir şekilde büyümekteyken, veri merkezleri de aynı şekilde yaşlanıp eskimekte-dirler. IDC17 araştırma şirketi tarafından ortaya konulan çalışmada veri merkezlerinin ortalama yaşı 9 olarak ortaya konmuştur.

Uptime Institute tarafından Mayıs 2011 yılında yapılan anket çalışmasında şirketlerin BT kapasitesinin sonraki 18 ay içerisinde %36 tükeneceğini yazmıştır (Santhanam ve Keller 2018).

Veri merkezlerinin sürekli bir dönüşüm içerisinde olma sebebi veri artışını karşılayabilme isteğinden kaynaklanmaktadır. Veri merkezlerinin bu çalışması bütünleştirilen bazı çalışmalar yardımıyla zamana yayılarak yapılmaktadır. Veri merkezleri dönüşüm yaparlarken şu özelliklerden yararlanır:

Standartlaştırma/Birleştirme, Sanallaştırma, Otomasyon ve Güvenlik.

Standartlaştırma/Birleştirme: Standartlaştırmadaki ana hedef büyük veri merkezlerinin bünyesinde bulundurduğu veri merkezi sayısının azaltılmasını sağlamaktır. Buradaki amacın gerçekleşmesi için donanım ve yazılım platformlarından destek alınmaktadır. Buradaki işlemin yapılmasının ana amacı; yıllar geçtikçe fonksiyonları azalıp, yaşlanan veri merkezlerinin donanımlarının yeni donanımlarla değişimini sağlayıp, veri merkezlerinin kapasitelerini arttırmaktır.

Sanallaştırma: Bu özelliğin ana amacı; kullanılan fiziksel sunucunun makinelere bölünerek daha hızlı ve verimli çalışmasını amaçlamaktadır. Enerji tasarrufunun sağlanabilmesi için; farklı sunucuda çalışan uygulamaların tek sunucuya taşınarak daha az enerji sağlanması amaçlanmaktadır. Bu durum enerji maliyetlerinde gözle görülür bir düşüş meydana getirmesini de sağlayacaktır. Bu durumun başka bir avantajı da daha az sunucunun soğutulmasının sağlanması ve bu sayede de soğutma maliyetlerinin de daha az olması anlamına gelmektedir. Bunların hepsinin yanında bakım masraflarının azaltılması da bu özelliğin kullanılmasının avantajlarından biridir.

Otomasyon: Veri merkezlerindeki otomasyonun ön tedarikinin hazırlığı, yapılandırılması, onarımı, sürüm ve yazılım yönetiminin ve uyumluluğun otomatik olarak yapılması işlemidir. Veri merkezlerindeki işletim hatalarının en aza indirilmesi için otomasyon sistemleri son derece önemlidir. BT ekipmanlarının uzaktan otomatik bir şekilde kontrol edilmesini otomasyon sistemleri yapmaktadır. Otomasyon sistemlerinin yaptığı bu işlem sayesinde klima sistemlerinin, depolama cihazlarının, ağ donanımları ve enerji nakil hatlarının hata, yapılandırma, sürüm ve değişim yönetimlerinin yapılarak işletim hatalarının en aza indirilmesi sağlanır.

Güvenlik: Veri merkezlerindeki en önemli özelliklerden biridir. Tüm sistemler bir arada düşünülmelidir. Fiziksel güvenlik diğer sistemlerden bağımsız bir şekilde

düşünülmemelidir. Ağ güvenliği ve kullanıcı güvenliğiyle bir bütün halinde düşünülmelidir. Fiziksel altyapı güvenliği aynı zamanda sanal sistemlerdeki veri güvenliğiyle birleştirilmiş şekilde düşünülmelidir.

3.1.3. İnternet veri merkezlerinin sunduğu hizmetler

Veri merkezleri tarafından sunulan ana hizmetler, yer paylaşımı (co-location) ve barındırma (hosting) hizmetleridir. Bu hizmetlerin sunulması, yönetimlerin veri merkezi işletilmesine ya da hizmet alan şirkete ait olduğu farklı birleşimlerle yapılabilir.

Yer paylaşımı: Bu hizmet; kendi BT sistemini kullanan ve internet veri merkezinden hizmet alan tesisin, sistemlerini internet veri merkezine kurmasını, altyapı olanaklarından ve ağ altyapısından hizmet almasını sağlamak demektir.

Barındırma: Bu hizmet ev sahipliği anlamına gelmektedir. Yani bu hizmet herhangi bir kurumun kendi yaptığı iş doğrultusunda; kullandığı yazılım, bu merkezdeki sunucular ve depolama birimlerinin çalıştırılıp, bir internet veri merkezi yardımıyla işletilip, kullanılması demektir.

Veri merkezleri tarafından sunulan işlemleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- Veri tabanının yönetilmesi,
- Web yönetimi,
- Sunucuların yönetilmesi,
- Servis yönetimi,
- Konfigürasyon yönetimi
- Donanımların performans yönetimi,
- Kullanıcıların yönetilmesi,
- Ek güvenlik duvarlarının sağlanması,
- Veri ambarı uygulaması,
- Felaket kurtarma hizmetinin verilmesi,
- Sayısal sertifikanın sunulması

Şu an ki dönemde hizmet veren birçok veri merkezi kendilerine ve diğer şirketlere hizmet vermektedirler. Kendilerine ait sunucuları barındırdıkları gibi diğer şirketlerin sunucularını da kendi sistemlerinde barındırmaktadırlar. Şimdiye kadar kurulan birçok veri merkezi Google ve Amazon gibi çok büyük şirketlerin yapılarında bulunurlar. Bu şirketler kendilerine ya da diğer şirketlere ait sunucuları kendi bünyesinde barındırırlar. Bu sistemleri ortak yerleşim ya da bağımsız veri merkezleri şeklinde barındırabilirler.

3.1.4. Ağ bağımlı olmayan veri merkezleri

Bu veri merkezleri kullanıcılarına uygulamalarda ve içerik kullanımlarında kullanılmak üzere alan ve tesis sağlarlar. Alan ve tesis sağlamalarının yanında, ağ bağımlı olmayan veri merkezleri son kullanıcılara; yer paylaşımı, internet servisi sağlama, internet değişim noktası sağlama, içerik için dağıtım ağları sağlama, diğer ağ sağlayıcıları arasında seçim imkânı sağlayıp, bağlantı kurulumunun kolay olmasına olanak sağlarlar. Bu veri merkezleri, birçok servis ihtiyacı gerektiren işletmeler için aktif merkezler oluşturarak ideal yer olmaktadır.

Ağ bağımlı olmayan veri merkezleri; tedarikçilerden ağ, ekipman ve yazılım konularında bağımsızdırlar. Kullanıcılarına en kapsamlı hizmetler sunulurken tedarikçilerle herhangi bir yakınlık kurulmadan bağlantı sağlayıcıların kullanımı sağlanır. Bu sağlayıcıların içerisinde şirketlerin kendi ihtiyaç duydukları sağlayıcıların en iyisini seçmek mümkündür.

3.1.5. Veri merkezi kullanılabilirliği

TIA, veri merkezlerini gelişmişliklerine göre sınıflandırmak için Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (American National Standards Institute - ANSI) tarafından kurulan bir kurumdur TIA kurumu tarafından 2005 yılında yayınlanan “TIA-942 Telecommunications Infrastructure Standart for Data Centers” adlı çalışmada; veri merkezleri gelişmişliklerine göre dört seviyede sınıflandırılmıştır. 2008 ve 2010 yıllarında bu standartların güncellenmesi yapılmıştır (Dewandaru ve Bachtiar 2014).

Bilgisayar sistemlerinin en temel prensiplerinin izlendiği seviye Tier 1 seviyesidir. Tier 1 seviyesindeki veri merkezleri bir sunucu odasında bulunmaktadır.

Bilişim sistemlerine ev sahipliği yapması için tasarlanan en sıkı seviye ise Tier 4 seviyesidir. Bütün yardımcı sistemlerin yedeklemesi yapılmış ve girişlerinde biyometrik kontrol yöntemleriyle kontrol edilen güvenlik bölgelerine ayrılmışlardır.

Dört seviyeli kredilendirme programının telif hakkı, profesyonel bir düşünce hizmetler kuruluşu olan Uptime Institute adlı kuruma aittir. Kullanılabilirlik seviyesinin artması için Tier seviyesinin de artması gerekir.

Tier 1 seviyesi: Bu seviye genel olarak küçük işletmeleri ifade etmek için kullanılan seviyedir. Sistemler genel olarak yedeksiz olarak kullanılırlar (bilgisayar, mekanik, elektrik sistemleri vb.). 10 dakikadan daha fazla süren elektrik kesintilerine

karşı herhangi bir tedbir alınmamaktadır. Tahmini olarak %99,636 kullanılabilirlik sunmaktadır.

Tier 2 seviyesi: Orta ölçekli veri merkezleri için kullanılan seviyedir. Enerji ve soğutma sistemlerini kısmen yedeklerler. 24 saat süren bir elektrik kesintisine, jeneratör kullanmak şartıyla dayanabilmektedirler. Kullanılabilirlik seviyesi genel olarak %99,753'tir.

Tier 3 seviyesi: 72 saat sürebilecek enerji kesintilerine dayanabilmektedirler. Yedek olarak bilgisayar, mekanik ve elektrik sistemlerini barındırmalarının yanında hizmet sağlayıcılarını da barındırırlar. Tahmini kullanılabilirliği %99,983 seviyesindedir.

Tier 4 seviyesi: Tier 3 seviyesinin hemen hemen tüm özelliklerini taşımakla beraber, 96 saatlik kesintiye dayanabilen bir sistemi vardır. Bu sistemde çalışmak üzere 7/24 çalışabilecek bir ekibi vardır. Lokasyon seçimi bu seviye için çok önemli olup, bu seviye için ince elenip sık dokunulur. Tier 4 seviyesi için alınan güvenlik önlemleri çok yüksek seviyelerdedir.

%99,983 ile %99,995 arasındaki fark %0,012 olup uygulamaya göre son derece önemlidir. Bir yıldaki 870 saatlik süre (525.600 dakika) dikkate alınacak olursa, Tier 3 seviyesi 1 saat 34 dakika süresince kullanım dışı kalacakken, Tier 4 seviyesi ise 26 dakika boyunca kullanımda kalmayacaktır. Bu sayısal veriler eşliğinde, Tier 4 seviyesi, Tier 3'ten yaklaşık olarak 68 dakikadan daha fazla kullanımda kalacaktır. Bankalar için 1 saatlik süreyle kullanımda kalmamak çok büyük finansal kayıplara ve müşterileri tarafından büyük güven kayıplarına sebep olabilir. Bankalar için güven kaybına uğramamak çok önemli bir konu olduğu için, bankaların Tier 4 seviyesini kullanmaları gerekir (Rolia ve ark 2000).

3.2. Veri Merkezi Tasarımında Dikkat Edilecek Hususlar

Veri merkezleri kurulurken bir binanın yalnızca bir odasında olabileceği gibi, daha fazla odada ya da farklı katlardan da oluşabilir. Biraz daha büyük veri merkezleri bir binanın tamamında müstakil şekilde de olabilirler. Donanımların çoğu tek sıralar halinde genellikle aralarında koridor olan, 19 inçlik sunucuların monte edildiği kabin formundadırlar. Bu şekilde tasarlanan veri merkezlerindeki kabinlerin ön ve arka kısımlarına ulaşmak daha kolay olmaktadır.

Modüler bir şekilde kurulan büyük veri merkezlerinde sunuculara bakım yapmak çok daha kolay bir işlemdir. Modüler yapıda olan bu veri merkezleri için özel soğutma sistemleri kullanılır. Bu veri merkezleri modüler olmaları sebebiyle hızlı kurulabilme ve diğer veri merkezlerine göre daha fazla enerji verimliliği sağlamaktadırlar.

Veri merkezi tasarlanırken dikkat edilmesi gereken konulara aşağıdaki alt başlıklarda verilmiştir.

3.2.1. Tasarım planlama

Bu planlamaya, mimari planlama da denilmektedir. Projenin içeriğinin ne olduğuna karar verme ve projeye ilgili gereken bilgilerin araştırmasının yapılması bu aşamada yapılmaktadır. Veri merkezlerinin tasarımı yapılırken binayla ilgili mimari bilgiler haricinde; donanımların nereye yerleştirilmesi gerektiğinin belirlenmesinin gerektiği aşama bu aşamadır. Altyapı sistemlerinin planlanması (mekanik, elektrik vb.) ve teknolojik altyapı sistemlerinin belirlenmesi gibi unsurlar bu aşamada yapılmaktadır.

3.2.2. Modelleme kriterleri

Gelecekteki oluşabilecek senaryolara karşı hesaplamaların yapıldığı aşama bu aşamadır. Bu hesaplamalar arasında; güç hesaplamaları, soğutma masrafları gibi hesaplamalar yer almaktadır. Buradaki ana amaç; veri merkezinin üst düzey planlanması için gerekli olan donanım ve ekipmanlara ve veri merkezine ait adet, boyut ve yerleşimlerin yapıldığı, zemin planlamasının , güç ve soğutma teknolojilerinin düzenlemelerinin belirlendiği aşamadır (Loper ve Parr 2007).

3.2.3. Tasarım önerileri

Bu adımda modelleme kriterlerinden sonraki kriterler belirlenir. Tesisin genel kullanılabilirlik seviyesinin belirlendiği aşamadır. Veri merkezi için en uygun olan teknoloji altyapısı belirlenir. Veri merkezlerinin kritik güç kapasiteleri ve verimlilik değerleriyle beraber veri merkezinin güç gereksinimlerinin belirlendiği aşamadır. Merkezlerin soğutma kapasitelerinin belirlenmesi, ekipman başına düşen güç değerinin hesaplanması ve döşeme alanının tasarımı bu aşamada değerlendirilir.

3.2.4. Kavramsal tasarım

Önerilerin veya planların birleştirildiği kısım kavramsal tasarım aşamasıdır. Kurulacak olan veri merkezinin geleceğe yönelik senaryoları incelenip bütün işletimsel

ihtimallerin belirlendiği aşamadır. Veri merkezlerinin modüler yapıda olması sayesinde gelecekte oluşabilecek eklemeler kolay bir şekilde yapılabilir. Kat planlarının yapılması ve BT donanımların performans gösterirken ihtiyaçlarının belirlenmesi bu aşamada yapılmaktadır. Veri merkezlerinin döngülerine devam edebilmesi için hayati önem taşıyan BT ihtiyacı, enerji verimliliği, masrafların verimli bir şekilde yapılması ve tesisinin kullanılabilirliğinin planlandığı aşamadır.

3.2.5. Detay tasarımın yapılması

Kavramsal tasarım yapıldıktan sonra detay tasarımının yapılması aşamasına geçilir. Detay tasarımının yapılması, kavramsal tasarımın kâğıt üzerine dönüştürülmesi anlamına da gelmektedir. Tesisler için inşaat çizimlerinin yapılması, altyapı tasarımlarının çizimlerinin yapılması bu aşamada yapılır. BT donanımların tasarlanması, detaylı altyapı tasarımlarının yapılması ve bunlarla ilgili belgelerin hazırlanması detay tasarımının yapılması aşamasında gerçekleştirilir.

3.2.6. Mekanik altyapı tasarımının yapılması

Mekaniksel sistemlerin belirlenip, tasarım planlarının yapılması bu aşamada gerçekleştirilir. Mekanik sistemlerin görevi: veri merkezlerindeki ısıtma, iklimlendirme, nemlendirme ve nem giderme, uygun havalandırmanın yapılması ve veri merkezlerindeki ortamın sürdürülebilir olmasını sağlamaktır. Ortamdaki basıncın istenilen seviyede tutulmasını sağlamak da mekanik sistemlerin görevidir.

3.2.7. Elektrik altyapısının tasarımının yapılması

Veri merkezleri için kullanılacak olan güç kaynakları ve jeneratör sistemlerinin belirlenmesi, alınacak olan elektrik hizmetlerinin tasarımı ve planlarının yapılması, veri merkezlerinin iç tesisat tasarımlarının yapılması bu aşamada değerlendirilmesi gereken işlemlerdir.

3.2.8. Teknolojik altyapı tasarımının yapılması

Veri merkezlerindeki tüm telekom sistemlerinin tasarımının ve planlamasının yapıldığı aşamadır. Veri merkezlerinde kullanılan telekom sistemlerine örnek olarak; kablolama, telekom hizmetleri, anahtarlama donanımları, yönetim bağlantıları, klavye ve fare bağlantıları, ses ve modem bağlantıları, kopyalama ve yazıcı sistemleri

verilebilir. Veri merkezlerinde kullanılan WAN, LAN ve depolama ağlarının diğer eklentilerin uyarı sistemleriyle kurdukları etkileşimin planının yapıldığı aşamadır.

3.2.9. Kullanılabilirlik tahminleri

Veri merkezi kurmak için gereken sermaye ve masraflar, veri merkezi kullanılabilirliği ile doğru orantılıdır. Kullanılabilirlik seviyesi ne kadar fazla olursa, gereken sermaye ve yapılması gereken masraf da o kadar çok olur. Kullanılabilirlik seviyesini belirleyen hususlar şunlardır:

- İş gereksinimleri,
- BT sistemlerinin karakteristik analizleri,
- Finansal ve işletimsel risklerin belirlenmesi,
- Tahmini masraf analizi.

3.2.10. Yer seçimi

Veri merkezi kurulurken en önemli konulardan biri de yer seçimidir. Veri merkezinin kurulması için yer seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda gösterilmiştir:

- Elektrik şebekesine olan mesafesi,
- Ağ hizmetleri ve telekom altyapısı,
- Ulaşım yollarına olan uzaklığı,
- Acil durum hizmetleri,
- Veri merkezi kurulumunun yapılacağı bölgenin iklimi.

Veri merkezi kurulumunda ya da tasarımında bu hususlar dikkate alındığı zaman; masraf, risk ve güvenlik yönünden olumlu etkileri görülür. Yer seçiminde bölgenin ikliminin de dikkate alınması gerekir, iklim nasıl bir soğutma stratejisinin izleneceğini de belirleyen kriterdir. Veri merkezi kurulumunun yapılacağı bölgenin iklimi dikkate alındığı zaman, soğutma sistemleri açısından olumlu etkiler yaratılır.

3.2.11. Veri merkezinin modüler ve esnek yapıda olması

Veri merkezleri tasarlanırken gelecekte yapılabilecek eklentilerin ve değişimlerin dikkate alınması gerekmektedir. Veri merkezinin modüler ve esnek yapıda olması her değişime ve her geliştirilmeye kolaylıkla uyum sağlaması demektir. Veri merkezlerinde kurulan modüllerin esnek ve modüler yapıda olması, düzenleme

yapılmasının gerektiği durumlarda çok fazla masraf yapılmadan mevcut duruma kolayca uyum sağlamalarını sağlayabilirler.

3.2.12. Çevresel kontrol

Veri merkezlerinin fiziki çevrelerinin de son derece dikkatli bir şekilde analiz ve kontrol edilmesi gerekir. Veri merkezlerindeki sıcaklık ve nem gibi faktörlerin kontrolü için iklimlendirme sistemleri kullanılır. Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE), veri merkezlerindeki sıcaklığın 16-24 santigrat arası, nem oranının da %40-55 arası olmasını tavsiye etmektedir (Patterson ve ark 2013).

Veri merkezlerinde kullanılan elektrik sistemlerinin havayı ısıtması sonucu veri merkezlerindeki sıcaklık yükselir. Bu sıcaklık elektronik cihazlar için olumsuz sonuçlara sebep olmaktadır. Ortamın sıcaklığı sürekli kontrol edilerek, üretici firmanın belirlediği sıcaklıkta tutulması sağlanır. Soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin görevi; alan havasının, belli bir noktanın altında tutularak, havada nem miktarının kontrol altına alınmasını sağlamaktır.

Nemin çok fazla olması dahili parçalar üzerinde su yoğunlaşması oluşmasına sebep olur. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, son zamanlarda meydana gelen elektrostatik boşalma durumlarında azalma meydana gelmiştir. Veri merkezlerinde meydana gelebilecek olan elektrostatik boşalmaya karşı alınabilecek önlemler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Statik elektrik oluşumunu sağlayan ekipmanların kontrol altına alınması veya kontrol altına alınamayacak şekilde olan ekipmanların yalıtımının yapılması,
- Veri merkezlerinde görev yapan personellere uygun, kişisel koruyucu antistatik malzemelerin kullanılması,
- Veri merkezlerindeki kabinlerin kapalı tutulmasının sağlanması,
- Müdahalenin gerektiği durumlarda, bu işlemin uzman veya eğitilmiş personel tarafından yapılmasının sağlanması (Chong ve ark 2013).

Yeraltında kurulan veri merkezlerinin, geleneksel veri merkezlerine göre bazı avantajları vardır. Bunların en önemlisi; enerjinin az kullanılmasıyla beraber, soğutma

işlemi için kış mevsiminde dış havanın yoğun olarak kullanılmasıdır. Bu durum enerjiden tasarruf edilmesini sağlar.

3.2.13. Elektrik enerjisi

Veri merkezlerindeki en önemli sistemlerden birisidir. Veri merkezlerindeki kritik durumdaki sunucuların kesintisiz bir şekilde çalışmaları gerekir. Bunun için de sunuculara enerji sağlayan sistemlerin yedekli bir şekilde konumlandırılması ve planlanması gerekmektedir. Elektrik sistemlerinde bataryaların, güç kaynaklarının ve jeneratörlerin yedekli bir şekilde bulundurulmaları gerekmektedir. Oluşabilecek arızalara karşı müdahalenin derhal yapılması gerekmektedir buna uygun acil durum planlarının da belirlenmesi gerekmektedir.

3.2.14. Yangın koruma sistemlerinin tasarlanması

Veri merkezlerinde oluşabilecek yangınlara karşı, durumun en kısa sürede çözülebilmesi için duman detektörlerinin kullanılması gerekir. Duman detektörlerinin görevi; kanallar yardımıyla ortamın havasının emilmesini sağlayarak, emilen havanın cihazlara ulaşmasını sağlarlar. Duman detektörleri yardımıyla, kimyasal faktörler de kullanılarak ortamın oksijen miktarı azaltılır. Yangının söndürülme işlemi, su serpm tesisatından çok daha seri bir şekilde yapılır.

Duman detektörleri yangının ilk oluşum zamanında uyarı verirler. Sonrasında da devrenin enerjisinin kesilmesini sağlayıp, yangın söndürme ekipmanlarının devreye girerek yangının söndürülmesini sağlarlar. İlk müdahalenin yapılıp zaman kazanılmasını yangın koruma sistemleri sağlamaktadır

Yangının kontrol altına alınması için su serpm tesisatı da kullanılır. Su serpm tesisatı diğer donanımlardan en az 50 cm uzaklıkta kurulmalıdır.

Yangın koruma duvarları, pasif yangın koruma elemanlarına örnek olarak verilebilirler. Yangının belli bir kısımda sürmesini sağlayıp, diğer kısımlarına geçişine engel olan sistemlerdir.

3.2.15. Veri merkezlerinin güvenliği

Veri merkezleri için en önemli konulardan birisi güvenlidir. Veri merkezlerinin güvenliği için işinin ehli personelin olması gerekir.

3.2.16. Enerji kullanımı

Veri merkezlerinin en önemli konulardan birisi de enerji kullanımıdır. Bazı veri merkezlerinde kullanılan güç yoğunluğu miktarı, sıradan bir iş yerine göre yüzlerce kat daha fazladır. Bazı merkezlerde güç; birkaç sunucu ile kilowatt seviyelerinde olabilirken, megawatt seviyelerinde olabilen çok büyük veri merkezleri de vardır.

3.2.17. Enerji verimliliği

Veri merkezleri için enerji verimliliğini ölçmek için kullanılan değer PUE' dir. PUE değeri basit bir değer olarak gözükmese karşın, veri merkezlerindeki toplam gücün veri merkezinde kullanılan BT ekipmanların tükettiği güce oranı olarak ifade edilir. Soğutma sistemlerinin, elektrik tesisatlarının ve aydınlatma gibi tesis altyapılarının yaptığı tüketimlere, BT ekipmanlarının neden olduğu genel gider güç değeri olarak ifade edilir.

ABD'deki ortalama bir veri merkezinin PUE değeri 2.0 seviyesindedir. Bu PUE değeri veri merkezinde BT donanımlar için tüketilen enerji kadar, destek donanımlarına da aynı miktarda enerji tüketildiğini göstermektedir. PUE değerinin düşük olması demek, veri merkezlerinin verimlilik değerlerinin o derece yüksek olması anlamına gelmektedir (Sharma ve ark 2015).

3.2.18. Güç analizi ve soğutma analizlerinin yapılması

Güç analizi ve soğutma analizlerinin bir diğer adı termal değerlendirmedir. Veri merkezlerindeki spesifik bölgelerdeki görece sıcaklık değerlerinin ölçülmesi sağlanır ve veri merkezlerindeki özel sıcaklık değerlerinin göz ardı edilebilmesine olanak tanınır. Bu analizlerin sağladığı faydalar aşağıda sıralanmıştır:

- Veri merkezlerindeki güç soğutma yoğunluğunun ne kadarlık alanı soğutması gerektiği belirlenir,
- Güç soğutma yoğunluğunun daha fazla bir şekilde soğutulmuş bölgelere tespit edilmesi sağlanır,
- Kurulacak olan donanımların üst sınırının etkinliği sağlanır,
- Yükseltilmiş döşeme etkinliği sağlanır,
- İklimlendirme sistemlerinin en uygun şekilde belirlenmesi sağlanır,

3.2.19. Bilgisayar yardımıyla akışkanlar dinamiği analizinin yapılması

Veri merkezlerindeki termal koşulların daha iyi anlaşılabilmesi için, bu analizin çok gelişmiş cihaz ve teknikler yardımıyla yapılması gerekmektedir. Nümerik modelleme kullanılarak performans ve enerji tüketim değerlendirmelerinin yapılabilmesi için; sıcaklık, hava akışı ve basınç gibi değerlerin kullanılması gerekmektedir.

Bu değerlerin kullanılmasıyla elde edilen verilerin analiz edilmesi sonucunda; yoğunluğu yüksek olan kabinlerin, yoğunluğu düşük olan kabinlerle kullanımı sonucunda oluşabilecek sorunlar belirlenmiş olur. Aynı zamanda bu değerlerin soğutma sistemleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, altyapı sistemlerinde yapılmış olan eksiklerin giderilmesinde ve genel iklimlendirme sisteminde oluşabilecek arızaların tespit edilmesinde bu yöntem kullanılır (Cole 2011).

3.2.20. Termal alan planlamasının yapılması

Veri merkezlerinde sıcak ve soğuk bölgelerin üç boyutlu plan şeklinde gösterilmeleri son derece önemlidir. Bu yöntem sensörler ve bilgisayar destekli modellemeler kullanılarak yapılır. Termal alan planlaması sayesinde donanımların kendilerine en uygun olan yerlere yerleştirilmeleri sağlanır. Örneğin; kritik sunucuların konumlandırılması gereken en uygun yer, yedek klima üniteli soğuk bölgelerdir.

3.2.21. Ağ altyapı tasarımının yapılması

Günümüzde kurulan veri merkezi ağlarındaki iletişimin sağlanması en yaygın olarak IP protokolü kullanılarak yapılmaktadır. Sunucular ve dış dünya arasındaki iletişimin sağlanması için yönlendiricilerin ve anahtarlama elemanlarının kullanılması gerekir. İki veya daha fazla servis sağlayıcı tarafından, internet bağlantısının fazla sayıda gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır.

Temel internet ve intranet hizmetlerinin kullanımın sağlanması veri merkezindeki bazı sunucuların yardımıyla yapılmaktadır (e-posta sunucuları, proxy sunucular ve Alan Adı Sistemi (Domain Name System – DNS) sunucuları). Ağ güvenlik elemanları genellikle konuşlandırılırlar. Ağ sistemlerini ve uygulamaların bazılarını izlemekle görevli sistemler şunlardır:

- Güvenlik duvarları,
- Sanal Özel Ağ (Virtual Private Network – VPN),

- Ağ geçitleri,
- Saldırı Tespit Sistemleri (Intrusion Prevention System – IPS).

Veri merkezlerinin içerisine kapalı alanları izleme sistemleri de kurulabilir. Bu sistemler veri merkezleri içerisindeki iletişimin kopmasından dolayı oluşabilecek arızalara karşı ilave güvenlik sistemleri olarak karşımıza çıkarlar. Veri merkezlerinin ağlarındaki altyapı hizmetleri kullanıcılarının taleplerine göre oluşturulurlar. Bu hizmetler genel olarak ulusal ve uluslararası ağlardaki yedekli bağlantı, ağ güvenliği, LAN bağlantısı ve kablolama şeklinde olabilirler (Kachris ve Tomkos 2012).

3.2.22. Veri merkezlerinde uygun altyapı yönetiminin yapılması

BT ve tesis yönetimi esas olarak; veri merkezinin yönetilmesi, izlenmesi ve kapasite planlamasının akıllı bir şekilde yapılarak, bu sistemleri merkezi bir şekilde getirmek için birleştirilmesi anlamına gelmektedir. Bu yönetimin verimli bir şekilde yapılabilmesi için; yazılım, donanım ve sensörlerin işletiminin güzel bir şekilde yapılması gerekmektedir. Veri merkezlerindeki altyapı yönetimi; veri merkezlerini gerçek zamanlı olarak, bir bütün olarak izleyebilme imkânı sağlamaktadır. Oluşturulan yönetimsel ürünler işletmenin risk ve eksiklerini görme ve bu eksikliklere gerekli önlemleri alma olanağı sağlar. Aynı zamanda yöneticilerin BT ve tesis yapıları arasındaki ilişkileri inceleyerek tanınmasını, sistemlerin yedeklilik durumlarında oluşan boşlukları doldurmalarını, güç ve performans analizlerini doğru bir şekilde yapma olanağı sağlarlar.

3.2.23. Uygulamalar

Veri merkezlerinin kurulmasının ana amacı; sistemlerin temel işlerini yaparak, verilerini işletebilen uygulamaların kolayca çalışmasını sağlamaktır. Bu tür sistemleri merkezleri kendileri yapabilir ya da tescilli olarak kurulan firmalar yardımıyla da yapabilirler. Bu uygulamalar Kurumsal Kaynak Planlama (Enterprise Resource Planning – ERP) ve Müşteri İlişkileri Yönetimi (Customer Relations Management – CRM) sistemlerinden oluşurlar. Veri merkezleri, işletmelerin sürdürdükleri BT altyapısının destek ve yönetimi kısmının devamını sağlayabilirler.

Genel olarak kurulan uygulamalar, çok sayıda donanımdan oluşurlar ve her bir donanım bir uygulama kısmıyla ilgilenir ve onların çalışması için gereken şartları sağlarlar. Uygulamalar içerik olarak şu unsurlardan oluşurlar:

- Veri tabanları,
- Dosya sunucuları,
- Uygulama sunucuları,
- Ara yazılımlar.

Kurumlar veri merkezlerini sadece yedekleme için de kullanabilirler. Bazı veri merkezleri, veri yedeklemek için manyetik bant kullanarak veri kasetleri tarafından yapılmaktadırlar. Yedeklenen veriler lokal kasetler yardımıyla sunuculardan kopyalanabilirler.

Bazı büyük donanım firmaları oluşabilecek kötü senaryolara karşı hemen kurulabilecek modüler şekilde olan, mobil sistemler kurmuşlardır. Cisco sistemleri, Sun Modüler Veri Merkezi, IBM, HP, Google gibi firmaların kendilerine ait modüler mobil sistemleri vardır.

3.3. Yeşil Veri Merkezleri (Green Data Centers)

Yeşil veri merkezleri yani bir diğer adıyla sürdürülebilir veri merkezi, enerji tasarrufu sağlayan teknolojileri kullanan tesislerdir. Yeni sistemler, eski sistemlere göre daha verimli teknolojiden yararlanırlar.

İnternet teknolojilerinin günümüzde katlanarak büyümesi ve kullanımı ile veri merkezlerindeki güç tüketimi önemli ölçüde artmıştır. Ortaya çıkan çevresel etki, kamu bilincindeki artış, daha yüksek enerji maliyeti, yasal eylemler ve düzenlemeler nedeniyle şirketler üzerinde yeşil bir politika izlemeleri yönünde artan baskılar uygulanmıştır. Bu nedenlerle sürdürülebilir veri merkezlerinin oluşturulması çevre ve iş anlamında zorunlu hale gelmiştir.

Veri merkezleri var olan ekipmanlarını çalıştırmak için ve bu ekipmanlarını soğutmak için yani iki ana kullanım için güç kullanırlar. Var olan ekipmanların çalıştırılması için sunucu ve sistemlerin geliştirilmesi enerji verimliliği açısından olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Enerji verimliliğini sağlamanın bir başka yolu ise, soğutma masraflarının düşürülebilmesi için doğal yolların kullanılmasıdır. Ya da Google gibi bazı firmaların yaptığı gibi atık sular kullanılarak soğutma giderleri azaltılıp enerji verimliliği yükseltilebilir (Jin ve ark 2016).

Google ve Facebook gibi çok büyük veri merkezi olan kuruluşlar veri merkezlerini şehir merkezlerinden uzak yerlere kurmaktadır. Bu tarz veri merkezleri

sistemin büyüklüğünün aksine çok az sayıda personel kullanılmaktadır. Kurduğu veri merkezlerini enerji verimliliği açısından çok önemli seviyelere taşımak isteyen Google ve Facebook gibi büyük şirketler, enerji kullanımına dair bilgileri ve dokümanları şeffaf bir şekilde internette paylaşmaktadırlar (Hogan 2015).

3.3.1. Enerji kullanımı

Yüksek performanslı hesaplama tekniklerinin kullanımı, performans artışı için enerji tüketim ticaretini arttırmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu ortaya konan tahminlere göre, veri merkezlerinin dünyadaki küresel enerjinin yüzde üç ila yüzde beşini tükettiğini göstermektedir. AFCOM Veri Merkezi Durumu anketine göre, veri merkezi sağlayıcılarının yüzde 70'i raf başına güç yoğunluğunun 2013'ten bu yana önemli ölçüde arttığını belirtmiştir. Yöneticiler; veri merkezlerine güneş, rüzgar ve jeotermal enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları ile güç sağlamak için yeni yollar bulmak zorunda kalmışlardır. Veri merkezi güç tüketimini azaltmak için daha verimli teknolojiler geliştirilmiştir.

3.3.2. Ölçümler

Veri merkezlerindeki güç verimliliğini ölçmek için çeşitli ölçümler geliştirilmiştir. PUE ve CUE veri merkezlerinde enerji verimliliğini arttırmaya yönelik küresel bir konsorsiyum olan The Green Grid (TGG) tarafından oluşturulup sık kullanılan iki ölçüm aracıdır. Bu konu daha sonraki bölümde detaylı bir şekilde açıklanacaktır.

3.3.3. Sertifikalar

ABD'deki veri merkezleri yeşil veri merkezleri olarak sertifika almak için başvurabilir. En yaygın kullanılan yeşil bina derecelendirme sistemi Enerji ve Çevre Tasarımı Liderliği (Leadership in Energy and Environmental Design – LEED)'dir. ABD Yeşil Bina Konseyi tarafından geliştirilen birkaç kategori mevcuttur. Derecelendirmelere bağlı olarak veri merkezleri; gümüş, altın veya platin sertifikası alabilirler. Platin sertifikası, çevreye karşı sorumlu yapıların ve kaynakların verimli kullanımının en üst düzeyde olduğu veri merkezlerine verilir.



Şekil 3.1. ABD Yeşil Bina Konseyi Platin Sertifikası

Veri merkezleri, ABD Çevre Koruma Dairesi ve ABD Enerji Bakanlığı tarafından yürütülen bir girişimin parçası olan Energy Star tarafından Ulusal Veri Merkezi Enerji Bilgi Programı kapsamında da sertifikalandırılabilirler.

Program, enerji verimliliği için binaları ve tüketici ürünlerini sertifikalandırmaktadır. Yalnızca enerji performansı yüzde 25'in üzerinde olan veri merkezleri Energy Star sertifikası alabilir.



Şekil 3.2. Energy Star Sertifikası

4. VERİ MERKEZİ ÖRNEKLERİ

4.1. Türkiye’de Veri Merkezleri

Türkiye’de, gelişen teknolojiyle beraber son zamanlarda veri merkezi alanında çok büyük değişimler yaşanmaktadır. İnternetin en ulaşılabilir yerlere bile gitmesinden dolayı kullanıcı sayısında büyük artışlar olmaktadır. Telekom alanında büyük firmaların sürdürdüğü yoğun rekabetten ve BDDK (Bankacılık Denetleme ve Düzenleme Kurulu)’ nın bankalara zorunlu olarak veri merkezlerini Türkiye’de kurma şartı getirmesinden dolayı veri merkezi alanında büyük gelişmeler yaşanmaktadır. Türkiye son yıllarda yapılan düzenlemeler ve zorunluluklardan dolayı veri merkezi alanında tüm dünyada %60’lık büyüme oranıyla ilk sırada yer almıştır (Bircan ve ark 2019).

Türkiye’de kurumların verdikleri hizmet kalitesini geliştirmek ve vatandaşların kamu kurumlarından kaliteli hizmet almalarını sağlamak amacıyla büyük yatırımlar yapılmaktadır. E-devlet ve bazı hizmetlerin internet ortamına taşınmasından dolayı BT’ ye yapılan harcamalar son derece ciddi boyutlara ulaşmıştır.

4.2. Dünyadaki Veri Merkezlerine Örnekler

Birçok şirket mümkün olan her yerde maliyet tasarrufu sağlayan önlemler aramıştır ve bu durum da çevre için mükemmel olmanın yan etkisini oluşturmuştur. Veri merkezleri, güneş, rüzgâr, jeotermal ve hidroelektrik gibi yenilenebilir kaynaklardan giderek daha fazla güç almaktadır. Buna bazı yenilikçi soğutma çözümlerini eklediğinizde, dünyanın en yeşil tesislerinden bazıları olan yeni nesil veri merkezleri vardır (Koomey 2008). Dünya’daki veri merkezleri için örnekler aşağıdaki alt başlıklarda verilmiştir.

4.2.1. Apple

Apple uzun süredir veri merkezlerinde %100 yenilenebilir olma taahhüdü vermiş bir şirkettir. Bu taahhüt 2013’ te gerçekleşmiştir. Apple ayrıca gelecekteki tüm veri merkezlerinin yenilenebilir kaynaklara erişimi olan alanlarda inşa edilmesini istemektedir, bu nedenle şirket büyümeye devam ettikçe çevre imkanlarının da göz önünde bulundurularak devam edeceğini dile getirmektedir. 9 Nisan 2018’de Apple, küresel olarak %100 yenilenebilir enerji ile güçlendirildiğini açıkladı. Bu istatistiğe

Apple mağazaları, veri merkezleri, ofisler, ortak konum tesisleri ve tedarikçilerininin 23' ü dahil edilmiştir.

4.2.2. Verne Global

Verne Global, yüksek performanslı bilgi işlem dünyasının en büyük şirketlerinden biridir. İzlanda'nın Keflavik kentindeki Verne Global veri merkezi, her ikisi de İzlanda'da bol olan jeotermal ve hidroelektrik enerji şeklinde yenilenebilir enerji ile tamamen işletilmektedir. Dahası, Verne sistemlerinin elektrik üretim kapasitesinin sadece % 10' unu kullanmaktadır.

4.2.3. Facebook

Facebook, veri merkezlerinin her parçasını su tasarrufu sağlayan cihazlar kurarak, peyzaj için yerel bitki türlerini kullanarak ve minimum soğutma ve güç gerektiren mühendislik sistemlerini kullanarak enerji ve su tasarrufu sağlamak için özel olarak tasarlamıştır. Facebook'un 2013' ten bu yana inşa ettiği her veri merkezi % 100 temiz ve yenilenebilir enerji ile çalışmaktadır ve gelecekteki tüm veri merkezleri de bu kriterleri karşılamalıdır. Facebook ayrıca 2020 yılına kadar % 100 yenilenebilir enerji ile desteklenmeyi taahhüt etmiştir.

4.2.4. eBAY

eBay, yıllardır veri merkezleri sektöründe çalışmaktadır. Özellikle iki veri merkezi olan Project Topaz ve Project Mercury, enerji tüketim maliyetlerini azaltmak için kullanılmaktadır. Güney Ürdün'de bulunan Topaz Projesi, daha fazla soğutmanın gerektiği yerlerde kesin ölçümler almak için her rafta bulunan sıcaklık monitörlerini kullanmaktadır. Topaz, sürekli olarak soğuk havayı devasa bir veri merkezine pompalamak yerine, soğuk havayı en çok ihtiyaç duyulduğu yere göndererek maliyetleri % 50 oranında düşürerek ABD Yeşil Bina Konseyi'nin LEED sertifikasyon sisteminden altın statüsü kazanmıştır.

Öte yandan Mercury Projesi, sıcak Phoenix çölünde yer alan büyük, güce aç bir veri merkezi olarak inşa etmek için en ideal yer değildir. Buna rağmen, Merkür PUE' leri 1,04 gibi düşük bir seviyede kaydedilmiştir ve bu inanılmaz derecede düşük bir orandır. Merkür, sıcak havayı raflarından çıkarmak için bir su soğutma sistemi kullanır. Soğuk suları sunucu odalarından pompalar ve soğutulması için gönderir. Su soğutma havadan çok daha verimli olabilir ve eBay bunu Merkür ile başarmıştır.

4.2.5. Switch

Ortak yerleşim şirketi olan Switch, hepsi yenilenebilir enerjiyle çalışan birkaç veri merkezi işletmektedir. Aslında, tüm veri merkezlerinde %100 yenilenebilir enerji kullanarak Greenpeace'in 2017 Tıklama Temiz Raporu'nda mükemmel puan alan tek şirket olmuştur. Switch, soğutma sistemlerinden kimyasalları uzaklaştırmak, suyun korunmasını %400 oranında artırmak ve Las Vegas' taki veri merkezlerine tamamen güç verebilen kendi güneş çiftliklerini inşa etmek için önemli adımlar atmışlardır.

4.2.6. Google

Google, on yıldan uzun süredir devam eden çevresel çabalarıyla tanınan bir şirkettir. Şirket 2007 yılında karbon nötrdü ve 2017 yılında veri merkezlerinde % 100 yenilenebilirlik seviyesine ulaşmıştır. Google mümkün olduğunca buharlaşmalı soğutmayı kullanır, soğutmayı azaltmak için sunucu odalarındaki sıcaklığı yükseltirler ve enerji gereksinimlerini en aza indirmek için özel yüksek verimli sunucular oluşturmuşlardır.

4.2.7. Microsoft

Microsoft'un veri merkezleri bir süredir karbon açısından nötrdü ve şirket onları güçlendirmek için yenilenebilir enerji kullanımını geliştirmeye devam etmektedir. Microsoft'un yeşil veri merkezleri hakkında etkileyici olan, gelecekteki veri merkezleri için inşa edilir edilmez LEED sertifikalı olmalarını sağlayacak standart bir model oluşturmak için ABD Yeşil Bina Konseyi ile işbirliği halinde olmasındır.

4.2.8. Amazon

Amazon, yeşil enerji kullanım eksikliği nedeniyle eleştirilmiştir, ancak Greenpeace'in Click Clean raporunda kötü puan aldığı için işler değişti. Amazon, AWS (Amazon Web Service) veri merkezlerine güç sağlamak için bir dizi rüzgar ve güneş çiftliği inşa etmiştir, birçok ülkede karbon nötr tesislere sahip ve AWS veri merkezlerinde % 50' ye yakın yenilenebilir enerjiye sahiptirler. Nisan 2019' da Amazon; ABD, İrlanda ve İsveç' te bulunan üç yeni rüzgar çiftliğinin planlandığını duyurmuştur. Rüzgar santralleri, AWS veri merkezlerini Amazon'un % 100 yenilenebilir enerji hedefine yaklaştırmak için kullanılacaktır.

4.2.9. Other World Computing (OWC)

Other World Computing merkez ofisi Woodstock, Illinois' de ve jeotermal enerji ile ısıtılan ve soğutulan % 100 rüzgar enerjili bir tesise sahiptir. Tesisleri ayrıca yerinde bir güneş çiftliğine ve sağlam geri dönüşüm ve su koruma programlarına sahiptir, bu da OWC' yi sadece veri merkezinde değil, yukarıdan aşağı komple yeşil hale getirir. Şirket, mevcut en yüksek LEED platin sertifikasına sahiptir.

4.2.10. Equinix

Equinix, tüm dünyada yeşil kalmak ve etkiyi en aza indirmek için benzersiz yollar bulmuş olan çeşitli veri merkezlerini işletmektedir. Toronto tesisi, veri merkezini ve diğer binaları soğutmak için Ontario Gölü'nün derinliklerinden su çekiyor. Frankfurt, hidrojen yakıt hücrelerinden gücünün % 24' ünü alıyor. Amsterdam ve Zürih veri merkezleri de enerji maliyetlerini düşürüyorlar. Equinix, 2018' de ABD'de kullanılan enerjinin % 95' inin yenilenebilir, Asya-Pasifik veri merkezlerinin % 75' i yenilenebilir enerji kullanan ve Avrupa'yla Orta Doğu'daki veri merkezlerinin % 90' ının yeşil veri merkezi kilometre taşlarına ulaştığını söyledi.

4.2.11. Yahoo

Yahoo, veri merkezlerini tavuk kümeslerine benzeyecek şekilde inşa ederek enerji maliyetlerini % 40 azalttı. Niagara, NY, veri merkezinde yüksek çatılı uzun ve dar bir tasarım kullanarak Yahoo, paranın karşılığını bir sürü pasif soğutma patlaması elde etmeyi başardı. Tavuk kümesi tasarımı, Verizon Yahoo' yu satın aldığı anda satışa sunulan patentlerden biridir ve diğer işletmelerin 1.1 PUE değerlerini sunabilecek modeli benimsemesini mümkün kılmıştır.

4.2.12. LinkedIn

LinkedIn' in Hillsboro, Oregon' daki veri merkezi 1,06 PUE puanına ulaşarak inanılmaz derecede enerji verimliliği sağladı. Yenilenebilir enerji ile % 100 çalışır ve sunucuları minimum maliyetle soğutmak için arka kapı soğutma ünitelerini kullanır.

Arka kapı soğutma, veri merkezleri için popüler bir seçimdir, çünkü sunucu egzoz fanlarının yakınındaki sıcak havayı yakalar ve asla odaya kaçmasına izin vermez. Bu, genel soğutma maliyetlerini düşürür ve makinelerin sürekli olarak soğuk hava pompalamasına gerek kalmadan verimli bir şekilde çalışmasını sağlar. LinkedIn ayrıca,

veri merkezini pasif olarak soğutmak ve aktif soğutma sistemlerinden daha fazla yük almak için su taraflı tasarruf teknolojisini kullanmaktadır.

4.2.13. Alibaba

Çin internet devi Alibaba kendi ülkesinde birden fazla yeşil veri merkezi kurdu ve aslında bunu yapan ilk şirket oldu. Hangzhou' da bulunan Alibaba' nın ilk yeşil veri merkezi, sunucu odalarındaki sıcaklığı kontrol etmek için serin göl suyu kullandı. Alibaba ayrıca, Hebei' nin kuzey eyaletinde bir veri merkezi kurdu ve Alibaba Cloud North veri merkezindeki sıcaklığı ücretsiz olarak kontrol etmek için soğuk havadan yararlandı.

Şirket, gelecekteki bir veri merkezinde kendi tasarımına sahip bir sıvı soğutma sistemini kullanmayı planlamaktadır. Sürükleyici soğutma, bilgisayar donanımını soğuk tutmanın en etkili ve çevre dostu yollarından biridir ve geleneksel bir veri merkezi için genellikle imkânsız olan 1.0 PUE puanlarına ulaşabilir. Alibaba ayrıca Ant Forest programı ile birkaç milyon ağaç dikerek enerji kullanımını dengelemeye yardımcı oldu.

4.2.14. Lg

Koreli elektronik şirketi LG' nin Busan veri merkezi, sunucularının sıcaklığını kontrol etmek için yerleşik bir dış klima sistemi kullanıyor. Sistem, sıcak havayı veri merkezinden soğutmak ve devir daim etmek için dış havayı kullanır ve sistemin sağladığı sekiz aylık ücretsiz soğutma sayesinde Brill Verimlilik Ödülü kazanır. Brill ödülünü kazanan LG, bunu dünyadaki veri merkezlerinin ilk % 0.1' ine yerleştirdiğini söyledi.

4.2.15. The Lefdal Mine Data Center

Bir şeyi serin tutmanız gerekiyorsa, onu derin yeraltından daha iyi bir yer ne olabilir? Lefdal Mine Veri Merkezi Norveç' te terk edilmiş bir madeni mağara gibi bir veri merkezine dönüştürüp, 1,15'lik PUE değerine sahiptir.

Lefdal Mine, kendisini serin tutmak ve güç üretmek için yakındaki bir fiyorttan su kullanıyor, bilgisayarlarını barındırmak için yeni bir yapı inşa etmek zorunda değildi, sıfır CO2 emisyonuna sahip ve net su kullanımını sıfırdır. Madenin kendisi çok büyüktür, minimum maliyetler ve çevresel etki için genişlemek için bolca alan sağlamaktadırlar.

4.2.16. Rackspace

İngiltere Crawley' deki Rackspace veri merkezi ülkenin en yeşil veri merkezlerinden biridir. Tasarruf ettiği enerji, büyük ölçüde enerji maliyetlerini %80 oranında azaltan pasif hava soğutma sağlayarak, yılda yaklaşık 10.000 eve güç sağlayabilir.

4.2.17. Green House Data Center

Green House Data' nın veri merkezi Cheyenne, Wyoming'dedir. Green House, ulusal ortalamanın %75 daha verimli olduğunu söylemektedir. 1,14 PUE puanı vardır, pasif soğutma kullanır ve konumu bölgenin coğrafi güvenliği nedeniyle seçilmiştir, bu da uzun vadede felaket kurtarma için daha az maliyet gerekli olacaktır.

4.2.18. Green Mountain

Norveç merkezli Green Mountain' in enerji açısından verimli birkaç veri merkezi vardır, ancak eski bir NATO cephane sığınağında inşa edilen bir yeraltı veri merkezi olan DC1-Stavanger bir verimlilik kralıdır. Yeraltı veri merkezi, kendi üçlü yedekli hidroelektrik şebekesinden %100 yenilenebilir enerji ile güçlendirilmiştir, bu da ona yeşil olmakla birlikte yaklaşık % 100 çalışma süresi sağlar. Stavanger ayrıca yakındaki fiyortlar kullanılarak pasif olarak soğutulur.

4.2.19. Iron Mountain

Iron Mountain, ABD' de birçok veri merkezini işletiyor, ancak Iron Mountain' in ortak olduğu rüzgâr çiftliği Ringer Hill, PA sayesinde hepsi yeşildir. Rüzgâr çiftliklerinden enerji çıkışı, Iron Mountain' in üç eyaletteki veri merkezlerine güç sağlamak için yeterlidir. Iron Mountain ayrıca güneş enerjisine yatırım yapmaktadır. ABD ve Kanada' daki çeşitli yeşil enerji projelerine yatırım yaparak veri merkezlerini genişletmeye devam ettikçe daha da yeşil hale gelmektedir.

5. MATERYAL VE METOTLAR

5.1 Materyal

“Ölçemediğin şeyi yönetemezsin” sözünde çok fazla gerçeklik payı vardır. Veri merkezindeki enerji verimliliğini yönetmek için, değişikliklerin etkisini ölçecek metriklere sahip olmak zorunludur. The Green Grid, veri merkezlerinde ve bilgi işlem ekosistemlerinde enerji verimliliğini geliştirmeye kendini adanmış şirketlerden olup, devlet kurumları ve eğitim kurumlarından oluşan küresel bir konsorsiyumdur.

The Green Grid, ölçümleri teşvik etmek ve dünya çapında işletmeler, akademi ve hükümetler için daha fazla veri merkezi enerji verimliliğini teşvik etmek için tanıtım raporları, teknik özetler, kitaplar ve makaleler oluşturmaktadır. The Green Grid ayrıca, ölçümleri kullanma konusunda ayrıntılı rehberlik sağlayan ve benzer hedef ve vizyonları destekleyen, devlet kurumları ve sivil toplum kuruluşları (STK'lar) ile ittifaklar geliştiren, teknik forumlara ev sahipliği yapıp bunları desteklemektedir.

The Green Grid, çeşitli ölçümlerin BT kuruluşlarının mevcut veri merkezlerinin enerji verimliliğini daha iyi anlamalarına ve iyileştirmelerine ve ayrıca yeni veri merkezi kurulumlarında daha akıllı kararlar almalarına yardımcı olabilecek kurumdur.

The Green Grid, CUE ve PUE' nin; BT kuruluşlarının mevcut veri merkezlerinin sürdürülebilirliğini, enerji verimliliğini daha iyi anlamalarını, iyileştirmelerine ve ayrıca yeni veri merkezi kurulumlarında daha akıllı kararlar almalarına yardımcı olabileceğine inanmaktadır. Ayrıca bu ölçümler, kuruluşların benzer veri merkezleriyle sonuçlarını karşılaştırması için olanak sağlamaktadır. Veri merkezlerinin enerji kullanımı ve karbon emisyonları şirketlerin büyüme, bina lokasyonları ve dış kaynak kullanma stratejileri konusundaki kararlarını etkilemektedir.

PUE, altyapı enerji verimliliğini ölçmek için etkili bir endüstri aracı olduğunu kanıtladığından, The Green Grid, endüstrinin operasyonel verimliliğini en üst düzeye çıkarmak, kaynaklar ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltmak için diğer boyutlardaki verimlilikleri teşvik etmesinin son derece önemli olduğuna inanmaktadır. Daha sürdürülebilir veri merkezleriyle, BT kuruluşları artan bilgi işlem, ağ ve depolama taleplerini daha iyi yönetebilmektedir. Enerji maliyetlerini azaltmak, toplam sahip olma maliyetini düşürürken, aynı zamanda rekabetçi kalarak gelecekteki iş ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir. Açıkçası, karbon vergilendirmesi ve enerji fiyatlarına ilişkin saha konumu riskleri, veri merkezleriyle ilgili karar vermede önemli faktörlerdir. Bu

konulara proaktif olarak odaklanan kuruluşlar iş risklerini azaltacak, büyüme potansiyellerini artıracak ve çevresel maliyetlerini daha iyi yöneteceklerdir.

5.2. Metotlar

5.2.1. Enerji verimlilik metrikleri

Bu bölümde, CUE ve PUE metriği tanıtılmaktadır. PUE ile birlikte CUE; veri merkezi operatörlerinin, veri merkezlerinin görece sürdürülebilirliğini hızlı bir şekilde değerlendirmesine, sonuçları karşılaştırmasına ve herhangi bir enerji verimliliği veya sürdürülebilir enerji iyileştirme yapılmasının gerekip gerekmediğini belirlemesine olanak tanır. PUE, sektörde geniş çapta benimsendiğinden, CUE metriği; PUE' nin doğal bir uzantısı olarak kabul edilmektedir.

5.2.1.1. Güç Kullanım Etkinliği (PUE)

PUE metriği, veri merkezlerinin enerji verimliliğini artırmaya odaklanan bir BT uzmanları derneği olan The Green Grid tarafından 2007 yılında icat edilmiştir.

PUE değeri, optimum veri merkezi verimliliğini temsil eder. Pratik anlamda, bir PUE değeri, veri merkezine giden tüm gücün BT ekipmanına güç sağlamak için kullanıldığı anlamına gelmektedir. 1' in üzerindeki herhangi bir değer, BT yükünü desteklemek için gereken veri merkezlerine ek yük olduğu anlamına gelir. İdeal olarak; veri merkezine giren tüm gücün, BT yüküne (sunucular, depolama ve ağ) güç sağlamak için kullanılması istenmektedir. PUE' nin ideal değeri 1' dir. Ancak gerçekçi olmak gerekirse, bu gücün bir kısmının soğutma, aydınlatma ve diğer destek altyapısını desteklemek için kullanılması gerekir. Kalan gücün bir kısmı güç sistemindeki kayıplar nedeniyle tüketilir. Kalan güç daha sonra BT yüküne hizmet vermeye devam eder.

Veri merkezlerinde enerji kullanımını ölçmek için kullanılan değerdir. Güç kullanım etkinliği aşağıda verilen Denklem 5.1 kullanılarak hesaplanır.

$$PUE = \frac{\rho}{\omega} \quad (5.1)$$

Denklem 5.1' de ρ veri merkezindeki toplam tesis gücünü, ω veri merkezindeki BT ekipman gücünü göstermektedir.

Bu oran, bir veri merkezinin her bir ekipmanına verilen her watt için **IT** ekipmanını korumak için ne kadar fazla enerjiye ihtiyacı olduğunu açıklayan orandır.

Bir veri merkezinin sahip olabileceği en iyi PUE; ekstra enerji kullanımı olmadan ideal durumda 1'dir.

PUE değerine bakıldığında; yapılan çalışmalar, endüstrideki ortalama PUE' nin 2.5 ila 3 arasında olduğunu göstermiştir. Yeni yapılan çalışmalarda ortalama PUE bu çerçevede kullanılarak yaklaşık 1.7'ye düşmüştür. PUE, veri merkezi endüstrisinin enerji verimliliğine kaymasını başlatmıştır.

Çizelge 5.1. PUE Verim Seviyesi

PUE	1,2	1,5	2	2,5
Verim Seviyesi	Çok Verimli	Verimli	Ortalama	Yetersiz

Çizelge 5.1' de, PUE verim seviyesine göre veri merkezleri 4 sınıfta toplanmışlardır:

- Çok verimli: PUE değeri 1.2-1.5 arasında olan veri merkezleri bu gruptadır. 1.2' den küçük değerlerde olan veri merkezleri ideale en yakın olan veri merkezleridir.
- Verimli: PUE değeri 1.5-2 arasında olan veri merkezleri bu grupta yer alır. Standart veri merkezlerinin bulunduğu gruptur.
- Ortalama: PUE değeri 2-2.5 arasında olan veri merkezleri bu grupta yer alır.
- Yetersiz: PUE değeri 2.5' ten büyük olan veri merkezleri bu grupta yer alır. Veri merkezleri için istenmeyen iyileştirilmesi gereken PUE değeridir.

5.2.1.2. Karbon Kullanım Etkinliği (CUE)

CUE, veri merkezlerinde enerji kullanımını ve sürdürülebilirliğini ölçmek için kullanılan diğer bir ölçümdür. CUE, veri merkezi topluluğunun veri oluşturma, işletmeye alma, işletme ve hizmetten çıkarma ile ilişkili enerji, çevresel, toplumsal ve sürdürülebilirlik uyumluluğu parametrelerini daha iyi yönetmesine yardımcı olmak için tasarlanmış ikinci metriği (PUE ile birlikte) temsil etmektedir.

PUE gibi, CUE de payda olarak toplam BT enerjisinin bilinen değerini kullanır. PUE için bir kez belirlendikten sonra, aynı değer yeni metrik için de payda olarak kullanılmalıdır. PUE' den farklı olarak CUE' nin boyutları vardır, PUE ise birimsizdir; değeri enerji bölü enerjidir.

Diğer bir önemli fark, değer aralığıdır. PUE' nin ideal değeri 1.0' dır, bu da sahada kullanılan tüm enerjinin BT ekipmanına gittiğini gösterir ve PUE için teorik bir üst sınır yoktur. CUE' nin 0,0 gibi ideal bir değeri vardır, bu da veri merkezinin

operasyonlarıyla ilişkili karbon kullanımının olmadığını gösterir. PUE gibi, CUE' nin de teorik bir üst sınırı yoktur.

Hem CUE hem de PUE, basitçe veri merkezinin operasyonlarını kapsar. Veri merkezi ve BT ekipmanının yaşam döngüsünün tüm çevresel yükünü kapsamazlar. Örneğin, BT ekipmanının imalatında ve ardından veri merkezine nakliyesinde üretilen karbonu belirlemeye çalışmak, metriği ölçmeyi, hesaplamayı veya kullanmayı çok zorlaştıracaktır. CUE değeri Denklem 5.2 kullanılarak hesaplanır.

$$CUE = \frac{C}{\omega} \quad (5.2)$$

Denklem 5.2' de; C veri merkezindeki sebep olan toplam CO₂ miktarını, ω ise veri merkezlerindeki BT ekipman gücünü göstermektedir.

Bu formülü ifade etmenin bir başka yolu, Karbondioksit Emisyon Faktörü' nün (CEF) kullanımını esas almaktır. Bu hesaplama aşağıda verilen Denklem 5.3 ile yapılabilir.

$$CUE = \frac{C}{P} * \frac{\rho}{\omega} \quad (5.3)$$

Denklem 5.3'te, P değeri enerji birimi olarak KWh cinsinden ifade edilir. CUE karbon emisyonunu dikkate alır, bu nedenle bir veri merkezinin sürdürülebilirliğini PUE' den daha doğru bir temsili olabilir; bazı veri merkezlerinin PUE' si düşük ancak karbon emisyonu yüksek olabilir. PUE ile kullanıldığında, bu ölçüm enerji verimliliğinin daha ayrıntılı incelenmesine izin verir.

5.2.2 Verimlilik hesaplamalarının yapılması

Bu çalışmada; veri merkezlerinin bileşenleri açıklanacak olup, veri merkezi tasarlanırken nelere dikkat edildiği anlatılmaktadır. Türkiye'de faaliyet gösteren farklı bölgelerdeki 18 veri merkezlerinin enerji verimlilik değerleri ve güç kullanım etkinliği hesaplanacaktır. Elde edilen enerji verimliliği ve güç kullanımlarına göre veri merkezleri sınıflandırılacaktır. Veri merkezlerinin enerji verimliliklerini arttıracak önerilerde bulunulacaktır.

Çizelge 5.2 de enerji verimlilik değerleri hesaplanacak olan kurumların bilgileri yer almaktadır. Bilgileri alınan veri merkezleri ticari kaygılardan dolayı isimlerinin kullanılmasına müsaade etmedikleri için veri merkezlerinin isimleri aşağıdaki Çizelge 5.2'deki gibi kodlanarak verilmiştir. Veri merkezi 1, VM-1 olarak kısaltılmıştır.

Veri merkezlerinden toplam tesis gücü, BT ekipman gücü, soğutma kapasitesi ve toplam CO₂ miktarı (kgCO₂/KWh) bilgileri toplanmıştır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Veri merkezlerinden alınan bilgilerin gösterilmesi

Veri Merkezleri	Toplam Tesis Gücü (ρ)	BT Ekipman Gücü (ω)	Soğutma Kapasitesi	Toplam CO ₂ Miktarı (C)
VM-1	2500 kW	1440 kW	1190 kW	0.385
VM-2	4550 kVA	3500 kW	2500 kW	0.745
VM-3	4200 kVA	3000 kW	2250 kW	0.630
VM-4	3500 kVA	2000 kW	1500 kW	0.435
VM-5	4000 kVA	1500 kW	1260 kW	0.445
VM-6	2750 kVA	1300 kW	1780 kW	0.560
VM-7	2500 kVA	1500 kW	1600 kW	0.620
VM-8	1000 kVA	800 kW	850 kW	0.250
VM-9	1250 kVA	800 kW	750 kW	0.300
VM-10	2400 kVA	1900 kW	1750 kW	0.425
VM-11	3200 kVA	1500 kW	1250 kW	0.545
VM-12	3900 kVA	3000 kW	2800 kW	0.735
VM-13	2200 kVA	1000 kW	850 kW	0.540
VM-14	2500 kVA	900 kW	800 kW	0.450
VM-15	3100 kVA	2600 kW	2500 kW	0.550
VM-16	2400 kVA	1500 kW	1250 kW	0.375
VM-17	2200 kVA	1100 kW	1000 kW	0.525
VM-18	2800 kVA	1800 kW	1500 kW	0.485

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

Veri merkezlerinden toplam tesis gücü, BT ekipman gücü, soğutma kapasitesi ve toplam CO₂ miktarı (kgCO₂/KWh) bilgileri toplanmıştır. Fakat burada yapılan hesaplamalarda Tesisin soğutma kapasitesi kullanılmamış sadece bilgi olarak verilmiştir. Veri merkezlerinin PUE ve CUE hesaplamalarında daha önceki bölümlerde verilen Denklem 5.1 ve Denklem 5.2 kullanılmıştır. Bu hesaplamalara örnek aşağıdaki gibi verilebilir.

$$PUE_{VM-1} = \frac{2500}{1440} = 1,74 \quad (6.1)$$

$$CUE_{VM-1} = \frac{0,385}{1440} = 2,674E - 04 \quad (6.2)$$

Yukarıda Eşitlik 6.1 kullanılarak VM-1'in PUE değeri ve Eşitlik 6.2 kullanılarak ise CUE değeri hesaplamasına örnek verilmiştir. Bu hesaplamalar diğer 17 veri merkezi için de hesaplanarak aşağıdaki Çizelge 6.1'de sunulmuştur.

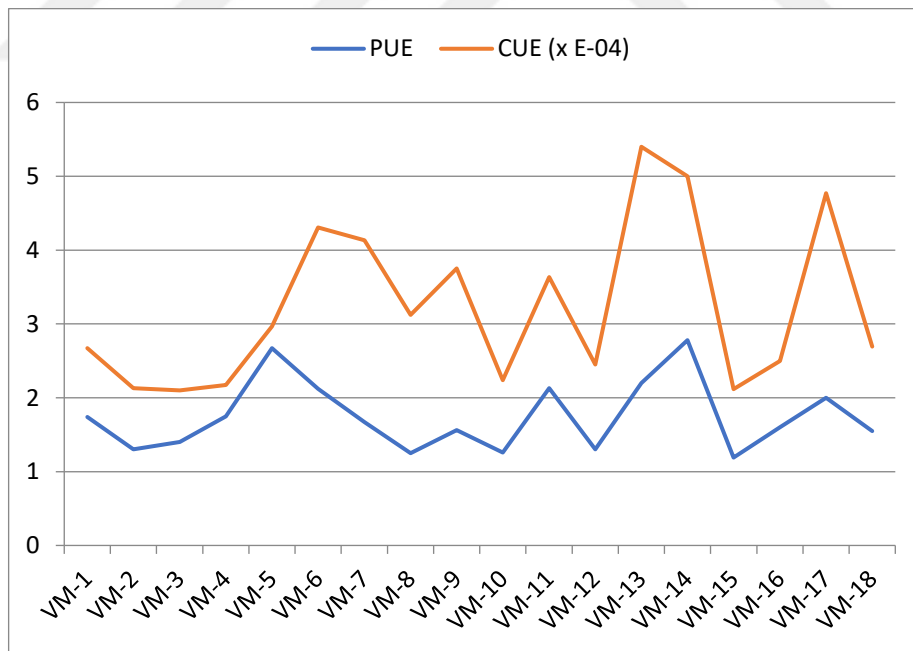
Çizelge 6.1. Türkiye'deki 18 veri merkezinin hesaplanan PUE ve CUE değerleri

Veri Merkezleri	Toplam Tesis Gücü	BT Ekipman Gücü (ω)	Soğutma Kapasitesi	Toplam CO ₂ Miktarı (C)	PUE	CUE	Şehir
VM-1	2500 kVA	1440 kW	1190 KW	0,385	1,74	2,674E-04	İSTANBUL
VM-2	4550 kVA	3500 kW	2500 kW	0,745	1,30	2,129E-04	İSTANBUL
VM-3	4200 kVA	3000 kW	2250 kW	0,630	1,40	2,100E-04	İSTANBUL
VM-4	3500 kVA	2000 kW	1500 kW	0,435	1,75	2,175E-04	BURSA
VM-5	4000 kVA	1500 kW	1260 kW	0,445	2,67	2,967E-04	İSTANBUL
VM-6	2750 kVA	1300 kW	1780 kW	0,560	2,12	4,308E-04	ANKARA
VM-7	2500 kVA	1500 kW	1600 kW	0,620	1,67	4,133E-04	İSTANBUL
VM-8	1000 kVA	800 kW	850 kW	0,250	1,25	3,125E-04	İZMİR
VM-9	1250 kVA	800 kW	750 kW	0,300	1,56	3,750E-04	İSTANBUL
VM-10	2400 kVA	1900 kW	1750 kW	0,425	1,26	2,237E-04	İSTANBUL
VM-11	3200 kVA	1500 kW	1250 kW	0,545	2,13	3,633E-04	İSTANBUL
VM-12	3900 kVA	3000 kW	2800 kW	0,735	1,30	2,450E-04	İSTANBUL
VM-13	2200 kVA	1000 kW	850 kW	0,540	2,20	5,400E-04	İSTANBUL
VM-14	2500 kVA	900 kW	800 kW	0,450	2,78	5,000E-04	İSTANBUL
VM-15	3100 kVA	2600 kW	2500 kW	0,550	1,19	2,115E-04	İSTANBUL
VM-16	2400 kVA	1500 kW	1250 kW	0,375	1,60	2,5E-04	ANKARA
VM-17	2200 kVA	1100 kW	1000 kW	0,525	2,00	4,772E-04	İSTANBUL
VM-18	2800 kVA	1800 kW	1500 kW	0,485	1,55	2,694E-04	İZMİR

Veri merkezlerinin tamamı için PUE ve CUE değerleri hesaplandıktan sonra daha önce verilen Çizelge 5.1'deki veri seviyelerine göre sonuçlar değerlendirildiğinde veri merkezleri verimlerine göre 4 sınıfta toplanmışlardır:

- Çok verimli: Bu sınıfta PUE değeri 1,2 - 1,5 arasında olan 6 tane veri merkezi bulunmaktadır (VM-2, VM-3, VM-8, VM-10, VM-12, VM-15). Bu gruptaki veri merkezleri ideale en yakın olan veri merkezleridir. Enerji verimlilikleri yüksek seviyelerdedir.
- Verimli: Bu sınıfta PUE değeri 1,5 - 2 arasında olan 6 tane veri merkezi bulunmaktadır (VM-1, VM-4, VM-7, VM-9, VM-16, VM-18).
- Ortalama: Bu sınıfta PUE değeri 2 - 2,5 arasında olan 4 tane veri merkezi bulunmaktadır (VM-6, VM-11, VM-13, VM-17).
- Yetersiz: Bu sınıfta PUE değeri 2,5' ten büyük olan 2 tane veri merkezi bulunmaktadır (VM-5, VM-14). Veri merkezleri için istenmeyen iyileştirilmesi gereken PUE değerleri bu grupta yer almaktadır.

Tüm veri merkezleri için elde edilen PUE ve CUE değerleri genel bir değerlendirme yapılabilmesi için grafik aşağıdaki Şekil 6.1'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Hesaplanan PUE ve CUE değerlerinin grafik şeklinde gösterilmesi

PUE, veri merkezlerinde enerji verimliliğini ölçmek için en sık kullanılan ölçüm olmasına rağmen, güvenilirliği hala tartışılmaktadır.

Bu çalışmamızın amacı: literatürde bulunmayan veri merkezlerinin özel çalışma bilgileri alınıp PUE ve CUE değerleri hesaplanıp, verimlilik değerlerine göre bu merkezlerin PUE ve CUE verimlilik değerlerinin daha da geliştirmelerine yardımcı olabilecek öneriler sunmaktır.

6.2 Öneriler

Veri merkezlerindeki çeşitli teknolojiler verimliliği artırır ve enerji tüketimini azaltır. Düşük güçlü sunucular, veri merkezlerindeki geleneksel sunuculardan daha fazla enerji tasarrufu sağlarlar. Performansı enerji tüketimi ile dengelemeye çalışan akıllı telefon bilişim teknolojilerini kullanırlar. İlk düşük güçlü sunucular 2012 yılında Dell ve Hewlett-Packard gibi büyük BT sağlayıcıları tarafından kullanıldı.

Doğru kullanıldığında düşük güçlü sunucular geleneksel sunuculardan daha verimli olabilirler. Veri merkezi verimliliği, azalan güç tüketimi ve soğutma tesislerinin işletme maliyeti üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilirler.

21. yy' da hızlı bir şekilde gelişen bulut ve mobil teknolojilerinin kullanımının artmasıyla beraber, son zamanlarda veri merkezleri önemli yere sahip olmuşlardır. Ve bu sayede hem dünyada hem de ülkemizde veri merkezleri sayısının artmasıyla beraber, bu merkezlerdeki depolanma da yükselmiştir.

Elektrik enerjisi harcamasının en fazla olduğu merkezlerin en tepelerinde veri merkezleri gelmektedir. Ülkemizde ve global olarak miktarları çoğalan bu merkezler elektriği son derece fazla kullanarak, kentlerin enerji tüketimi açısından büyük bir tehdit oluşturmaktadırlar.

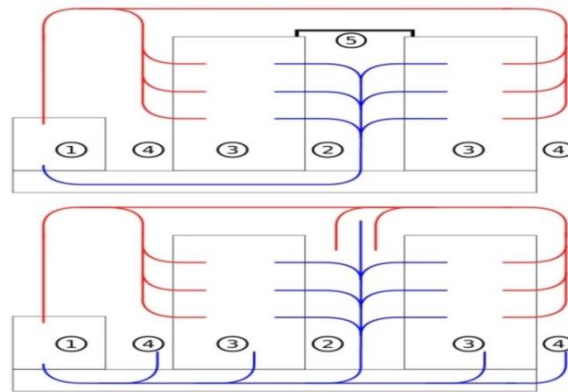
Enerjinin, özellikle de elektriğin son derece önemli olduğu günümüz teknolojisinde bu merkezlerin tükettiği aşırı miktardaki enerji, son zamanlarda birçok araştırmaya konu olmakla beraber bu sorunun çözümü için büyük bir çaba harcanmaktadır. Bu sorunla ortaya 'Veri Merkezi Verimliliği' adında yeni bir çalışma alanı ortaya çıkmıştır.

Son zamanların en önemli unsuru olarak gösterilen veri merkezlerinde yapılan tüm işlemler (Telekomünikasyon, bankacılık vb.) IT bileşenler yardımıyla yapılmaktadır. Bu IT bileşenlerde çok kısa süreli bile olsa, oluşacak olan elektrik kesintilerinde çok yüksek miktarlarda veri ve para kayıpları yaşanabilir. Veri merkezlerindeki bu sıkıntılar tasarım yapılırken dikkat edilmesi gereken unsurlardır. PUE ve CUE değerlerini daha verimli hale getirebilmek için bazı öneriler şunlardır:

- Modüler bir veri merkezi, veri kapasitesinin gerekli olduğu her yere yerleştirilebilen taşınabilir bir veri merkezidir. Geleneksel veri merkezleriyle karşılaştırıldıklarında; hızlı dağıtım, enerji verimliliği ve yüksek yoğunluk için tasarlanmışlardır. Bu hazır veri merkezleri günümüzde çok popüler olmuşlardır. HP EcoPod modüler veri merkezi, 1,05 inç PUE ve serbest hava soğutmalı 4000'den fazla veri merkezini desteklemektedir. Veri merkezinin modüler yapıda olması enerji verimliliğini etkileyen faktörlerden biridir.

- Soğuk koridor muhafazası olan ve olmayan sunucu raflarının şematik çizimi ve rakamlandırılmalarının anlamları aşağıdaki gibidir:

- (1) Dolaşım Hava soğutma cihazı
- (2) Soğuk koridor
- (3) Sunucu rafları
- (4) Sıcak koridor
- (5) Soğuk ve sıcak koridorlar arasındaki bariyer (Şekil 6.2)



Şekil 6.2. Hava Soğutma Sistemi

Serbest hava soğutma sistemlerinde geleneksel veri merkezi CRAC yerine dış mekân havalandırması kullanılır. Dış ortam havasının hala filtrelenmesi ve nemlendirilmesi gerekmesine rağmen, bu yöntemle bir veri merkezini soğutmak için çok daha az enerji gerekir. Dış hava sıcaklığı burada bir sorundur ve veri merkezinin konumu bu teknolojide kritik bir rol almaktadır.

- Bu yöntemde raf sıraları, sunucuların arkaları birbirine bakacak şekilde hizalanır. Havayı yakalamak için koridorlar kapalıdır. Sıcak koridorda sunucular tarafından üretilen ısı soğutma birimlerine pompalanır. Soğuk koridor muhafazasında, kapalı koridorlara soğuk hava pompalanır. Her iki muhafaza yöntemi de geleneksel soğutma teknolojilerinden daha etkilidir ve enerji tüketimini ve etkisini azaltmaya

yardımcı olabilir. Uygulanması daha zor olsa da sıcak koridor muhafazası, soğuk koridor muhafazasından daha etkilidir.

- Veri merkezleri elektrik enerjisi kullanır ve bu elektriğin yüzde 98'inden fazlasını ısı olarak bırakırlar. Atık ısı aktif olarak tekrar kullanılabilir ve bir veri merkezi, atık olmadan kapalı bir ısıtma sistemine dönüşür.

Örneğin:

- İsviçre' deki IBM Yeniden Kullanım Veri Merkezi' nin sıcaklığının yerel bir yüzme havuzunu ısıtması,
- Finlandiya' da Yandex ve Academica veri merkezlerinin 500-1000 evin kullandığı ısıyı veri merkezlerinin ısıyla değiştirmesi,
- Amazon' un Seattle' daki bir biyosfer projesi için yakındaki bir veri merkezinin ısını kullanması.
- Veri merkezlerinin verimli çalışması, cihazların ve sunucuların zarar görmesini önlemesi için bir miktar nem gereklidir. Ultrasonik nemlendirme, direnç buharlı nemlendiriciler gibi geleneksel yöntemlerden yüzde 90 daha az enerji kullanarak nem oluşturmak için ultrasonik nemlendirme kullanılabilir.
- Buharlaşmalı soğutma, suyun buharlaşmasıyla ısıyı azaltır. İki ana yöntem kullanılır: Buharlaşma pedleri ve yüksek basınçlı püskürtme sistemleri. Daha popüler bir yöntem olan buharlaşma pedleri ile hava pedlerden çekilir, bu da suyun buharlaşmasını ve havayı soğutmasını sağlar. Diğer teknik yüksek basınçlı püskürtme sistemleri ise daha geniş bir alana ihtiyaç duyar ve pompalarla daha fazla enerji tüketir. Buharlaşmalı soğutma coğrafi bölgeye ve mevsime bağlıdır, çünkü her ikisini de havanın nem seviyesi etkiler. Geleneksel mekanik soğutma sistemlerine kıyasla buharlaşmalı soğutma genellikle daha az elektrik kullanır.

KAYNAKLAR

- Bertoldi P. A market transformation programme for improving energy efficiency in data centres. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, 9.14-9.26.
- Bharany S, Sharma S, Khalaf OI, Abdulsahib GM, Al Humaimeedy AS, Aldhyani TH, Maashi M, Alkahtani H, 2022. A systematic survey on energy-efficient techniques in sustainable cloud computing. *Sustainability*, 14, 10, 6256.
- Bircan MA, Köksal Ç, Cımbız AT, 2019. Türkiye’deki STEM merkezlerinin incelenmesi ve STEM merkezi model önerisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 27, 3, 1033-45.
- Chen X, Jiang S, Chen Y, Lei Y, Zhang D, Zhang M, Gou H, Shen B, 2022. A 10 MW class data center with ultra-dense high-efficiency energy distribution: design and economic evaluation of superconducting DC busbar networks. *Energy*, 250, 123820.
- Chong FT, Heck MJ, Ranganathan P, Saleh AA, Wassel HM, 2013. Data center energy efficiency: Improving energy efficiency in data centers beyond technology scaling. *IEEE design & test*, 31, 1, 93-104.
- Cole D, 2011. Data center energy efficiency—looking beyond pue. No Limits Software, White Paper, 4.
- Dewandaru DS, Bachtiar A, 2014. Perancangan desain ruangan data center menggunakan standar TIA-942 (studi kasus: puslitbang jalan dan jembatan). *SESINDO 2014*, 2014.
- Goiri Í, Katsak W, Le K, Nguyen TD, Bianchini R, 2013. Parasol and greenswitch: Managing datacenters powered by renewable energy. *ACM SIGPLAN Notices*, 48, 4, 51-64.
- Günel S, Kaleli C, Bilge A, Hoşcan Y, 2017. Veri Merkezleri Üzerine Bir İnceleme.
- Hogan M, 2015. Facebook data storage centers as the archive’s underbelly. *Television & New Media*, 16, 1, 3-18.
- Holland M, (2002). Guide to citing internet sources [Online]. Poole: Bournemouth University.
- Jin X, Zhang F, Vasilakos AV, Liu Z, 2016. Green data centers: A survey, perspectives, and future directions. *arXiv preprint arXiv:1608.00687*.
- Kachris C, Tomkos I, 2012. A survey on optical interconnects for data centers. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 14, 4, 1021-36.
- Kamiya G, 2020. Data centres and data transmission networks.
- Katal A, Dahiya S, Choudhury T, 2022. Energy efficiency in cloud computing data centers: a survey on software technologies. *Cluster Computing*, 1-31.
- Kennedy D, 2012. Ramification of server airflow leakage in data centers with aisle containment. Tate Access Floors, Jessup, MD, White Paper.
- Koomey J, 2011. Growth in data center electricity use 2005 to 2010. A report by Analytical Press, completed at the request of The New York Times, 9, 2011, 161.
- Koomey JG, (2007). Estimating total power consumption by servers in the US and the world, February.
- Koomey JG, 2008. Worldwide electricity used in data centers. *Environmental research letters*, 3, 3, 034008.
- Lei N, Masanet E, 2020. Statistical analysis for predicting location-specific data center PUE and its improvement potential. *Energy*, 201, 117556.

- Liu Y, Wei X, Xiao J, Liu Z, Xu Y, Tian Y, 2020. Energy consumption and emission mitigation prediction based on data center traffic and PUE for global data centers. *Global Energy Interconnection*, 3, 3, 272-82.
- Loper J, Parr S, 2007. Energy efficiency in data centers: A new policy frontier. *Environmental Quality Management*, 16, 4, 83-97.
- Patterson MK, Martin R, Von Oehsen JB, Pepin J, Joshi Y, Arghode VK, Steinbrecher R, King J. A field investigation into the limits of high-density air-cooling. *International Electronic Packaging Technical Conference and Exhibition*, V002T09A13.
- Rasmussen N, 2006. Implementing energy efficient data centers, *American Power Conversion West Kingston*, p.
- Rolia J, Singhal S, Friedrich R, 2000. Adaptive internet data centers. *SSGRR'00*.
- Santhanam A, Keller C, 2018. The Role of Data Centres in Advancing Green IT: A Literature Review. *Journal of Soft Computing and Decision Support Systems*, 5, 1, 9-26.
- Sharma M, Arunachalam K, Sharma D, 2015. Analyzing the data center efficiency by using PUE to make data centers more energy efficient by reducing the electrical consumption and exploring new strategies. *Procedia Computer Science*, 48, 142-8.
- Song Z, Zhang X, Eriksson C, 2015. Data center energy and cost saving evaluation. *Energy Procedia*, 75, 1255-60.
- Szymański A, Wróblewski W, Frączek D, Bochon K, Dykas S, Marugi K, 2018. Optimization of the straight-through labyrinth seal with a smooth land. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 140, 12.
- Şen E, 2019. Veri merkezlerinde enerji verimliliğini artırıcı yöntemler, *Enerji Enstitüsü*.
- Uddin M, Shah A, Alsaqour R, 2013. Implementation of virtualization in data centers to increase proficiency and performance.
- Van Heddeghem W, Lambert S, Lannoo B, Colle D, Pickavet M, Demeester P, 2014. Trends in worldwide ICT electricity consumption from 2007 to 2012. *Computer Communications*, 50, 64-76.