



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİ İŞLEM MERKEZLERİNDE LEED DC
STANDARTLARINA ULAŞILMASININ
TEKNO-EKONOMİK ANALİZİ

Latif AZMAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs -2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Latif AZMAN tarafından hazırlanan “Bilgi İşlem Merkezlerinde Leed Dc Standartlarına Ulaşılmasının Tekno-Ekonomik Analizi” adlı tez çalışması 02/05/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Rasim DOĞAN

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Gül Nihal GÜĞÜL

.....

Üye

Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. ÖMER FARUK YÜKSEL
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

Latif AZMAN

Tarih: / / 2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİ İŞLEM MERKEZLERİNDE LEED DC STANDARTLARINA ULAŞILMASININ TEKNO-EKONOMİK ANALİZİ

Latif AZMAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gül Nihal GÜĞÜL

2024, 73 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Gül Nihal GÜĞÜL
Dr. Öğr. Üyesi Rasim DOĞAN
Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN

Dünyada doğal kaynakların aşırı kullanımı, iklim değişikliği ve küresel ısınmaya sebep olmuştur. Küresel ısınma ile birlikte “sürdürülebilir kalkınma” kavramı ortaya çıkarmıştır. Sektörel enerji tüketiminde birinci sırada olan bina sektöründe enerji tüketimini azaltmak amacı ile “yeşil bina” kavramı ortaya çıkmıştır. Yeşil Bina Sertifika Sistemleri, yeşil bina projelerinin uygulanmaya başlamasıyla birlikte, binaların çevre dostu özelliklerine göre belge elde edebilmesi, yaygınlaşması ve teşvik edilmesi ile ortaya çıkmıştır.

Bilgi işlem merkezlerinin enerji tüketimi hızla artmaktadır. Bu durum, çevresel etkileri, enerji maliyetlerini ve sürdürülebilirlik endişelerini beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, enerji verimliliğini artırmak, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş yapmak ve daha verimli soğutma sistemleri gibi önlemler almak, bilgi işlem merkezlerinin enerji tüketimini kontrol etmek için önemli adımlardır.

Bu çalışma, SÜBİM'in yeşil bina sertifikası alması için bir yol haritası sunmaktadır. Enerji verimliliği ve atık yönetimi konularında SÜBİM'in zayıflıklarını belirleyerek geliştirme potansiyellerini ortaya koymaktadır. Çalışma, enerji tüketimini azaltmak ve çevresel etkileri minimize etmek için alınabilecek önlemleri vurgulamaktadır. Ayrıca, diğer kurumlar için de rehber niteliği taşıyarak sürdürülebilirlik çabalarına katkı sağlamaktadır.

Tez çalışmasında Selçuk Üniversitesi Bilgi İşlem Merkezi'ne LEED-DC sertifikası alınabilmesi için yapılması gereken iyileştirmelerin tekno ekonomik analizi yapılmıştır. Sertifikanın hak edilmesi sonucunda ise elde edilecek enerji ve su tasarrufu hesaplanmıştır.

Selçuk Üniversitesi Bilgi İşlem Merkezi için gereksinim duyulan 80.85 kWp gücüne sahip PV santralde; toplam 376.4 m² alanda PV panel ile 125,497 kWh elektrik üretecektir. Sistemin verimi % 12.1, yıllık özgül verimi 1551,65 kWh/kWp ve CO₂ yayınımindaki azalma miktarı 58962 kg/yıl olarak gerçekleşecektir. Sistemin net geri ödemesi 7,4 yıl olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, maliyet analizi olarak SÜBİM'in bahçesine kurulacak yağmur suyu sisteminin gideri hesaplanmıştır. Yapılan çözümlemeye göre yapının harcama değeri yaklaşık 45,394 \$ olduğu, yıllık 1612 m³'e yakın yağmur suyu toplanabileceği belirlenmiştir. Yeşil alan sulama suyu ihtiyacının toplanacak olan bu miktar %37.8'sini karşılayabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bilgi işlem merkezi, enerji tüketimi, LEED, yeşil bina

ABSTRACT

MS THESIS

TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF ACHIEVING LEED DC STANDARDS IN DATA CENTERS

Latif AZMAN

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE OF COMPUTER
ENGINEERING**

Advisor: Assist. Prof. Dr. Gül Nihal GÜĞÜL

2024, 73 Pages

Jury

Assist. Prof. Dr. Gül Nihal GÜĞÜL

Assist. Prof. Dr. Rasim DOĞAN

Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN

The excessive use of natural resources, climate change, and global warming have become significant concerns worldwide. Alongside global warming, the concept of "sustainable development" has emerged. In the building sector, which ranks first in sectoral energy consumption, the concept of "green building" has emerged with the aim of reducing energy consumption. Green Building Certification Systems have emerged with the implementation of green building projects, aiming to encourage and certify buildings based on their environmentally friendly features.

The energy consumption of data centers is rapidly increasing, leading to environmental impacts, energy costs, and sustainability concerns. Therefore, taking measures to increase energy efficiency, transition to renewable energy sources, and implement more efficient cooling systems are important steps in controlling the energy consumption of data centers.

This study provides a roadmap for obtaining a green building certificate for the Selçuk University Informatics Center (SÜBİM). By identifying weaknesses in energy efficiency and waste management, it highlights improvement potentials for SÜBİM. The study emphasizes measures that can be taken to reduce energy consumption and minimize environmental impacts, serving as a guide for other institutions and contributing to sustainability efforts.

In this thesis, a techno-economic analysis was conducted to identify the improvements needed for the Selçuk University Informatics Center to obtain LEED-DC certification.

The energy and water savings that would be achieved as a result of earning the certification were calculated. For the required 80.85 kWp capacity PV plant for the Selçuk University Informatics Center, a total of 376.4 m² of PV panels will generate 125,497 kWh of electricity. The system's efficiency is 12.1%, with an annual specific yield of 1551.65 kWh/kWp and a reduction in CO₂ emissions of 58,962 kg/year. The system's net payback period is determined to be 7.4 years. Additionally, a cost analysis was conducted for the rainwater harvesting system to be installed in the SÜBİM garden. According to the analysis, the cost of the structure is approximately \$45,394, and it is estimated that nearly 1612 m³ of rainwater can be collected annually. It is determined that this collected amount can meet 37.8% of the irrigation water demand for green areas.

Keywords: Data center, energy consumption, green building, LEED

ÖNSÖZ

Bu süreçte, bilgi ve tecrübeleriyle yol gösteren danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Gül Nihal GÜĞÜL'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında yanımda olan, içime huzur ve güven veren sevgili eşim Esmâ AZMAN'a, bana sevgi, hoşgörü ve desteklerini esirgemeyen çocuklarım Veysel Ömer AZMAN ve Miraç AZMAN'a sonsuz minnettarım.

Ayrıca, bu tezin yazım sürecinde yanımda olan ve başından beri desteğini esirgemeyen Uzm. Öğr. Fatih TARAĞÇI'ya derin teşekkürlerimi iletiyorum.

Latif AZMAN

KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgiler	3
1.1.1. Çevre dostu binalar, akıllı binalar, pasif binalar	4
1.1.2. Çevre dostu binalarda öne çıkan hususlar	5
1.2. Mevcut Sorun.....	7
1.3. Tezin Amaç ve Hedefleri	8
1.4. Tezin Kapsamı	9
1.5. Tezin Yapısı	9
2. ULUSLARARASI YEŞİL BİNA SERTİFİKA SİSTEMLERİ	10
2.1. Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Metodu	10
2.2. Alman Sürdürülebilir Yapı Sertifikası	12
2.3. Yapılar İçin Bir Çevresel Değerlendirme Metodu.....	12
2.4. Yeşil Yıldız	13
2.5. Binaların Çevresel Etkinliği İçin Detaylı Değerlendirme Sistemi.....	14
2.6. Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik (LEED)	14
3. KAYNAK ARAŞTIRMASI	22
3.1. BİM'in Bileşenleri	22
3.2. BİM'de Enerji Verimliliği	27
3.3. BİM'de LEED-DC Kullanılması	30
3.4. LEED-DC Sertifikasına Sahip Binalar	32
3.5. Literatürün Değerlendirilmesi.....	33
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
4.1. LEED-DC	34
4.2. PV*SOL	41
4.3. SÜBİM Mevcut Durumu	42
4.4. SÜBİM İçin Tekno-ekonomik Analiz:	46
4.4.1. Fotovoltaik sistemin teknik analizi	46
4.4.2. Yağmur suyu geri dönüşümü için teknik analiz	47
4.4.3. Geri ödeme süresi analizi.....	50
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	52

5.1. Enerji ve Atmosfer.....	52
5.1.1 PV santral için sonuçlar	52
5.2. Su Verimliliği	58
5.2.1. Yağmur suyu geri dönüşümü.....	58
5.3. Yerleşim ve Ulaşım	62
5.4. Sürdürülebilir Araziler	62
5.5. Malzeme ve Kaynaklar	63
5.6. İç Çevre Kalitesi	63
5.7. Yenilik	64
5.8. SÜBİM'in Hedeflenen Durum Sonuçları	64
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	66
6.1. Genel Sonuçlar.....	66
6.2. Öneriler	67
KAYNAKÇA.....	68
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

KISALTMALAR

ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
ASHRAE	:	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BEE	:	Bina Çevre Verimliliği
BİM	:	Bilgi işlem merkezi
BREEAM	:	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
BT	:	Bilgi Teknolojisi
Casbee	:	Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency
CO ₂	:	Karbon di oksit
DGNB	:	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
DIN	:	Deutsches Institut für Normung
GBC	:	Green Building Challenge
GBCA	:	Avustralya Yeşil Bina Konseyi
GBCI	:	Green Building Certification Institute
HVAC	:	Heating, Ventilating and Air Conditioning (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme)
IISBE	:	The International Initiative for a Sustainable Built Environment
IoT	:	Nesnelerin interneti
IR	:	Akım direnç
İGO	:	İç Getiri Oranı
İHA	:	İnsansız hava aracı
KWh	:	Kilowatt-saat
LEED-DC	:	Leadership Energy Environmental Design-Data Center
NBD	:	Net Bugünkü Değer
PUE	:	Power Usage Effectiveness (Güç Kullanım Etkinliği)
PV	:	Fotovoltaik (photovoltaic)
PVC	:	Poli Vinil Clorür
SÜBİM	:	Selçuk Üniversitesi Bilgi İşlem Merkezi
ULAKBİM	:	Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi
UPS	:	Kesintisiz güç kaynağı
USGBC	:	Amerika Birleşik Devletleri Yeşil Bina Konseyi
YÖK	:	Yüksek Öğretim Kurumları

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1. Küresel enerji talepleri, farklı enerji kaynaklarına göre değişkenlik gösteren ve büyüme oranlarına bağlı olarak şekillenen, toplam enerji tüketimi oranları

Çizelge 1.2. Dünya genelindeki elektrik üretimi, büyüme oranlarına bağlı olarak artan ve toplam enerji tüketim verileri

Çizelge 1.3. Dünyada artış oranları ve yayılım değerleri

Çizelge 2.1. Breeam dereceleri

Çizelge 2.2. Leed dereceleri

Çizelge 2.3. Sürdürülebilir araziler kategorisi kredileri

Çizelge 2.4. Enerji ve atmosfer kategorisi kredileri

Çizelge 2.5. Su verimliliği kategorisi kredileri

Çizelge 2.6. Malzeme ve kaynaklar kategorisi kredileri

Çizelge 2.7. İç ortam kalitesi kategorisi kredileri

Çizelge 2.8. Tasarımda yenilik kategorisi kredileri

Çizelge 2.9. Bölgesel öncelik kredileri kategorisi kredileri

Çizelge 2.10. Dünya genelindeki sertifikasyon sistemleri

Çizelge 3.1. Yeşil güç kullanımında en iyi BT şirketlerinin performansı

Çizelge 4.1. LEED-DC kategorileri

Çizelge 4.2. Mevcut BİM' in fiziksel özellikleri

Çizelge 4.3. SÜBİM ekipmanlarının listesi

Çizelge 4.4. PV modülünün teknik özellikleri

Çizelge 4.5. PV dizininin teknik özellikleri

Çizelge 4.6. Dönüştürücünün teknik özellikleri

Çizelge 5.1. Harcanan toplam elektrik

Çizelge 5.2. PV santralin tasarım değerleri

Çizelge 5.3. PV santralin değerleri

Çizelge 5.4. PV santralin sonuç değerleri

Çizelge 5.5. Konya'ya ait mevsimsel veriler

Çizelge 5.6. SÜBİM yeşil alanların sulama suyu ihtiyacı

Çizelge 5.7. Sitemin birim maliyet, miktar ve malzeme değerleri

Çizelge 5.8. SÜBİM'in sertifikalı puanı

ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1.1 2006-2020 Bilgi işlem merkezi elektrik tüketim eğilimi
Şekil 1.2. LEED-DC sertifikalı binalarının geleneksel binalara göre ek maliyeti
Şekil 2.1. Kriterlerin Avrupa için ağırlıkları
Şekil 3.1. Tipik BİM
Şekil 3.2. PUE 2.0'ın eski bir BİM'deki güç kayıpları
Şekil 3.3. BİM'de güç kullanımı
Şekil 3.4. PUE dağılımı (Veri sayısı ülkeye göre değişir)
Şekil 4.1. Dünyada Leed-DC sertifikası alan bilgi işlemlerin ülkelere göre sayısı
Şekil 4.2. PV*SOL Simülasyon Programı Ekran Görüntüsü
Şekil 4.3. SÜBİM'in kampüsteki konumu
Şekil 4.4. Yağmur suyu hasat edilecek çatı alanları
Şekil 5.1. PV elektrik üretim santralının tasarım şeması
Şekil 5.2. Panellerin görünümü
Şekil 5.3. Panellerin görünümü
Şekil 5.4. PV santralde üretilecek olan elektriğin aylara göre değişimi

1. GİRİŞ

Fosil yakıtların aşırı kullanımı sonucunda atmosfer sıcaklığı artış göstermiş ve bu durum iklim değişikliğiyle ilgili bir farkındalık durumunu tüm dünyada ortaya çıkarmıştır. Avrupa ülkelerinde sektörel enerji tüketimine ilişkin yapılan çalışmalar, binaların nihai enerji tüketimindeki payının yaklaşık % 40 olduğunu göstermektedir (Milcik, 2012). Türkiye'de ise bu oran %36 seviyesindedir (Tmmob, 2012). Bu durum, çevre dostu bina yapımına olan ilgiyi artırmış ve sürdürülebilir ilkelerle gelişen yeşil bina kavramının ortaya çıkmasına yol açmıştır (Akca, 2011). Yeşil binaların artan sayısında, performanslarının somut bir şekilde değerlendirilebilmesinde sertifika sistemleri önemli bir rol oynamaktadır. Yeşil Bina Değerlendirme Sistemleri, dünya genelinde yaygın olarak kullanılan ve yeni bir sektör olarak ortaya çıkan sistemlerdir. Bu sistemler arasında en yaygın olanlar şunlardır: Amerika'da LEED, Japonya'da CASBEE, Kanada'da SBtool, İngiltere'de BREEAM, Avustralya'da GREEN STAR ve Almanya'da DGNB (Çelik, 2016). Bina enerji sertifikasyon sistemleri, farklı amaçlara hizmet eden binaların enerji tüketimini, karbon ayak izini ve çevreye olan etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Nükleer ve yenilenebilir enerji, talep edilen büyümenin büyük bir bölümünü karşılarken, kömür ve gaz yakıtlı elektrik santralleri kaynaklı üretim, sektördeki CO₂ emisyonlarını % 2.5 oranında artırmıştır. 2018'e ilişkin enerji türlerine göre küresel enerji talepleri, elektrik üretimleri, geçen yıla göre büyüme oranları ve dünya genelindeki bölgesel CO₂ emisyon değerleri, Çizelge 1, Çizelge 2 ve Çizelge 3'te bulunmaktadır (Aytekin, 2019).

Çizelge 1.1. Küresel enerji talepleri, farklı enerji kaynaklarına göre değişkenlik gösteren ve büyüme oranlarına bağlı olarak şekillenen, toplam enerji tüketimi oranları (Aytekin, 2019)

Enerji Talebi (MTEP)	Büyüme Oranı (%)		Dağılım (%)	
	2018	2017-2018	2000	2018
Toplam Birincil Enerji Talebi	14,301	%2.3	%100	%100
Kömür	3,778	%0.7	%23	%26
Petrol	4,488	%1.2	%37	%31
Gaz	3,253	%4.6	%21	%23
Nükleer	710	%3.3	%7	%5
Hidro	364	%3.1	%2	%3
Biyokütle ve atık	1,418	%2.5	%10	%10
Yenilenebilir enerji	289	%14.0	%1	%2

Çizelge 1.2. Dünya genelindeki elektrik üretimi, büyüme oranlarına bağlı olarak artan ve toplam enerji tüketim verileri (Aytekin, 2019)

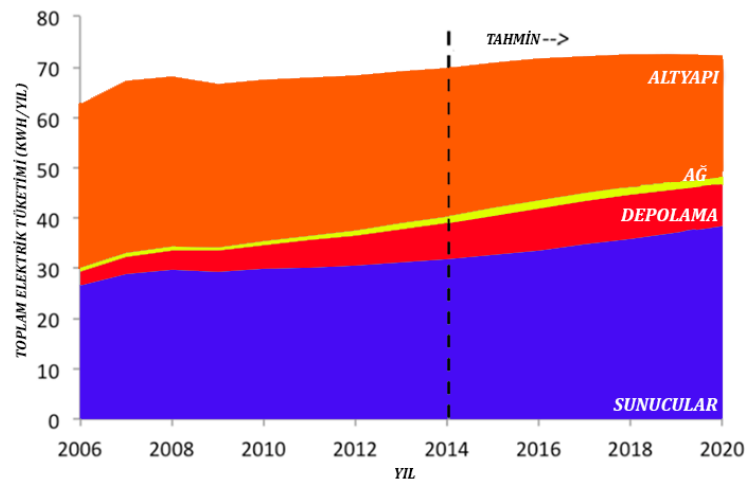
Elektrik Üretimi (TWh)	Büyüme Oranı (%)		Dağılım (%)	
	2018	2017-2018	2000	2018
Toplam Üretim	26,672	%3.9	%100	%100
Kömür	10,116	%2.6	%39	%38
Petrol	903	%-3.9	%8	%3
Gaz	6,091	%4.0	%18	%23
Nükleer	2,724	%3.3	%17	%10
Hidro	4,239	%3.1	%17	%16
Biyokütle ve atık	669	%7.4	%1	%3
Rüzgâr	1,217	%12.2	%0	%5
Fotovoltaik	570	%31.2	%0	%2
Diğer yenilenebilir enerji türleri	144	%4.2	%1	%1

Çizelge 1.3. Dünyada artış oranları ve yayılım değerleri (Aytekin, 2019)

	Toplam CO ₂ emisyonu (mTCO ₂)	Büyüme Oranı (%)
	2018	2017-2018
Çin	9,670	%2.52
Avrupa	4,056	%-1.24
ABD	5,228	%3.14
Hindistan	2,699	%4.84
Diğer ülkeler	11,749	%1.12
Toplam	33,402	%1.73

1.1. Genel Bilgiler

Bilişim sektörünün hızlı gelişimi ve bilişim teknolojilerinin ortaya çıkmasıyla birlikte, bilgi işlem merkezlerindeki (BİM) veri hacmi artmakta, süreçler uzamakta ve farklı veri türlerinin depolandığı ve yönetildiği alanlar oluşmaktadır. BİM'ler, veri depolama ekipmanları, işleme ekipmanları ve ilgili diğer ekipmanları içermekte olup, bu ekipmanların miktarı hızla artmaktadır. İstatistiklere dayanarak, dünya genelindeki BİM sayısı 2010 yılı sonunda Amerikan Gartner danışmanlık şirketi tarafından yapılan bir araştırmaya göre 3.39 milyon adete ulaşmıştır. Bu BİM'lerin çoğunluğu Amerika (960,000) ve Batı Avrupa (480,000) bölgelerinde bulunmakta olup, toplamın yarısını oluşturmaktadır. Çin de ise yaklaşık 270,000 BİM bulunmaktadır. BİM'lerin birim alan başına düşen enerji tüketimi, 2011 yılında sıradan kamu binalarının enerji tüketimiyle karşılaştırıldığında 50 milyar kilowatt-saat (KWh) civarındadır.

**Şekil 1.1** 2006-2020 Yılları bilgi işlemlerin elektrik tüketim grafiği (Shehabi ve ark., 2016)

Şekil 1.1'de belirtildiği gibi, BİM'deki sunucular ve veri depolama cihazları, enerji talepleri arttıkça soğutma sistemi ve diğer sistemlerin enerji tüketimini de artırmaktadır (Gökçül, 2023). Ülkemizdeki BİM'lerin enerji tüketimi ise bu miktarın onlarca katıdır ve 2015 yılına kadar toplam enerji tüketiminin 100 milyar KWh olması beklenmektedir. Bu, Three Gorges Hidroelektrik Santrali'nin yıllık üretimiyle eşdeğerdir. Bu BİM'lerin oluşturduğu karbon emisyonları ise toplamın % 2.6'sını oluşturacaktır. Bu nedenle, BİM'lerin enerji verimliliğinin artırılması ve çevresel etkilerinin azaltılması, bilgi endüstrisi ve inşaat endüstrisinin odaklandığı bir konu haline gelmiştir (Ji ve Han, 2015).

Yeşil BİM enerji verimli teknolojileri kullanan ve gereksiz enerji tüketiminden kaçınan BİM'lere verilen genel bir tanımdır. BİM'leri sertifikalandırmak amacıyla özel olarak Amerika Birleşik Devletleri Yeşil Bina Konseyi (USGBC) tarafından geliştirilen LEED-DC (Leadership in Energy and Environmental Design for Data Centers) sertifikası bulunmaktadır. Bu sertifika, sürdürülebilirlik ilkelerini benimseyen stratejilerin kullanımını teşvik eden bir dizi kuraldan oluşur. Aynı zamanda, çevreyle uyumlu mekanların inşasını destekleyen ve doğal kaynakların tasarımda verimli bir şekilde kullanılmasına izin veren bir sistem olan LEED-DC, sürdürülebilir binaları belgelendiren bir sistemdir. Bu sertifikasyon sistemi, binaların çevresel etkilerini azaltmak ve çevreye uyumlu uygulamaları teşvik etmek amacıyla geliştirilmiştir.

LEED, doğal kaynakların korunması, enerji verimliliği, su tasarrufu, iç mekân kalitesi, yenilenebilir enerji kullanımı ve sürdürülebilir malzemelerin kullanımı gibi bir dizi kriterin yerine getirilmesini değerlendirir. Bu kriterler, çevre dostu tasarım prensiplerine dayanır ve sürdürülebilir binaların inşa edilmesini teşvik eder.

Bu sertifikasyon, binaların çevresel performansını belgeleyerek, sürdürülebilirlik standartlarını karşılayan ve çevreye duyarlı tasarımları teşvik eden bir yol haritası sunar. Bu sistem, sürdürülebilirlik konusunda bilinçli kararlar almayı teşvik eder ve yeşil binaların yaygınlaşmasına katkıda bulunur. Bu sayede, çevreyle uyumlu binaların inşası ve doğal kaynakların daha verimli bir şekilde kullanılması hedeflenir.

1.1.1. Çevre dostu binalar, akıllı binalar, pasif binalar

- Akıllı binaların öncelikli amacı, gelişmiş teknolojilerden faydalanarak enerji tasarrufu yapmak ve yenilenebilir enerjileri kullanmaktır.

- Pasif binalar ise doğayla uyum içinde olmaya ve onunla bütünleşmeye odaklanmakta olup, neredeyse hiç enerji gerektirmeden doğal kaynaklardan en üst düzeyde faydalanmaktadır.

- Çevre Dostu ıstılahını, ekstra maliyeti %5'in altında olan ve enerji tasarrufu oldukça yüksek yapılar için kullanılmaktadır (Çalapkulu, 2020).

1.1.2. Çevre dostu binalarda öne çıkan hususlar

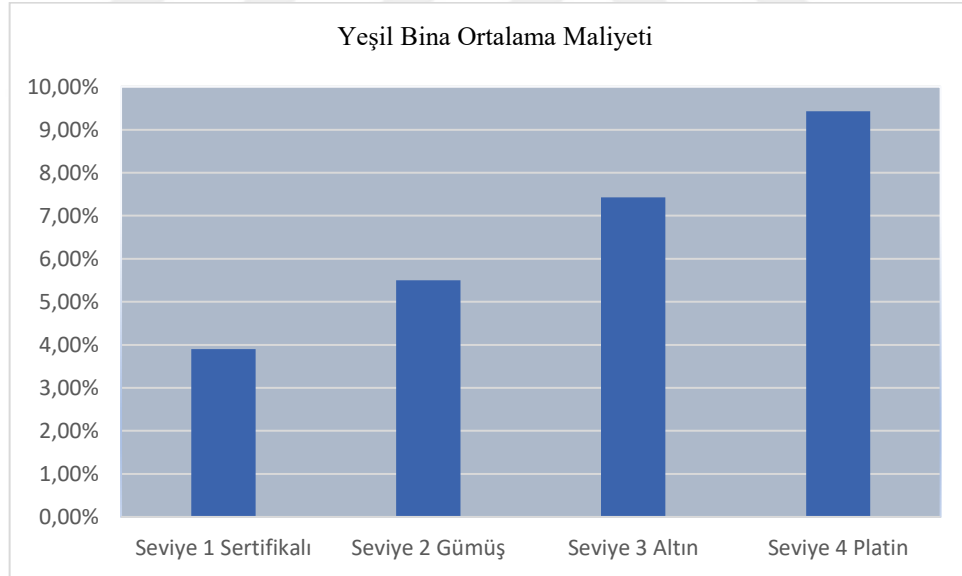
Güneşin ısı ve ışığından yararlanma, doğal havalandırma olanaklarını kullanma, uygun bir şekilde binanın konumunu seçme, yalıtım ve gölgelendirme gibi uygulamalarla düşük maliyetle yüksek enerji tasarrufu sağlama çabası yeşil binaların temel hedefidir. Dünya genelinde toplam enerji tüketiminin yaklaşık olarak üçte biri binalarda gerçekleşmekte olup, bu enerji tüketimi sonucunda atmosfere salınan toplam karbondioksitin %24'ü binalardan kaynaklanmaktadır (Çalapkulu, 2020).

Son on yılda yapılan yeşil binalarda maliyet farkı genellikle %4 ile %14 arasında değişmektedir. Harcamaların geri dönüş süresi, yapılan yatırımların türüne bağlı olarak farklılıklar görülmektedir. Bazı harcamalar için geri dönüş süresi üç yıldan daha kısa olabilmektedir. Bu yüzden genel olarak, yapılan harcamaların geri ödemesi genellikle altı yıllık bir sürede gerçekleşmektedir. Bir bina, 40 ila 50 yıl arasında bir yaşam süresine sahip olduğu varsayımıyla yapılan hesaplamalar, yeşil bina uygulamalarının yapılan harcamaların 8 ile 12 katı kadar enerji tasarrufundan söz edilebilir. Yeşil binaların oluşturulması için yapılan harcamaları bir maliyet unsuru olarak değil, bir yatırım unsuru olarak görmek önemlidir (Çalapkulu, 2020).

LEED sertifikası, bina operatörlerine ve sahiplerine ölçülebilir ve pratik yeşil bina inşaatı tasarımı, bakım ve işletim çözümlerini belirlemek ve uygulamak için bir çerçeve oluşturmayı amaçlamaktadır (Nadjahi ve ark., 2018). LEED, konutlar ve ticari binalar dahil olmak üzere her türlü yapı için, bina işletme ve bakımından inşaatın ve tasarıma kadar tüm süreçlerde tercih edilebilir bir yaklaşım sunar (Nadjahi ve ark., 2018). Bu yaklaşım, kullanıcıların algıladığı deneyimler ve bina performansı gibi değişkenleri dikkate alır. Bu çalışma, LEED-DC'lerin etkinliğini araştırmakta, çevre üzerinde olumlu etkilerini ve sürdürülebilir tasarım stratejilerini tanımlamaktadır.

Çevresel bina endüstrisi liderliğini teşvik etmek, tüm bina ve bütünleşik tasarım uygulamalarını yaygınlaştırmak ve yeşil bina uygulamalarına ilişkin farkındalığı artırmak için LEED sisteminin incelenmelidir. LEED-DC'ler için projeler, yedi adet kredi

kategorisinde belirli önkoşulları karşılamalıdır. Bu bağlamda, LEED-DC sertifikalı projeler, toplam puanlarına bağlı olarak farklı derecelendirmeler alır. Puan toplamı 40-49 arasında olan projeler "normal sertifikalı" olarak kabul edilirken, 50-59 arasında olan projeler "gümüş sertifikalı", 60-79 arasında olan projeler "altın sertifikalı" ve 80 ve üzeri puan alan projeler ise "platin sertifikalı" olarak derecelendirilir. Bu puanlama sistemi, yapıların çevresel performansını ve enerji verimliliğini değerlendirirken, aynı zamanda bölgesel kredilere de yer verir. Bölgesel krediler, LEED sertifikasyon sisteminin bir özelliğidir ve yerel koşulların önemini dikkate alarak en iyi çevresel tasarım ve inşaat uygulamalarını belirlemeye yardımcı olur. Puanların dağılımı, enerji verimliliğini ve CO₂ azaltma stratejilerini içeren bir dizi 13 çevresel etki kategorisine dayanmaktadır. Her kredi, su kullanımı, iç mekan kalitesi, kaynak tüketimi ve iklim değişikliği gibi faktörleri dikkate alan bir değerlendirme listesi ile LEED-DC'leri değerlendirir (Aşan, 2022). Aşağıdaki Şekil 1.1.'deki grafikte sertifika derecelerine göre yeşil binalar için ortalama maliyet yüzdeleri görülmektedir. Bu yüzdeler altlarında yazan bina sayılarına göre hesaplanmıştır.



Şekil 1.2. LEED-DC sertifikalı binalarının geleneksel binalara göre ek maliyeti (Uğur ve Leblebici, 2019)

Grafiğe göre seviye arttıkça ortalama maliyetinde yaklaşık olarak arttığı görülmektedir.

1.2. Mevcut Sorun

BİM'lerin enerji tüketimi, gün geçtikçe artmaktadır. Sunucu performans talebinin artması, veri boyutunun ve teknolojinin gelişmesinin yanı sıra, BİM'lerin enerji ihtiyacını artıran faktörler arasında yer almaktadır. BİM'ler, büyük miktarda veriyi depolamak, işlemek ve iletmek için kullanılan karmaşık teknolojik altyapıları barındırır. Bu teknolojik altyapılar, sunucuların ve diğer donanımların yoğun bir şekilde çalışmasını gerektirir. Bunun sonucunda, BİM'ler yüksek bir enerji tüketimiyle karşı karşıya kalır.

Son yıllarda, sunucu performansı talebinin hızla artması, BİM'lerin enerji ihtiyacını daha da artırmıştır. Veri boyutunun ve veri trafiğinin sürekli olarak büyümesi, BİM'lerde daha fazla sunucu ve depolama birimi kullanılmasını gerektirir. Ayrıca, yeni teknolojik gelişmeler ve veri analitiği uygulamaları, daha yüksek işlem kapasitesi ve hızlı veri işleme gereksinimleri ortaya çıkarır. Bu da BİM'lerin daha fazla enerji tüketmesine neden olur. Bu faktörler, BİM'lerin enerji ihtiyacını artıran temel etmenlerdir. BİM işletmecileri, enerji verimliliğini artırmak ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için yenilikçi teknolojiler, soğutma sistemleri ve enerji yönetimi stratejileri geliştirmek amacıyla sürekli olarak çalışmaktadırlar. Bu şekilde, BİM'lerin enerji tüketimi optimize edilerek çevresel etkileri azaltılabilir ve işletme maliyetleri düşürülebilir.

Enerji tüketiminin ölçülmesi, bu artışı tespit etmek için bilgi işlem alanında önemli bir konudur. Bu amaçla, enerji verimliliği sertifikaları BİM'lerde ortaya çıkmıştır. LEED-DC sertifikasyonu, enerji ve su tüketimini azaltma, insan sağlığına zarar vermeyen malzemelerin kullanımı, üstün iç mekân konforu ve yenilikçi tasarım gibi özelliklere odaklanmaktadır. Uptime Institute, LEED-DC binalarının kesintisiz işleyebilme özelliğini 20 yıldan fazla bir süredir belgelemekte olup, bu alanda dünyanın önde gelen bir kuruluşudur. LEED-DC binalarının tüm hizmet sistemlerinde enerji verimliliği önemsenmektedir. Aydınlatma armatürleri, ısıtma, soğutma ve havalandırma gibi sistemler ile birlikte aydınlatma, otomasyon tasarımı ve seçimi, Amerikan enerji verimliliği standardı olan ASHRAE 90.1.2010 gerekliliklerine göre yapılır. Uluslararası standartlara uygun olarak tasarlanmış LEED-DC binalarının enerji tüketimi, seçilen cihazların verimlilikleri üzerinden değerlendirilir ve tasarım aşamasında olası verimsizlikler belirlenerek düzeltilir, böylece enerji verimliliği açısından optimal çözümler sunulmuş olur.

BİM'ler de yaşanan enerji tüketimindeki hızlı artışa dikkat çekmek ve enerji verimliliği yöntemlerini araştırmak amacı ile bu tez çalışmasında Selçuk Üniversitesi

Bilgi İşlem Merkezi'nin (SÜBİM) LEED-DC sertifikası standartlarını sağlaması durumunda elde edilecek fayda ve maliyetlerin analiz edilmesini amaçlanmıştır. Bu tez, LEED-DC sertifikası standartlarının, SÜBİM binasının enerji verimliliği, çevresel etkileri azaltma, sürdürülebilirlik ve kaynak kullanımını optimize etme gibi alanlarda gereksinimleri karşılaması durumunda ortaya çıkacak avantajları ve maliyetleri incelemektedir. Bu analiz, binanın LEED-DC sertifikası için gerekli değişikliklerin yapılması ve sertifikasyon sürecinin başlatılması için yöneticilere ve karar alıcılara bilgi sağlamayı hedeflemektedir.

1.3. Tezin Amaç ve Hedefleri

Bu çalışma, SÜBİM'in enerji tüketimi ve bileşenlerinin analizini içermektedir. Ardından, bu merkezin LEED-DC sertifikası alabilmesi için gereken teknik ve ekonomik analizler yapılmıştır. Bu amaçla, SÜBİM'den elde edilen sonuçlar kullanılarak bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. Tasarlanacak sistem, binanın yapısı ve giriş parametreleri ile LEED-DC'nin gereksinimlerini çıkış parametreleri olarak kullanmayı planlanmıştır.

Bu tez çalışmasının; amaçları arasında aşağıda verilen adımlar yer almaktadır:

- SÜBİM binasının fiziki durumu hakkında bilgi temin edilmiştir.
- SÜBİM'nde yer alan BT cihazları tespit edilmiş ve binanın yıllık elektrik harcaması yaklaşık hesaplanmış ve tasarlanan fotovoltaik (PV=photovoltaic) bileşenleri düşünülmüş, seviyelendirilmiş enerji maliyeti analizi yapılmıştır.
- SÜBİM için LEED-DC sertifikası için gereksinimler belirlenmiş, sertifika için hedefler geliştirilmiştir.
- SÜBİM'in LEED-DC sertifikası almaya hak kazanabilmesi için yapılması gereken iyileştirmelerin tekno-ekonomik analizi gerçekleştirilmiştir.
- Bu tez çalışmasında, SÜBİM'in enerji tüketimi ve fiziksel koşullarının analizi ile LEED-DC sertifikası alabilmesi için gereken güncellemelerin fizibilite analizinin tamamlanması hedeflenmiştir.

1.4. Tezin Kapsamı

SÜBİM, yüksek enerji talebi nedeniyle incelenmek üzere seçilmiştir. Bu çalışma, SÜBİM’de bulunan soğutma sistemleri ve ısıtma sistemlerinin değerlerini ayrıntılı bir şekilde analiz etmeyi amaçlamaktadır.

Bu analiz, SÜBİM’deki soğutma sistemleri ve diğer bileşenlerin enerji tüketimini, işletme maliyetlerini ve çevresel etkilerini ayrıntılı bir şekilde değerlendirmektedir. Böylece, BİM işletiminin enerji verimliliğini artırmak, sürdürülebilirlik hedeflerine uyum sağlamak ve maliyetleri optimize etmek ve LEED-DC sertifikasını hak etmek için yapılması gereken iyileştirmeler belirlenecektir.

1.5. Tezin Yapısı

Tezin ilk bölümünde, genel bir bakış açısıyla konu hakkında bilgi verilmiş, mevcut sorunlar tanımlanmış, çalışmanın amacı ve kapsamı belirtilmiştir. İkinci bölümde, yeşil binaların sertifikasyonu için en yaygın kullanılan belgeler hakkında bilgi sunulmuş ve bu çalışmada kullanılan sertifikasyon belgesinin seçilme nedenleri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde ise, kaynak araştırması verilmiştir. Dördüncü bölümde, bu çalışmada sırasında izlenen metotlar açıklanmıştır. Beşinci bölümde, sonuçlar detaylı olarak verilmiştir. Son bölümde sonuçların genel değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. ULUSLARARASI YEŞİL BİNA SERTİFİKA SİSTEMLERİ

Uluslararası Yeşil Bina Sertifika Sistemleri, yapıların çevresel sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği açısından değerlendirildiği bir standartlar setidir. Bu sistemler, binaların tasarım, inşaat ve işletme aşamalarında çevresel etkilerini azaltmayı teşvik eder. Yeşil bina sertifikaları, binaların enerji, su ve kaynak kullanımını optimize etmesini, atık üretimini azaltmasını ve iç mekân kalitesini iyileştirmesini hedefler. Bu sertifikalar, binaların çevresel performansını değerlendirmek ve sürdürülebilirlik standartlarına uygunluğunu belgelemek için kullanılır. Aşağıda bu sistemler ve özellikler incelenecektir.

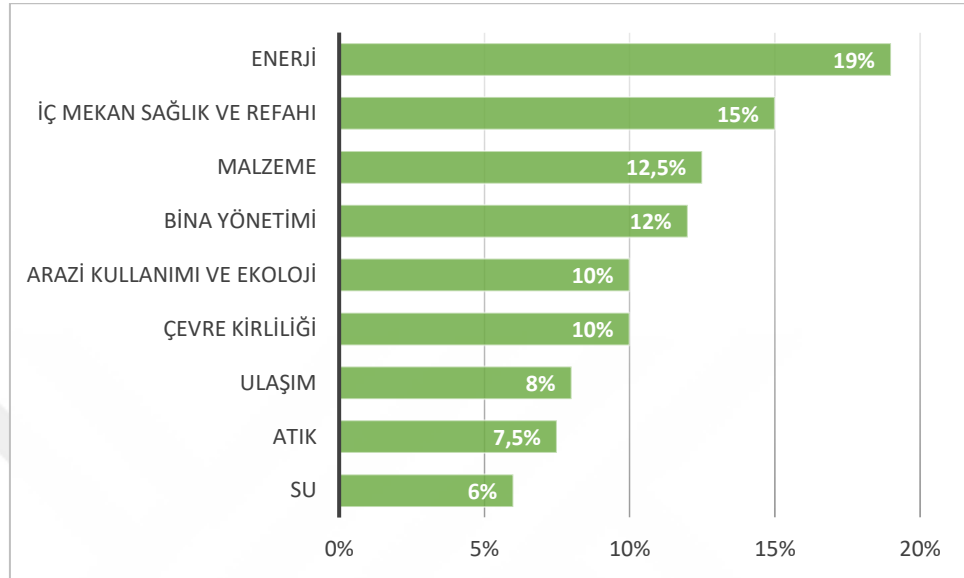
2.1. Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Metodu

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), dünya çapında tanınan bir çevresel değerlendirme sistemidir. İngiltere'de Building Research Establishment (BRE) tarafından 1990 yılında geliştirilmiştir. Yönetim, enerji, ulaşım, malzeme ve atık gibi kategorilerde çok yönlü bir derecelendirme sistemidir. Bugüne kadar 500.000'den fazla bina BREEAM sertifikası almış ve bir milyondan fazla bina değerlendirme sürecine başvurmuştur. BREEAM, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerini desteklemek için önemli bir araç olarak kabul edilmektedir (Breeam, 2020).

BREEAM değerlendirme sistemi, bir binanın özelliklerini, tasarımını ve performansını belirlemek için standartlaşmış performans ölçütlerini kullanır. Bu ölçütler, enerjiden ekolojiye geniş bir kategoride kriterleri kapsar. Kategoriler arasında bina yönetimi, iç mekân sağlığı ve refahı, enerji, su, ulaşım, malzeme, atık, arazi kullanımı, ekoloji ve çevre kirliliği gibi konular bulunur. BREEAM, çevresel sürdürülebilirlik açısından yapıların performansını değerlendirmek ve geliştirmek için bir değerlendirme aracı olarak tanınmıştır. (Saunders, 2008).

Herhangi bir yeşil BİM girişimi, temel bir enerji denetimiyle başlamalıdır. Temel denetim, gerçek zamanlı kullanım ve verimlilik değerlendirmesi sağlayarak gelecekteki değerlendirmeler için bir kıyaslama yapma imkânı sunar. BİM'ler, çeşitli ve birbirine bağlı sistemlerden oluştuğu için, verimsizliklerin nerede olduğunu belirlemek için ayrıntılı bir sistem analizi önemlidir. Enerji denetimi, bu verimsizliklerin toplam kullanım üzerindeki etkisini değerlendirir ve somut ve izlenebilir bir iyileştirme planının ana hatlarını belirler (Struckmeier, 2018).

Bu konuların bulunduğu kriterler, sertifika alabilecek binaların ait olduğu ülkelere göre çevresel açıdan farklı ağırlıklara sahiptir. Şekil 2.1'de, Avrupa için belirlenen ağırlıklar gösterilmektedir. Bu ağırlıklar, çevresel performansın değerlendirilmesi ve karşılaştırılması için kullanılan bir ölçüt olarak hizmet etmektedir.



Şekil 2.1. Kriterlerin Avrupa için ağırlıkları (Anbarcı ve ark., 2012)

Her bir kategori için belirlenen ağırlıklara göre puanlar uygulanır. Bu puanlar toplandığında, çevresel bir skor elde edilir ve Çizelge 2.1'den binanın BREEAM sertifika derecesi belirlenir.

Çizelge 2.1. BREEAM dereceleri (Anbarcı ve ark., 2012)

BREEAM Dereceleri Sınıflandırılmamış	% Skoru
Geçer	≥ 30
İyi	≥ 45
Çok İyi	≥ 55
Mükemmel	≥ 70
Olağanüstü	≥ 85

BREEAM'ın temel hedefleri (Breeam, 2011);

- Binaların çevresel etkisini azaltarak yaşam döngüsü boyunca sürdürülebilirlik sağlamak,
- Binaların çevresel faydalarını tanımak ve bu bilinci artırmak,

- Binalara güvenilir bir çevresel etiket sunarak çevresel performanslarını belgelemek,
- Sürdürülebilir binalara olan talebi teşvik ederek yeşil inşaat sektörünün gelişimine katkı sağlamak.

2.2. Alman Sürdürülebilir Yapı Sertifikası

Bu sertifikanın ana hedefi, kendi sisteminin oluşturulması ve ilerletilmesidir. Bu amaçla, 2009 yılında ofis ve idari binalar için DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - Alman Sürdürülebilir Bina Derneği) Sertifikasyon Sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem daha sonra 2010 yılında, mevcut ve yeni binaların yanı sıra eğitim kurumları ve ticari binalar gibi alanları da kapsayan uluslararası bir sisteme dönüştürülmüştür (Dgnb, 2011).

DGNB'nin amacı aşağıda belirtilen hedefleri gerçekleştirmek amacıyla çözüm önerileri geliştirmektir.

- Sürdürülebilirliği karşılamak için malzemelerin geliştirilmesi ve binaların inşaat ve işletme süreçlerinin planlanması.
- Sürdürülebilir bir binaya verilebilecek kalite etiketinin oluşturulması.
- Kaynakları verimli ve karlı bir şekilde kullanmayı amaçlayan, kullanıcılara konfor ve performans sağlayan, refahı destekleyen çevre dostu bir altyapının oluşturulması (Dgnb, 2011).

DGNB Sertifikasyon Sistemi, sürdürülebilir binaların değerlendirilmesi ve planlanmasında anlaşılabilir ve pratik bir araç sunar. Bu aracın büyük avantajı, sürdürülebilir binalar için önemli olan tüm alanları kapsamasıdır.

Her bir kategori, binada yaşayan kişilerin özelliklerine uygun olarak farklı ağırlıklara sahip tasarlanmıştır ve binanın tüm yaşam döngüsü boyunca izlenebilir özel kriterler içermektedir. Eğer bir bina bu kriterleri karşılırsa, karşıladığı kriterlerin derecesine bağlı olarak altın, gümüş veya bronz şeklinde DGNB sertifikası alabilmektedir (Dgnb, 2011).

2.3. Yapılar İçin Bir Çevresel Değerlendirme Metodu

IISBE (The International Initiative for a Sustainable Built Environment), uluslararası bir organizasyon olarak kurulmuştur ve mevcut politikaları, yöntemleri ve araçları evrensel bir sürdürülebilir çevre yapısına doğru yönlendirmeyi hedeflemektedir.

SBTool, başlangıçta 1996 yılında Green Building Challenge (GBC) tarafından Gbtool adıyla geliştirilmiş olup, daha sonra Kanada Doğal Kaynakları koruma kuruluğu tarafından devralındığında tüm sorumluluk IISBE'ye geçmiştir. Mart 2008'de ise SBTool adı altında Microsoft Excel programında geliştirilen bir çevresel değerlendirme aracı haline gelmiştir. SBTool, çeşitli yerel koşullara ve yapı türlerine uyarlanabilen bir araç olup, binaların ve projelerin sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesi için genel bir çerçeve sunmaktadır. Aynı zamanda yerel organizasyonlara kendi derecelendirme sistemlerini geliştirme ve kendi dillerinde kullanma imkânı sağlamaktadır. Ancak, yerel koşullar sisteme dahil edilmeden önce bu sistem bir değerlendirme aracı olarak kullanılamamaktadır (Iisbe, 2011).

SBTool'da, performans kriterleri değerlendirmesi için kategorilere ayrılan çeşitli alanlar bulunmaktadır. Bu alanlar Servis Kalitesi, Çevresel Yükler, Bölge Uygunluğu ve Gelişimi, Enerji ve Kaynak Tüketimi, Sosyal ve Ekonomik Özellikler İç Mekân Çevre Kalitesi, Kültürel ve Algısal Özellikler şeklinde belirlenmiştir.

Bu kategorilerin altında çeşitli performans kriterleri yer almaktadır. Bu unsurlar, bölgenin koşulları dikkate alınarak yerel kullanıcılar tarafından sisteme dahil edilebilir veya çıkarılabilir. Belirlenen kriterlere göre, yerel koşullara bağlı olarak ağırlıklar belirlenir ve değerlendirme sonucunda bina, puanlama sistemi üzerinden değerlendirilir. Bu puanlama sisteminde, bina -1 ile temsil edilen olumsuz uygulama, 0 ile temsil edilen kabul edilebilir uygulama, 3 ile temsil edilen iyi uygulama ve 5 ile temsil edilen en iyi uygulama şeklinde puan kazanır. (Sev ve Canbay, 2009).

2.4. Yeşil Yıldız

Green Star, Avustralya Yeşil Bina Konseyi (GBCA) tarafından 2003 yılında geliştirilen bir değerlendirme sistemidir.

Green Star sertifika sistemi, sürdürülebilir tasarıma öncülük etmek ve toplumsal bilinci artırmak için binaların çevresel değerlendirmesinde ortak bir dil oluşturmayı hedeflemektedir. Bu kategoriler için puanlar toplanır ve değerlendirme puanı elde edilir. Puanlar, değerlendirmeye tabi tutulan binanın bulunduğu bölgenin koşulları dikkate alınarak ağırlık katsayılarıyla çarpılır. Ayrıca, inovasyon puanları da eklenerek, kapsamlı bir değerlendirme puanı oluşturulur. Bu şekilde, Green Star sistemi, sürdürülebilirlik alanında ilerlemeyi teşvik etmek ve yeşil binaların yaygınlaşmasını sağlamak için önemli bir araç haline gelmiştir (Saunders, 2008).

2.5. Binaların Çevresel Etkinliği İçin Detaylı Değerlendirme Sistemi

Casbee, binaların çevresel verimliliğini kapsamlı bir şekilde değerlendiren bir sistemdir. Japon Sürdürülebilir Bina Konsorsiyumu tarafından 2004 yılında başlatılan Casbee, binaları çevresel etiketleme yöntemiyle değerlendirir (Endo ve ark., 2005).

Casbee, binaların yaşam döngüsüyle ilgili dört farklı değerlendirme aracı sunar. Tasarım Öncesi için Casbee, Yeni Binalar için Casbee, Renovasyon için Casbee ve Mevcut Binalar için Casbee. Her bir araç, farklı bir amaca hizmet etmek ve kullanıcıların geniş bir talep yelpazesini karşılamak üzere özel olarak tasarlanmıştır.

Casbee değerlendirme sonuçları, Bina Çevre Verimliliği (BEE) değeri üzerinden belirlenir. BEE, bina çevresel kalitesini ifade eden bir ölçüttür. Casbee sistemi, binaların çevresel performansını objektif bir şekilde değerlendirmek ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu değerlendirme sonuçları, kullanıcılara bina tasarımı ve yönetimi aşamalarında bilinçli kararlar vermelerine yardımcı olur ve çevresel sürdürülebilirlik alanında ilerlemeyi teşvik eder.

2.6. Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik (LEED)

LEED sertifikasyonu, mevcut binalar, ticari iç mekanlar, okullar, evler, yeni binalar ve tadilat geçiren binalar olmak üzere tüm bina türleri için kullanılabilir. LEED sistemi, mahalle, perakende ve sağlık sistemleriyle ilgili çalışmaları da pilot aşamada yürütmektedir. Bugüne kadar, LEED sistemiyle yaklaşık 41.8 milyon metrekare inşaat alanı değerlendirilmiştir (Anbarcı ve ark., 2012).

Yer seçimi ve malzeme seçimi, çevresel etkiyi önemli ölçüde etkilerken, BİM enerji tüketimi değişken maliyetin temel itici gücüdür. Gartner'a göre, artan enerji maliyetlerindeki artış ve yüksek güç yoğunluğuna sahip sunuculara olan talep yılda yaklaşık %10 oranında istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Raporla göre, şu anda enerji maliyetleri, BİM işletme giderlerinin %10'unu oluşturmaktadır ve önümüzdeki beş yıl içinde bu oranın %15'e çıkması beklenmektedir (Usgbc, 2021).

LEED-DC'lerin oluşturulması, USGBC tarafından geliştirilen Enerji ve Çevre Alanında Liderlik Tasarım (LEED) sertifikalı BİM projeleri kapsamında gerçekleşmiştir. Yakın zamanda geliştirilen LEED-DC'lerin kısa bir incelemesi yapıldığında, BT endüstrisi ile inşaat şirketleri arasında yüksek düzeyde iş birliği olduğu görülmektedir.

Ayrıca, LEED-DC'ler, diğer bina türleriyle benzer durumda olmasına rağmen benzersiz enerji yoğunluğuna sahiptir. LEED-DC'lerin inşasında, yeşil yaklaşımın ele alınmasının önemli bir yönü bulunmaktadır. Bununla birlikte, ele aldığı temel konular arasında kablolama, enerji yeniden kullanım stratejileri ve enerji yönetimi yer almaktadır (Moud ve Kibert, 2018).

LEED projeleri yedi adet LEED kredi kategorisinde belirli önkoşulları karşılamalı ve puan kazanmalıdır. LEED sertifikasyonunda, 110 puan üzerinden değerlendirme yapılır. Tasarımda Yenilik için 6 puan kazanılabilirken, Bölgesel Öncelik için 4 puan kazanılabilir (Anbarcı ve ark., 2012).

LEED sertifika sisteminin dereceleri Çizelge 2.2.'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Leed dereceleri

Leed Dereceleri	Puanı
Sertifikalı	40-49
Gümüş Sertifikalı	50-59
Altın Sertifikalı	60-79
Platin Sertifikalı	80 ve üzeri

Bölgesel krediler, LEED sertifikasyon sisteminin bir özelliğidir ve yerel koşulların önemini kabul ederek en iyi çevresel tasarım ve inşaat uygulamalarını belirler. Puanların dağılımı, enerji verimliliği ve CO₂ azaltma stratejilerine dayanmaktadır. Her kredi, iklim değişikliği, iç mekân kalitesi, kaynak tüketimi, su kullanımı ve diğer 13 çevresel etki kategorisini içeren bir listeye değerlendirilir.

Sertifikasyon işlemleri, Yeşil Bina Sertifikasyon Enstitüsü (GBCI, Green Building Certification Institute) tarafından üçüncü taraflar aracılığıyla bir ağ üzerinden yönetilir. LEED uzmanlarının en son bilgi ve anlayışa sahip olmalarını, bilgi ve uzmanlıklarını ilerletebilmelerini sağlamak için GBCI tarafından yönetilen bir akreditasyon programı bulunmaktadır. Bu çok yönlü akreditasyon sistemi, LEED uzmanlarının yeşil bina uygulamalarıyla ilgili en güncel bilgiye sahip olmalarını ve uzmanlıklarını geliştirmelerini hedeflemektedir (Leed, 2011).

LEED-DC, BİM projelerinin çevresel sürdürülebilirlik ilkelerine uygunluğunu değerlendiren ve sertifikalandıran bir standarttır. Bu standart, USGBC tarafından geliştirilmiştir ve dünya genelinde BİM'ler için sürdürülebilirlik performansını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır (Karademir ve Dağ, 2021).

LEED-DC, BİM'lerin enerji verimliliğini artırmayı, doğal kaynakları etkin bir şekilde kullanmayı, çevresel etkileri azaltmayı ve sağlıklı çalışma ortamları yaratmayı hedeflemektedir. BİM'lerin enerji tüketimi ve çevresel etkileri genellikle yüksek olmaktadır, bu nedenle LEED-DC standartları, bu sektörde sürdürülebilirlik bilincini artırmayı amaçlamaktadır (Güzelkokar ve Gelişen, 2019).

LEED-DC sertifikası, BİM'lerin yedi temel performans kategorisinde değerlendirilmesini sağlar. Şimdi bu kategorilerle ilgili aşağıdaki bilgileri inceleyelim.

Sürdürülebilir Araziler: Bu kategori, tasarımcıları ve emlak geliştiricileri çevresel etkiyi azaltmaya teşvik eden kararlar almaya yönlendirmeyi amaçlar. Bu kategori, doğal yaşam alanlarının korunması, açık peyzaj alanlarının oluşturulması, yağmur suyu yönetimi, ısı adası etkisinin azaltılması ve ışık kirliliğinin önlenmesi gibi konulara odaklanır. Bu kredi ögeleri, çevresel sürdürülebilirlik açısından arazi geliştirme sürecinde dikkate alınması gereken önemli unsurları kapsar. Bu sayede, çevreye daha az zarar veren ve insanların yaşam kalitesini artıran yapılar ve alanlar oluşturulabilir (Orhan ve Kaya, 2016). Bu kategoride kazanılacak olası puan 18 olup; kredilere ilişkin liste Çizelge 2.3'te yer almaktadır.

Çizelge 2.3. Sürdürülebilir araziler kategorisi kredileri (USGBC(12), 2020)

Kredi / Ön Koşul	Sürdürülebilir Araziler Kredileri	Kazanılabilir Puan
Ön Koşul 1	İnşaat kirliliğinin önlenmesi	-
Ön Koşul 2	Çevresel saha değerlendirmesi	-
Kredi 1	Yer seçimi	1
Kredi 2	Geliştirme yoğunluğu ve topluluk bağlantısı	1
Kredi 3	Endüstri bölgesi yeniden kazanımı	1
Kredi 4.1.	Alternatif ulaşım- toplu taşıma erişimi	2
Kredi 4.2.	Alternatif ulaşım- bisiklet depolama ve soyunma odaları	1
Kredi 4.3.	Alternatif ulaşım- düşük emisyonlu ve yakıt tasarruflu araçlar	1
Kredi 5.1.	Arazi geliştirme- açık alanı artırma	1
Kredi 6.1.	Yağmur suyu tasarımı- miktar kontrolü	1
Kredi 6.2.	Yağmur suyu tasarımı- kalite kontrolü	1

Enerji Verimliliği: BİM'in enerji tüketimini optimize etmek için alınan önlemleri değerlendirir. Bu kapsamda, enerji verimli ekipman kullanımı, soğutma sistemlerinin etkinliği, enerji yönetimi stratejileri ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gibi faktörler dikkate alınır (Cole, 2010).

Bu kategoride kazanılacak olası puan 33 olup; kredilere ilişkin liste Çizelge 2.4'te yer almaktadır.

Çizelge 2.4. Enerji ve atmosfer kategorisi kredileri(USGBC(12), 2020)

Kredi/ Ön Koşul	Enerji ve Atmosfer Kredileri	Kazanılabilir Puan
Ön Koşul 1	Bina enerji sistemlerinin temel olarak devreye alınması	-
Ön Koşul 2	Minimum enerji performansı	-
Ön Koşul 3	Temel soğutucu yönetimi	-
Kredi 1	Enerji performansı optimizasyonu	20
Kredi 2	Bünyesinde yenilenebilir enerji	6
Kredi 3	Gelişmiş devreye alma	2
Kredi 4	Gelişmiş soğutucu yönetimi	1
Kredi 5	Ölçüm ve doğrulama	2
Kredi 6	Yeşil güç	1
Kredi 7	Topluluk kirleticisi madde önleme- havadan yayılanlar	1

Su Tasarrufu: BİM'deki su kullanımının etkinliğini değerlendirir. Su soğutmalı sistemlerin verimliliği, su geri dönüşümü ve atık su yönetimi gibi unsurlar göz önünde bulundurulur (Güzelkokar ve Gelişen, 2019). Yağmur suyu yönetimi kredisi, bölgedeki tarihi koşullar ve doğal ekosistemlerin dikkate alınmasıyla, bölgenin doğal hidrolojisi ve su dengesinin korunmasını hedefler. Bu kredi, yağmur suyunun yönetimini optimize ederek su akışını azaltmayı ve su kalitesini artırmayı amaçlar. Bu sayede, doğal su kaynaklarının sürdürülebilirliği desteklenir ve suyun etkili bir şekilde kullanılması teşvik edilir. Bu kategoride kazanılacak olası puan 9 olup; kredilere ilişkin liste Çizelge 2.5'te yer almaktadır.

Çizelge 2.5. Su verimliliği kategorisi kredileri (USGBC(12), 2020)

Kredi/ Ön Koşul	Su Verimliliği Kredileri	Kazanılabilir Puan
Ön Koşul 1	Su kullanımını azaltma	-
Ön Koşul 2	Tıbbi ekipman soğutması için içme suyu kullanımını en aza indirme	-
Kredi 1	Su verimli peyzaj- içilebilir su kullanımı yok/sulama yok	2
Kredi 2	Su kullanımının azaltılması- ölçüm ve doğrulama	2
Kredi 3	Su kullanımını azaltma	4
Kredi 4.1	Su kullanımını azaltma- bina ekipmanları	1
Kredi 4.2.	Su kullanımını azaltma- soğutma kuleleri	1
Kredi 4.3.	Su kullanımını azaltma- gıda atık sistemleri	1

Atık Yönetimi: BİM'deki atık miktarını azaltmak, geri dönüşümü teşvik etmek ve atık yönetim süreçlerini optimize etmek için alınan önlemleri değerlendirir. Atık azaltımı, geri dönüşüm politikaları ve atık yönetim planları gibi faktörler değerlendirme sürecinde önemli rol oynar (Gül ve Yaman, 2021).

Malzeme Seçimi: BİM'de kullanılan malzemelerin çevresel etkilerini değerlendirir. Malzeme seçiminde yenilenebilir kaynaklar, geri dönüşümlü malzemeler ve çevresel olarak sertifikalı ürünler gibi faktörler dikkate alınır (Utkuğlu, 2011).

Kategori içinde toksik kaynakların azaltılmasıyla birlikte, inşaat ve yıkım atık yönetiminin yapılması gibi konularda kredi başlıkları yer almaktadır (Orhan ve Kaya, 2016). Kredilere ilişkin liste Çizelge 2.6'da yer almakta olup, buradan kazanılabilecek puan 16'dır.

Çizelge 2.6. Malzeme ve kaynaklar kategorisi kredileri (USGBC(12), 2020)

Kredi/ Ön Koşul	Malzeme ve Kaynaklar Kredileri	Kazanılabilir Puan
Ön Koşul 1	Geri dönüştürülebilir malzemelerin depolanması ve toplanması	-
Ön Koşul 2	Toksik kaynak azaltma- cıva	-
Kredi 1.1.	Yeniden kullanım- sürdürülebilir duvarlar, zeminler ve çatı	2
Kredi 1.2.	Yeniden kullanım- sürdürülebilir iç mekân strüktürel olmayan	1
Kredi 2	İnşaat atığı yönetimi	2
Kredi 3	Sürdürülebilir malzemeler ve ürünler	3
Kredi 4.1.	Toksik kaynak azaltma- lambalarda cıva	1
Kredi 4.2.	Toksik kaynak azaltma- kurşun, kadmiyum, bakır	1
Kredi 5	Mobilya ve tıbbi mobilyalar	2
Kredi 6	Kaynak kullanımı- esneklik için tasarım	1

İç Mekân Kalitesi: BİM'de çalışanların sağlığını ve konforunu desteklemek için alınan önlemleri değerlendirir. İnsanların yaşadığı veya çalıştığı alanlarda rahatlık ve sağlık açısından en uygun koşulları sağlamayı amaçlar. Bu çalışmaların temel hedefi, iç mekanlarda hava kirliliğini azaltmak, konforlu bir sıcaklık sağlamak, temiz ve sağlıklı hava solumak için kontrol sistemlerini geliştirmektir. İyi bir iç mekân kalitesi, insanların fiziksel ve zihinsel sağlığını korurken, sosyal etkileşimlerini ve verimliliklerini artırır. Bu nedenle, iç mekân kalitesi önemli bir tasarım ve yapılandırma unsuru olarak değerlendirilir, çünkü insanların yaşam kalitesini iyileştirmeye yardımcı olur. İç mekân hava kalitesi, aydınlatma düzenlemeleri, termal konfor ve ergonomi gibi unsurlar bu kategoride değerlendirilir (Orhan ve Kaya, 2016). Kredilere ilişkin liste Çizelge 2.7'de yer almakta olup, buradan kazanılabilecek puan 18'dir.

Çizelge 2.7. İç ortam kalitesi kategorisi kredileri(USGBC(12), 2020)

Kredi/ Ön Koşul	İç Ortam Kalitesi Kredileri	Kazanılabilir Puan
Ön Koşul 1	Minimum iç hava kalitesi performansı	-
Ön Koşul 2	Çevresel bütün dumanı kontrolü	-
Kredi 1	Havalandırma görüntüleme	1
Kredi 2	Akustik ortam	2
Kredi 3.1.	İnşaat iç ortam kalitesi yönetim planı- inşaat sırasında	1
Kredi 3.2.	İnşaat iç ortam kalitesi yönetim planı- kullanımdan önce	1
Kredi 4	Düşük emisyonlu malzemeler	4
Kredi 5	İç mekân kimyasal ve kirletici malzeme kaynak kontrolü	1
Kredi 6.1.	Sistemlerin kontrol edilebilirliği- aydınlatma	1
Kredi 6.2.	Sistemlerin kontrol edilebilirliği- termal konfor	1
Kredi 7	Termal konfor- tasarım ve doğrulama	1
Kredi 8.1.	Gün ışığı ve manzara- gün ışığı	2
Kredi 8.2.	Gün ışığı ve manzara- manzara	2

Yenilik: LEED’de diğer kredi kategorilerinde belirtilmeyen ancak yeşil bina uygulamalarında ileri teknoloji ve yenilikçi stratejilerin kullanıldığı projelere ek puanlar verilmesini sağlar. Bu kategoride, sıradanın ötesinde çevresel performans sağlayan ve yeni teknolojilere dayalı çözümler sunan projeler teşvik edilir. Ayrıca, entegre proje planlaması ve tasarımı ile LEED Akredite Uzmanlarının projede yer alması gibi özellikler de ek puanlar kazandırabilir. Bu şekilde, sadece mevcut standartlara uygun olmakla kalmayıp, inovasyon ve ileri düşünceye dayalı projeler de ödüllendirilir, yeşil bina endüstrisine yeni fikirler ve teknolojilerin entegrasyonu teşvik edilir (Orhan ve Kaya, 2016). Kredilere ilişkin liste Çizelge 2.8’de yer almakta olup, buradan kazanılabilecek puan 6’dır.

Çizelge 2.8. Tasarımda yenilik kategorisi kredileri (USGBC(12), 2020)

Kredi/ Ön Koşul	Tasarımda Yenilik Kategorisi Kredileri	Kazanılabilir Puan
Ön Koşul 1	Entegre proje planlama ve tasarım	-
Kredi 1	Tasarımda yenilik	4
Kredi 2	LEED akredite uzman	1
Kredi 3	Entegre proje planlama ve tasarım	1

Bölgesel öncelik kredileri: Coğrafi olarak belirli çevresel, sosyal eşitlik ve halk sağlığı önceliklerini ele alan kredilerin LEED 2009 derecelendirme sisteminde öne çıkması, yerel önemli konuların vurgulanması ve yerel önceliklere odaklanmanın teşvik edilmesi açısından önemlidir. Bu krediler, yeni LEED kredileri olmasa da USGBC Bölge Konseyleri ve Bölümleri tarafından bölgesel özellikler ve gereksinimler göz önünde bulundurularak belirlenen mevcut kredilerdir. Projeler, bu kredilerde belirtilen önceliklere uyum sağladıkça, bonus puanlar elde ederler. Bu şekilde, yerel toplulukların

ihtiyaçları ve endişeleri LEED sertifikasyon sürecine entegre edilir ve projeler, bölgesel önceliklere daha duyarlı bir şekilde yanıt verebilir (USGBC(12), 2020). Kredilere ilişkin liste Çizelge 2.9’da yer almakta olup, buradan kazanılabilecek puan 4’tür.

Çizelge 2.9. Bölgesel öncelik kredileri kategorisi kredileri (USGBC(12), 2020)

Kredi	Bölgesel Öncelik Kredileri Kategorisi Kredileri	Kazanılabilir Puan
Kredi 1	Bölgesel Öncelik	4

Lokasyon ve Ulaşım: Bu kategorinin temel gereksinimi, ulaşımın etkin bir şekilde yönetilmesidir. Kategorinin amacı, ulaşım kaynaklı kirliliği ve arazi gelişimi etkilerini minimize etmektir. Bu, çevresel sürdürülebilirliği artırmak ve ulaşımın çevresel etkilerini azaltarak daha sağlıklı bir yaşam ortamı yaratmak için önemli bir adımdır.

LEED-DC sertifikası, BİM’in bu performans kategorilerinde belirli puanlar almasına dayanır. Belirli bir puan aralığına ulaşan BİM’ler, farklı LEED-DC sertifikalarını elde ederler (Aşan, 2022).

LEED-DC, BİM sektöründe sürdürülebilirlik bilincini artırmak, enerji verimliliğini teşvik etmek ve çevresel etkileri azaltmak için önemli bir araç sağlar. Ayrıca, BİM işletmelerine rekabet avantajı, enerji tasarrufu ve maliyet optimizasyonu gibi faydalar sunar (Uğur ve Leblebici, 2015).

Dünya genelindeki sertifikasyon sistemleri Çizelge 2.10’da görülmektedir.

Çizelge 2.10. Dünya genelindeki sertifikasyon sistemleri (Aytekin, 2019)

Sertifikasyon Sistemi	Ülke	Çıkış yılı	Amacı	Geliştiricisi	Ortak
BREEAM	İngiltere	1990	Sürdürülebilir bina tasarımı, en iyi işletme uygulamaları ve binanın çevresel performansı için kapsamlı standartları ayarlamak.	Bina araştırma kuruluşu (BRE)	Bina sahibi, bina işletmecisi
DGNB	Almanya	2009	Binaların sürdürülebilir bir yapıya sahip olabilmeleri için kriterler belirlemek.	Alman Sürdürülebilir Bina Konseyi	Tasarımcı, bina sahibi, malzeme tedarikçisi
SBTool	Kanada	1996	Bina ve projelerin sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesi için genel bir çerçeve sağlamak.	Sürdürülebilir Bir Çevre Yapısı Uluslararası Girişimi	Araştırmacılar, organizasyonlar
Greenstar	Avustralya	2003	Binaların çevresel değerlendirilmesinde ortak bir dil oluşturulması ve sürdürülebilir tasarım için toplumsal bilincin artırılmasını sağlamak.	Avustralya Yeşil Bina Konseyi	Tasarımcılar
Casbee	Japonya	2004	Politik gereksinimleri ve pazarın ihtiyaçlarını karşılamaya dayalı binaların yaşam döngüsü boyunca sürdürülebilir bir yapı elde etmeyi sağlamak.	Japon Sürdürülebilir Bina Konsorsiyumu	Tasarımcı, planlamacı, müteahhit
LEED	ABD	1998	Bütünleşik sürece ve fikir birliğine dayalı, yeşil binaların tasarımı, yapımı ve işletilmesi için bir araç olarak hizmet etmek.	ABD Yeşil Bina Konseyi	Bina proje ekibi, tasarımcı, mal sahibi, müteahhit

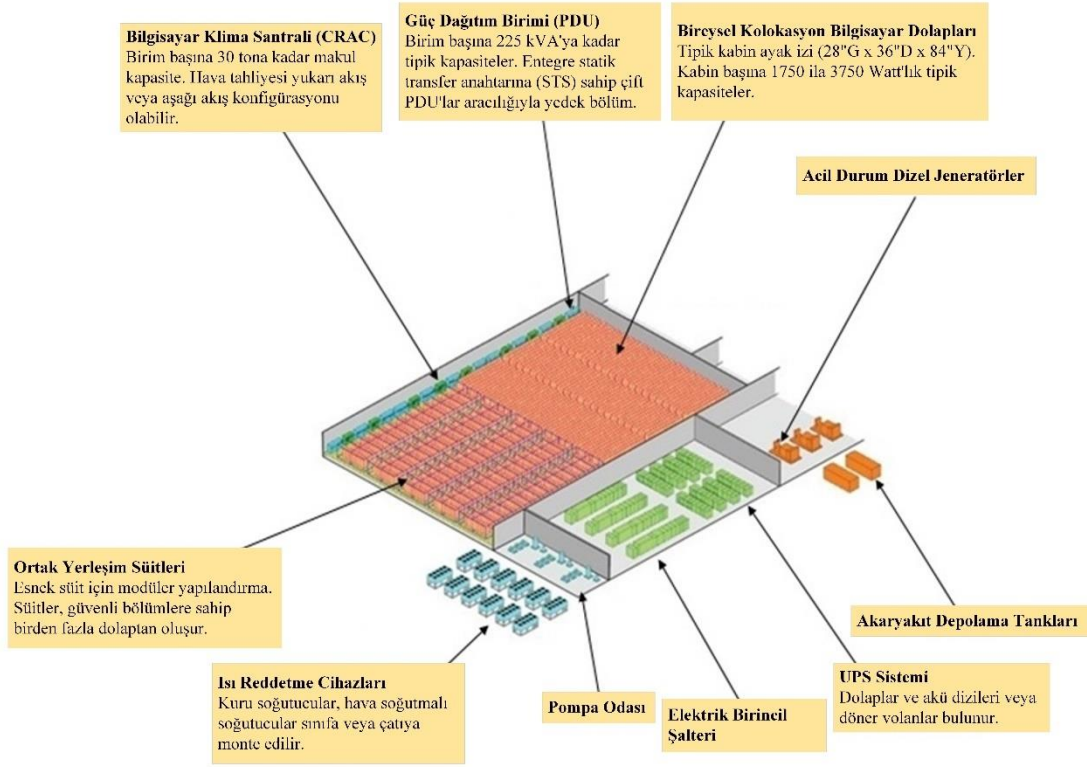
3. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde BİM’lerde ki enerji verimliliği hakkında yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. Çalışmalar dört başlık altında incelenmiştir. Enerji verimliliği, bu merkezlerin enerji tüketimini optimize etmeyi, kaynakları daha verimli kullanmayı ve çevresel etkilerini minimize etmeyi hedefler. Bu alanda yapılan çeşitli stratejiler bulunmaktadır. Bu stratejiler hakkında aşağıda kısa bir bilgi verilmiştir.

Stratejilerden birincisi sanallaştırma ve konsolidasyon teknolojilerinin kullanımıdır. Bu teknolojiler, fiziksel sunucu sayısını azaltarak enerji tüketimini optimize eder. Birden fazla sanal sunucunun tek bir fiziksel sunucuda çalışması, enerji verimliliğini artırır. Enerji verimliliği yüksek donanım kullanımı da önemli bir stratejidir. Bu, enerji etkin sunucuların, depolama cihazlarının ve ağ ekipmanlarının tercih edilmesini içerir. BİM’lerde soğutma sistemlerinin verimliliğini artırmak da önemlidir. Soğutma optimizasyonu için hava akışının düzenlenmesi, sıcaklık ve nem kontrolünün iyileştirilmesi, akıllı termostatik kontrollerin kullanılması ve sıcak geçişli tasarımların tercih edilmesi gibi yöntemler uygulanır. Sıcaklık ve nem seviyelerinin optimum aralıkta tutulması, enerji tasarrufuna ve donanım performansının iyileştirilmesine yardımcı olur. Bu çalışmalar, BİM’lerin enerji verimliliğini artırarak çevresel sürdürülebilirliklerini iyileştirmeyi hedefler.

3.1. BİM’in Bileşenleri

BİM’lerin uzun bir geçmişi vardır ve günümüzde 12 yıldan eski BİM’lerin sayısı oldukça fazladır. Genel enerji verimliliği açısından BİM’lerin en büyük sorunu, yeni BİM’lerin ne kadar verimli olduğu değil, verimsiz bir şekilde elektrik tüketmeye devam etmeleri ve genel enerji verimliliğini düşük tutmalarıdır (Services, 2009). BİM sunucular ve veri depolama sistemleri, ağ altyapısı, güç dağıtım sistemi, soğutma sistemi gibi bileşenleri içermektedir. Şekil 3.1. de ise tipik bir BİM’de nelerin bulunacağı görülmektedir.



Şekil 3.1. Tipik BİM (Barroso ve ark., 2013)

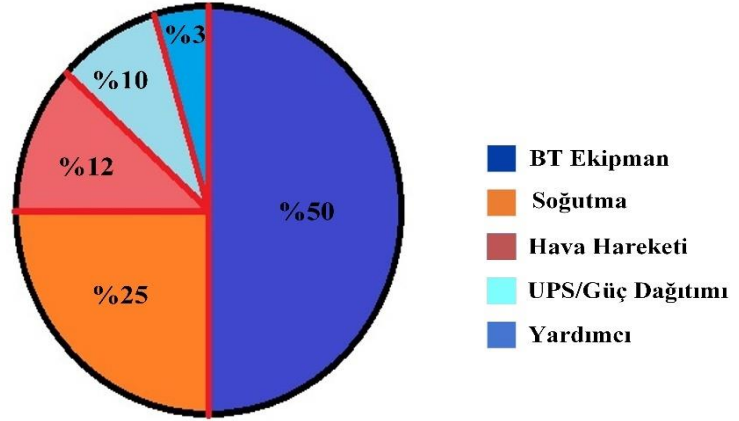
Yeşil bir BİM girişimi oluşturup uygulamak için beş adım izlenebilir. Bu adımlar, enerji verimliliğini artırmak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, atık yönetimi ve geri dönüşüm süreçleri, su kullanımı ve verimliliği ve sertifikasyon ve standartlara uyumu içerir. (Struckmeier, 2018).

2019 itibariyle yapılan tahminlere göre, BİM'lerin enerji tüketimi, 2025 yılına kadar dünya çapındaki toplam karbon emisyonlarının %3.2'sini ve küresel elektrik tüketiminin en az beşte birini oluşturacağı belirtilmiştir. Ayrıca, 2040 yılına kadar dijital verilerin depolanması, dünya genelindeki emisyonların %14'ünü oluşturacak şekilde artması beklenmektedir. Bu oran, günümüzde ABD'nin karbon emisyonlarına yaklaşık olarak denk gelmektedir. Bu veriler, BİM'lerin enerji tüketiminin ve çevresel etkisinin önemli bir kaynak olduğunu ortaya koymaktadır (Griffiths, 2020).

Yapılan bir çalışmada, BİM'lerin elektrikle çalışan BT ekipmanı (sunucular, depolama sürücüler ve ağ cihazları) kullandığı ifade edilmektedir. BİM'ler, BT'nin çalışması için BT dışı ekipman veya veri gerektiren merkezi fiziksel altyapıyı (DCPI) içerir. Bu altyapı, soğutma ve aydınlatma gibi işlevleri yerine getirerek BT ısısını yönetir. Enerji tüketiminin BİM'lerdeki en önemli kalemlerinin %43'ünün soğutma ve sunucular olduğu tahmin edilmektedir. Depolama sürücüler ve ağ cihazları ise sırasıyla %11 ve

%3'lük bir paya sahiptir. Diğer tahminlere göre ise enerji tüketiminin yaklaşık %52'si BT, %38'i soğutma sistemi ve %10'u diğer ekipmanlar tarafından sağlanmaktadır (Manganelli, 2021).

Şekil 3.2.' de bir BİM'deki güç kullanım etkinliği (Power Usage Effectiveness (PUE)) 2.0'a ait güç kayıplarının oranları verilmiştir.



Şekil 3.2. PUE 2.0'ın eski bir BİM'deki güç kayıpları (Barroso ve ark., 2013)

Bu veriler, BİM'lerin yüksek enerji tüketimiyle karakterize edildiğini ve özellikle BT ekipmanının ısı üretimi nedeniyle iklimlendirme ihtiyacının arttığını göstermektedir. Bu durum, BİM işletmelerinin enerji verimliliğini artırmak ve ısı yönetimini optimize etmek için çeşitli önlemler almasını gerektirir. Gelişmiş soğutma teknolojileri, enerji tasarruflu HVAC sistemleri ve BT ekipmanı düzenlemeleri gibi önlemler, BİM'lerdeki enerji tüketimini azaltmada ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynamaktadır (Usgbc, 2021).

Aşağıdaki Şekil 3.3.'de BİM'lerdeki güç kullanımının basit bir görünümü verilmiştir.



Şekil 3.3. BİM’lerde güç kullanımı (Xuan, 2012)

Yapılan bir çalışmada, kapsamlı yenileme projeleri ve LEED sertifikası almayı hedefleyen yeni binalar için temel proje katılımcıları arasındaki sözleşmeleri şekillendirmiştir. Öncelikle, sertifikasyon sürecinin işleyişini açıklamış ve projede LEED sertifikasyon sistemi için gerekenleri belirtmiştir (Selçuk, 2010).

Yapılan bir çalışmada bilişim teknolojilerinin (BT) diğer endüstri sektörlerine göre daha fazla karbon emisyonunu azaltma potansiyeline sahip olduğu ifade edilmektedir. Ancak, kablosuz gömülü sistemlerde ve IoT (nesnelerin interneti) cihazlarının akıllı BT uygulamalarında periyodik pil değiştirme gereksinimi bulunmaktadır. Bu durum atık oluşumunu ve artan emisyonu beraberinde getirmektedir. Bu nedenle araştırmacı, yeşil bir çözüm bulmak için gelişmiş enerji toplama çözümlerini önermiştir. Ayrıca, cihazın pil ömrünü uzatmak için de çözümler üretilmesi gerektiği belirtilmiştir (Popli ve ark., 2021).

Napoli Ulusal Araştırma Konseyi Yüksek Performanslı Bilgi İşlem ve Ağlar Enstitüsü için yaptığı yeşil metrik projesinde, sisteme giren enerjinin, aslında akım direnç (IR) bileşeni dışında, HVAC (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme) ve UPS (kesintisiz güç kaynağı) gibi bileşenler için kullanıldığı belirtilmektedir. BT bileşeni için sadece enerjinin küçük bir kısmı, yani %30'u, doğrudan hesaplama için kullanılırken, geri kalanı

güç kaynağı, fanlar ve sürücüler için kullanılır. Ayrıca, BİM enerji zinciri genellikle doğrudan hesaplama sonucunda enerjiyi yeterince kullanmadığı ve sunucunun destekleyebileceğinden daha az enerji için kullanıldığı ifade edilmektedir (Napoli ve Forestiero, 2016).

BİM'lerin soğutma sistemlerine dayanarak iki tür BİM vardır. Bunlardan birincisi diğer odalar veya diğer binalarla soğutma sistemlerini paylaşan BİM'ler (ısı değiştirici, soğutucu, soğutma kulesi, pompalar vb.) ve ikincisi ise bulundukları binayla tesisleri paylaşmayan BİM'lerdir. Son zamanlarda inşa edilen yeni BİM'ler genellikle ikinci türdedir. Yeni BİM'ler, enerji verimliliklerini artırmak için sıvı soğutma, faz değişimi soğutma ve atık ısı geri kazanma gibi son teknoloji teknikler kullanmaktadır. Bazı son teknoloji teknikleri eski BİM'lere de uygulanabilir. Ancak kurulum maliyetleri genellikle oldukça yüksek olduğundan ve genellikle, eski bir BİM için güçlendirme yapmak kolay olmadığından geri ödeme süresi çok uzundur. Bu çalışmanın amacı, Maryland Üniversitesi, College Park'taki ana BİM'in enerji tüketimini azaltabilecek enerji tasarrufu fırsatlarını belirlemek amacıyla enerji tüketimi analizi yapmaktır. Enerji denetimi ve deneysel ölçümlerin yanı sıra, BİM için geliştirilen modeli doğrulamak için simülasyonlar ve sayısal analizler yapıldı. Çalışma, BİM'de zamanla sıcaklık artışının toplam ve kısmi güç arızası senaryoları altında geçici olarak modellenmesini içeriyordu. Farklı akademik BİM'lerin tasarım ve işletme parametrelerinde değişiklikler olsa da bu çalışmada belirlendiği gibi genel enerji tasarrufu stratejilerinde benzerlik beklenebilir. Enerji tasarrufu ile ilgili önlemler, veri merkezindeki termo-akışkan akışını optimize ederek enerji tüketimini azaltmayı amaçlayan tedbirler olarak tanımlanmaktadır (Kyosung Choo ve ark., 2014).

BİM'lerin maliyetlerinin önemli bir kısmı soğutma ekipmanlarına aittir. Doğal olarak, BİM'lerin daha verimli bir soğutma sağlamak için soğuk bölgelerde inşa edilmesi mümkündür. Ayrıca, BİM tesis yöneticileri, doğal ortamdan alınan dış hava ekonomizörlerini kullanarak soğutmayı optimize etmek ve gerçek zamanlı gereksinimlere göre hızı sürekli olarak ayarlamak suretiyle etkiyi artırabilir (Santos, 2021).

Çizelge 3.1.'de Yeşil güç kullanımında en iyi BT şirketlerinin performansı görülmektedir.

Çizelge 3.1. Yeşil güç kullanımında en iyi BT şirketlerinin performansı (Moud ve Kibert, 2018)

Sıralama	Şirket Adı	GP kullanımı (kWh)	GP kullanım oranı
1	Intel	3,429,956,843	%100
2	Microsoft	3,344,727,000	%100
3	Google	1,763,588,904	%47
5	Apple	1,173,352,630	%100
7	Netflix	100,057,534	%298
27	Green House Data	15,675,000	%120
28	Acer America	15,000,000	%104
29	Advantest America	9,200,000	%101

Çizelge 3.1.'e göre en iyi BT şirketlerinin sürdürülebilir enerjiye de ne kadar önem verdikleri ve bu enerjinin toplam elektrik içerisinde ki oranları görülmektedir.

3.2. BİM'de Enerji Verimliliği

BİM'leri karşılaştırmak için kullanılan bir sistem de katman seviyeleridir. Uptime Institute tarafından geliştirilmiş TIA-942 standardına dayalı bir sertifikasyon sistemi bulunmaktadır. 4 farklı katman seviyesi vardır, bunların güvenilirliğine ve diğer değişticilere bağlı olarak BİM'ler 1 ile 4 arasında farklı seviyeler için başvurabilir (Uptimeinstitute, 2012).

BİM'lerdeki güç yoğunluğu gereksinimi giderek artmakta ve sunucuların ömrü kısalmaktadır. Bu kısalan BİM ömürlerini, yüksek verimli BİM'ler haline getirmek, sistem altyapısını değiştirmek veya yükseltmek 3 ile 5 yıl arasında değişebilen zaman almaktadır. Bu sebeple, yeşil BİM'ler için teknolojik bileşenlerin geliştirilmesi için yeni inşa edilen BİM'lere odaklanılmaktadır. Soğuk iklim bölgelerinde bulunan BİM'lerde, dış havayı doğrudan soğutma sistemlerine kontrol ve entegre etmek suretiyle mevcut ekonomizer döngü süresi artırılmakta ve 1.25 veya daha düşük bir PUE değeri sağlanmaktadır. BİM'lerde, fanlar ve pompa sistemleri için değişken hızlı sürücüler uygulanarak PUE daha da azaltılmaktadır. Sistemlerin çoğu için nihai ısı emici ortam hava olsa da, bazı durumlarda daha kararlı sıcaklıkları nedeniyle akarsular veya rezervuarlar gibi su kaynakları da kullanılabilir (Cho, 2016).

Artan enerji tüketimi, yakıt yanması yoluyla karşılanacak, buradan sağlanamazsa şebekelerden fazla güç alarak sağlanacaktır. Bir rapora göre, BİM'ler 2025 yılına kadar küresel elektrik üretiminin %33'ünü tüketme potansiyeline sahiptir (Popli ve ark., 2021).

Ödüllü bina, özgün mimari ve tasarımsal yaklaşımıyla dikkat çekerken aynı zamanda sürdürülebilirlik kriterlerini ve LEED-DC platin sertifikası standartlarını karşılayan çeşitli özelliklere sahiptir. Termal labirent sistemi, Türkiye'de ilk kez kullanılan ve pasif ısıtma ve soğutma tekniklerine odaklanan bir sistemdir. Bu sistem, iç mekân termal konforunu sağlamak için tasarlanmıştır ve enerji tasarrufunu destekler. Termal beton döşeme ve soğutma sistemi, bina içindeki sıcaklık kontrolünü amaçlar. Betonun termal kütlesini kullanarak sıcaklık dalgalanmalarını azaltır ve enerji verimliliğini artırır. Soğuk giriş sistemi, termal köprülerin oluşumunu engelleyerek yapıya avantaj sağlar. Enerji kaybını minimize eder ve bina kabuğunun termal performansını artırır. Hava kalitesini artıran iç mekân havalandırma sistemi, temiz ve sağlıklı bir iç ortam sağlamak için tasarlanmıştır. Hava sirkülasyonunu optimize eder, havayı filtreler, nem kontrolü sağlar ve taze hava sağlar. (Selçuk, 2010).

Yapılan çalışmalar, LEED-DC'lerin enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik yaygın bir yaklaşımın olduğunu ortaya koymaktadır. LEED programı, ticari bir binanın tasarım, inşaat ve işletme süreçlerinde çevre bilincini belgelemek için uygun bir performans değerlendirme yöntemi sunmaktadır, ancak doğrudan LEED-DC'ler üzerinde odaklanamamıştır (Prisco, 2009).

Yeşil bir BİM oluşturmak, altyapıdaki verimsizlikleri tanımlamak ve ele almakla başlar. Çevre dostu malzemelerin ve konum özelliklerinin etrafında akıllı seçimler yapmak da zaman içinde önemli bir etki meydana getirecektir. BİM güç tüketiminin azaltılmasına öncelik verilmesi, çevre dostu tasarım ile ilişkili maliyet tasarruflarının büyük bir kısmını yönlendirecektir ve modüler prefabrike çözümlerde bu verimlilikler yerleşiktir ve minimum kesinti ile kurulabilir. BİM tesis yöneticileri, çevresel etkiyi azaltma ve güç maliyetlerini düşürme konusunda önemli ilerlemeler kaydetmek için aşağıdaki beş adımı izleyebilirler (Struckmeier, 2018).

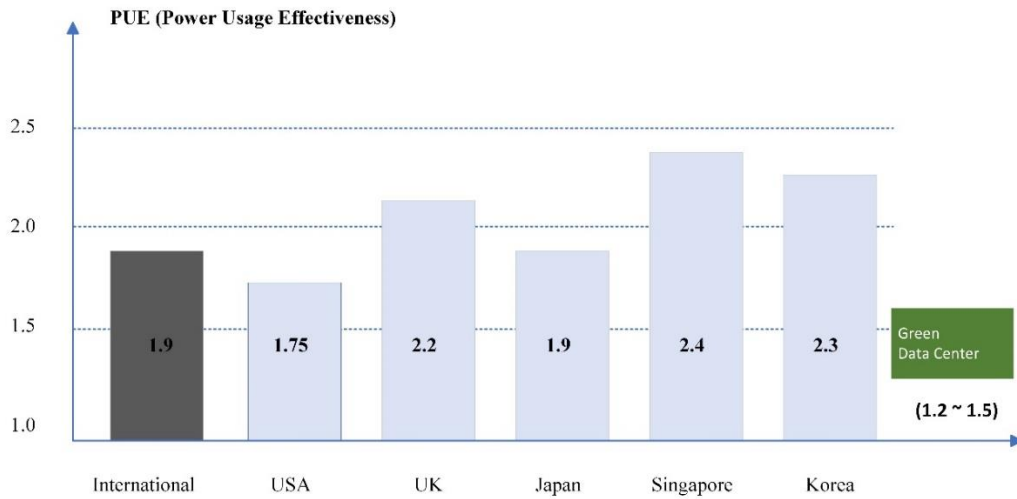
İstanbul Teknik Üniversitesi'nde yapılan bir yüksek lisans tez çalışmasında, enerji verimli üniversite binaları ve kampüsler için sürdürülebilirlik koşullarının yapılandırılması hedeflenmiştir (Emen, 2013).

USGBC BİM'ler için daha fazla çözüm sunmak amacıyla LEED for Building Design and Construction (BD+C) ve LEED for Operations and Maintenance (O+M) derecelendirme sistemlerini uyarlamıştır. LEED, BİM'lere yönelik dünyanın ilk yeşil

bina derecelendirme sistemidir. USGBC, bu projeleri LEED derecelendirme sistemleri paketi içine dahil ederek, bu tesislerin ve sahiplerinin sürdürülebilirlik hedeflerini başarılı bir şekilde gösterebilmeleri için engelleri ortadan kaldırmaktadır. LEED sertifikalı BİM'ler, insanlara, gezegene ve ekonomiye fayda sağlama amacı taşırlar. LEED sertifikası almak, bu projelerin daha az enerji, su ve doğal kaynak tüketmesini sağlayarak, yerel ve küresel çevre üzerindeki genel etkilerini azaltmayı hedefler (Usgbc, 2021).

BİM'ler, çeşitli iş modellerine sahip olabilir. Bu modeller arasında en yaygın olanı, bir şirketin kendi kullanımı için büyük veya küçük ölçekli bir BİM binası inşa etmesidir. Bu şekilde, şirket tüm veri ihtiyaçlarını kendi BİM tesisinde karşılamayı amaçlar. Daha modern bir yaklaşım olarak, BİM operatörleri şirketlere sunucularını yönetmek için ortak konumlu BİM'lerde yer sağlar. Bu sayede şirketler, kendi BİM tesislerini inşa etme zorunluluğu olmadan hızlı bir şekilde sunucularını barındırabilirler. Ayrıca, Amazon, Google veya Yandex gibi şirketlerin bulut hizmetleri için kullandıkları bulut BİM'leri de bulunmaktadır. Öngörülere göre, gelecekte bulut BİM'lerinin, BİM endüstrisinde daha büyük bir paya sahip olması ve geleneksel BİM modellerinin bu bulut hizmetlerine geçiş yapmaya başlaması beklenmektedir (CyrusOne, 2018).

Şekil 3.4. de ülkelere göre yeşil BİM'lerdeki PUE dağılımları görülmektedir.



Şekil 3.4. PUE dağılımı (Veri sayısı ülkeye göre değişir)(Cho, 2016)

Şekil 3.4.' ye göre yazılı olan ülkelerde yeşil BİM'ler de ki PUE' nin değer aralığının üzerinde olduğu anlaşılmaktadır.

3.3. BİM’de LEED-DC Kullanılması

LEED-DC'ler mevcut sunucuların, işlem ekipmanının, belirli verinin işlenmesi, depolanması, yönetimi ve dağıtımı için tasarlanmış tesislerdir. Bu tür tesisler, yıllık 8760 saatlik çalışma süresi boyunca kesintisiz olarak klima sistemlerini çalıştırabilmelidir. Küresel olarak artan önem nedeniyle, LEED-DC'ler enerji tüketimini azaltmak için yeni yöntemleri test etme ve uygulama gerekliliğini vurgulamakta ve ilgili altyapının hazırlanmasını gerektirmektedir. Bu şekilde, LEED-DC'lerin çevresel etkileri ve enerji verimliliği üzerindeki önemi artmaktadır (Santos, 2021).

LEED sertifikasına sahip binaların çalışan memnuniyetini ve üretkenliğini artırdığı ve bu nedenle çalışan devrini azalttığı gösterilmiştir. Azaltılmış gürültü, iyileştirilmiş ergonomik müdahaleler, yeterli aydınlatma ve hava kalitesi gibi faktörlerin, çalışanlar üzerinde olumlu etkileri olabileceği belirlenmiştir. Çalışan verimliliği üzerindeki küçük değişikliklerin ve iyileştirmelerin, enerji tasarrufundan daha ağır bastığı belirtilmiştir (Kubba, 2010).

BİM’ler, son yirmi yıldır BT hizmetleri sunan yaygın altyapılardır. Ancak, LEED-DC'ler artık yüksek enerji yoğunluğuna sahip sunuculara dönüşmüş merkezlerdir. Günümüzde işlenmekte olan veri miktarı Zeta Baytlara yükselmiş durumdadır ve gelecekte daha da artması beklenmektedir. Bu abartılı miktarda veriyi yönetmek, dolaylı olarak küresel ısınmanın şiddetini artıracaktır. Hesaplama, veri iletimleri ve veri merkezinin soğutulması için daha fazla güce ihtiyaç duyulacak. (Popli ve ark., 2021).

Yapılan bir çalışmada LEED-DC sertifikalı binaların maliyetlerine ilişkin mevcut araştırmalarda eksiklikler olduğu belirtilmiştir. Bu eksikliğin belirlenmesi için literatürdeki çalışmalara bakılarak, LEED sertifikalı binalar için önceden belirlenmiş yeşil bina kriterlerinin varlığı incelenmiştir. Ayrıca, bugüne kadar yapılmış kapsamlı maliyet-fayda analizi çalışmalarının mevcut olup olmadığı da değerlendirilmiştir. Yüksek öğretim kurumları (YÖK) tarafından LEED-DC binalarının maliyetleri ve faydaları hakkında bilgiler sunulmuştur. Bununla birlikte, dünyada LEED sertifikalı kampüs binaları için kapsamlı bir maliyet-fayda analizi raporunun bulunmadığı belirtilmiştir (Hopkins, 2015).

BİM’lerin enerji tüketimi konusunda yasa koyucuları, BT sektörü liderleri ve ülkelerin enerji bakanlıkları gibi kurumları harekete geçirerek tüketim artışını durdurmak için önlemler almaya yönlendirmiştir. Yapılan tüm çalışmalara rağmen sertifikayı hak eden ve tüm yapıları değerlendiren çalışmaların eksik olduğunu belirtmiştir. Ayrıca,

yapıları sertifikalar ve sürdürülebilir tasarım kriterleri açısından yapı türüne bağlı olmadan değerlendiren çalışmaların da olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu çalışma kapsamında, yeşil bina sertifikası sistemlerinden en yaygın olanı olan LEED sertifikası sistemi ele alınmış ve ülkesinde LEED sertifikasına sahip yapıların değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Seçilen örnek yapılar, sertifikasyon kriterleri ve sürdürülebilir tasarım kriterleri açısından değerlendirilmiştir (Moud ve Kibert, 2018).

Bir araştırmaya göre, yüksek puan alan LEED binalarında çalışanların daha az hasta oldukları, daha temiz hava, daha iyi ışık ve havalandırma gibi faktörlerin etkisiyle hasta geçirdikleri gün sayısında önemli bir azalma olduğu gösterilmiştir (Norm ve ark., 2009).

Bir tez çalışmasında, LEED-DC sertifikasına sahip bir Organize Sanayi Bölgesi'ndeki bir fabrika binası incelenmiş ve proje sorumlusuyla görüşmeler yapılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda, Türkiye'de yeşil bina değerlendirme sistemlerinin uygulanmasıyla ilgili değerlendirmeler yapılmış, Türkiye için bir yeşil bina değerlendirme platformu oluşturulması durumunda göz önüne alınması gereken konular vurgulanmış ve çözüm önerileri sunulmuştur (Topçu, 2010).

İstanbul Teknik Üniversitesinde yapılan tez çalışmasında, LEED-DC'nin sunduğu kriterlere uygun olarak ARI Teknokent Kuluçka Merkezine sahip olan İstanbul Teknik Üniversitesi'nde analiz edilmiş, binanın LEED sertifikalandırma sisteminde daha fazla kredi kazanabilmesi için proje ekibine öneriler sunulmuş ve enerji simülasyonu yapılmıştır (Saka, 2011).

İstanbul Üniversitesinde yapılan çalışmada, LEED-DC gibi yaygın olarak kullanılan yeşil bina çevresel etki değerlendirme araçları, özellikle malzeme unsurlarına odaklanmaktadır. Malzemenin yeşil hale getirilmesi açısından, yaşam döngüsü değerlendirme yöntemiyle ilişkilendirilen parametrelerin ortaklıkları son derece önemlidir. Bu araçlar, ülkemizde bir binanın değerlendirilmesi sırasında malzemeyle ilgili hangi parametrelerin bilinmesi gerektiği konusunda öneriler sunmaktadır (Özdemir, 2005).

USGBC tarafından geliştirilen LEED-DC sistemi, sürdürülebilir tasarımlar için oluşturulmuştur. LEED-DC, kolay ve hesaplanabilir bir şekilde yeşil bina inşaatı, işletme ve tasarımının belirlenmesi ve uygulanması için bir kılavuz olarak hizmet etmektedir. Bu derecelendirme sistemi, inşaat ve tasarım kriterlerinden oluşur ve bu kriterleri karşılayan binalar sürdürülebilir olarak kabul edilir (Xuan, 2012).

3.4. LEED-DC Sertifikasına Sahip Binalar

Literatürde yapılan çalışmalara ek olarak özel şirketler tarafından gerçekleştirilmiş yüksek kapasiteli LEED-DC sertifikasına sahip BİM'ler vardır. Bu bölümde bunlardan bazıları hakkında bilgi verilecektir.

Apple'ın "iDataCenter" adlı 500,000 metrekarelik tesis, Platin statüsü kazanan en büyük tesistir. Şirket, inşaat sürecinde geri dönüştürülmüş malzemelerin %14'ünü kullanmış ve inşaat atıklarının %93'ünü düzenli depolama alanlarına yönlendirmiştir. Ayrıca, Apple satın aldığı malzemelerin %41'ini, Maiden sahasının 500 mil yakınından temin etmiştir. Apple, faaliyetlerini desteklemek için yakın zamanda planlarını açıkladığı 20 megavatlık bir güneş enerjisi tesisi ve 5 megavatlık enerji üretebilen biyogazla çalışan bir yakıt hücresi inşa etmeyi planlamaktadır. Tesis ayrıca, BİM soğutma sistemlerine soğuk su sağlamak için soğuk dış havanın bir ısı eşanjörüne dahil edildiği ve su tarafında tasarruf sağlayan bir "serbest soğutma" sistemini kullanmaktadır. Şirket, ekonomizör sisteminin kullanılmasının yaklaşık olarak yılın %75'inde uygun olacağını tahmin etmektedir (Malone ve ark., 2021).

Citigroup'un Frankfurt'taki 230,000 metrekarelik tesisi, Nisan 2009'da Platin derecesi alan ilk operasyonel BİM olarak öne çıkmaktadır. Bu tesis, temiz hava "serbest soğutma" kullanımı için optimize edilmiş bir tasarıma sahiptir. Tesiste ayrıca dışa dönük yeşil özellikler bulunmaktadır: Toplam çatı alanının %72'si "yeşil çatı" alanıyla kaplanmış ve dikey bir "yeşil duvar" bitki örtüsüyle süslenmiştir. Bu yeşil alanlar, toplanan yağmur suları ile sulanmaktadır (Atabekyan, 2020).

V2 BİM'de, "İnternet ölçeğindeki" sunucu gruplarının önderlik ettiği tasarım konseptleri uygulanmıştır. V2 BİM, 1,12'lik PUE sağlayarak dünyanın enerji verimli en yüksek BİM'leri arasında yer almaktadır. İki katlı BİM, Facebook'un geçtiğimiz yıl ABD'deki ilk BİM'de uyguladığı Açık Bilişim tasarımına benzer şekilde, soğutma sunucuları için dış havayı işlemek üzere binanın üst katının tamamını bir plenum olarak kullanan bir "çatı katı" soğutma sistemine sahiptir. Bu tasarım, Prineville, Oregon'daki Facebook BİM'de uygulanan tasarıma benzerlik göstermektedir (Informa, 2010).

Avrupa BİM geliştiricisi e-shelter, Zürih şehir merkezine yaklaşık 10 kilometre uzaklıkta, Rümlang'da 26,000 metrekarelik (279,864 fit kare) yeni bir BİM açmıştır. Şirket, USGBC tarafından Platin ön sertifikayla ödüllendirildiğini belirtmiştir. Bu bina, sunuculardan gelen atık ısıya bitişik binaların ısıtılmasında kullanılmasına olanak sağlayan bölgesel ısıtmanın dağıtımını sağlayan yeni geliştirilmiş bir yüksek sıcaklıklı ısı

pompasına sahiptir. e-shelter Zürih yakınlarında B M alanı arayan herhangi bir kurumsal şirketin i  ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde ayarlanmıştır (Informa, 2010).

GE Appliances & Lightings, Louisville'deki Appliance Park'ta GE Appliance ve Lighting bölümünü desteklemek amacıyla yeni bir LEED Platinum B M'i tanıtılmıştır. Ultra düşük akışlı su armat rleri, bina içindeki su tüketimini sektöre göre % 42 daha azaltarak sağlamaktadır ve GE, tesis dışında yenilenebilir enerji satın alarak tahmini yıllık enerji tüketiminin yüzde 35'ini dengelemi tir. Aynı zamanda, inşaat malzemelerinin % 50.7'sini bölgesel olarak temin etme, % 30.2'sini geri d n  t r lm   malzemelerle inşa etme ve % 85'ini yönlendirme gibi uygulamalarıyla LEED kredisi almıştır (Informa, 2010).

Scala B M'leri, Latin Amerika'daki en iyi sürdürülebilir hiper  l ekli B M operatörüdür. 2020 yılından bu yana, LATAM bölgesinde %100 yenilenebilir enerji kullanan ilk B M operatörü olarak faaliyet göstermektedir. Ayrıca,  irketin B M'leri, 1.5 PUE değerine sahiptir. Scala, iMasons İklim Anlaşması  yesi olup, 2021 yılında CarbonNeutral sertifikasını almıştır (Swallow, 2023).

3.5. Literatürün Değerlendirilmesi

Yapılan literatür taramasında, B M'lerde enerji verimliliğini analiz eden ve LEED-DC konusunda yapılan çalışmalara odaklanılmıştır. Ancak,  niversite B M'lerini sürdürülebilir hale getirmek için yapılan az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Üniversitelerde yer alan B M'lerin kapasitesi çok yüksek değildir. Bu sebeple kampüslerde yer alan B M'lerde enerji verimliliği elde etmek için yapılan çalışmalar olsa da bir kampüs B M'inin LEED-DC alabilmesi için tekno ekonomik analiz içeren çalışma literatürde çok az yer almaktadır.

Bu nedenle, S B M'in LEED-DC sertifikası standartlarını kar ılamasının fizibilite analizi, bu alandaki bo lu u doldurmayı hedefleyen bir tez çalışması olarak gerçekleştirilmiştir. Bu  alı ma, B M'in enerji verimliliğini artırmak, yenilenebilir enerji kaynaklarına ge i i desteklemek, atık yönetimini iyileştirmek ve çevresel etkisini azaltmak gibi sürdürülebilirlik hedeflerini değerlendirecektir. Böylelikle, Selçuk  niversitesi'nin bilgi işlem altyapısını daha çevreci ve sürdürülebilir bir şekilde yönetme potansiyeli değerlendirilecektir.

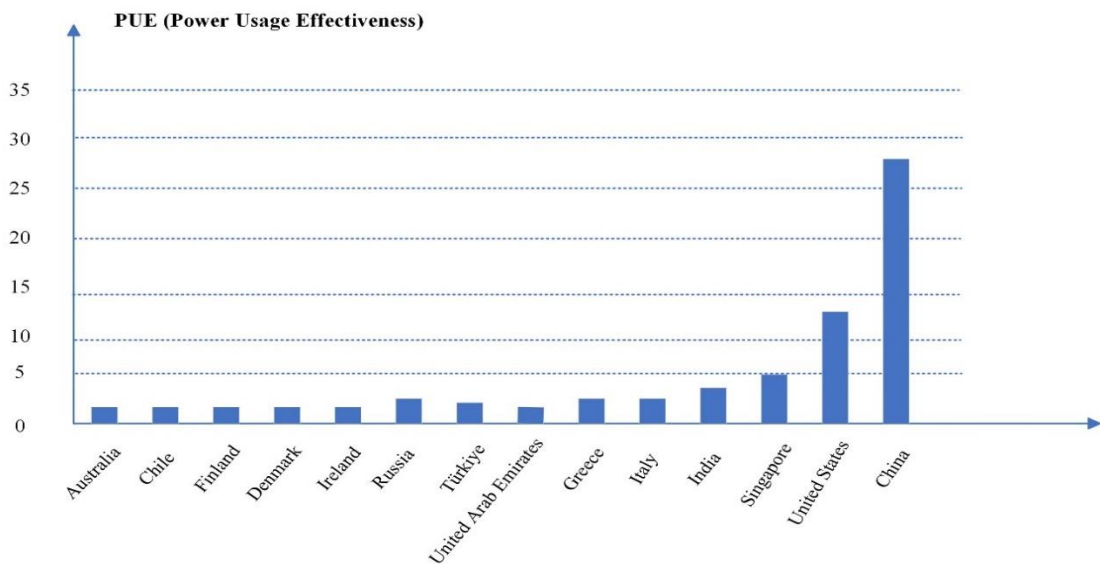
4. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu kısımda çalışma sırasında izlenen yöntemler verilmiştir. Bu tez, yeşil BİM'lerin sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği açısından değerlendirilmesine odaklanmaktadır. Araştırmanın amacı, LEED-DC BİM'lerin özelliklerini ve değerlendirme kategorilerini incelemektir. Tez, mevcut durum ve istenen durumun karşılaştırılmasıyla bir fizibilite çalışması sunmaktadır. Ayrıca, SÜBİM için teknik ve ekonomik analizler sunulmuştur. Teknik analizler, fotovoltaik sistemlerin ve yağmur suyu geri dönüşüm sisteminin incelenmesini içermektedir. Ekonomik analizler ise bu sistemlerin maliyet-etkinlik açısından değerlendirilmesini sağlamaktadır. Son olarak, yağmur suyu hasadı sisteminin fayda-maliyet analizi sunulmaktadır.

4.1. LEED-DC

LEED derecelendirme sistemi, yeşil binaları tanımlar ve değerlendirir. Bu sistem, USGBC tarafından 1993 yılında resmileştirilmiş olup üyeleri tarafından geliştirilmiştir. Konsey, LEED derecelendirme sistemi komitesinin çeşitli bileşenlerden oluştuğunu belirtmektedir. Bu bileşenler arasında mimarlar, emlakçılar, bina sahipleri, avukatlar, çevreciler ve sektör temsilcileri bulunmaktadır. Bu çeşitlilik, sürece ve nihai ürüne zenginlik ve derinlik katmaktadır (Usgbc, 2021).

Aşağıdaki Şekil 4.1.'deki grafikte dünyada LEED-DC sertifikası alan BİM'lerin ülkelere göre dağılımı görülmektedir.



Şekil 4.1. Dünyada Leed-DC sertifikasına sahip BİM'lerin ülkelere göre sayısı (Gökçül, 2023)

LEED'in kendi tanımına göre, bir binadaki LEED plaketi, yeşil bir binada kalite ve başarının bir işaretidir. Dolayısıyla, LEED sertifikasına sahip herhangi bir bina, en yüksek düzeyde enerji verimliliği ile tasarlandığını, inşa edildiğini ve bakımının yapıldığını kanıtlamıştır. Çevre dostu tasarım ve yeşil bina girişimlerinin popülerliği ve gerekliliği artmaya devam ederken, LEED sertifikası, modern tesisler için önemli bir rekabet avantajı sağlamaktadır. 2015 ile 2018 arasında, LEED sertifikalı binaların 1.2 milyar dolarlık enerji tasarrufu, 149.5 milyon dolarlık su tasarrufu, 715.3 milyon dolarlık bakım tasarrufu ve 54.2 milyon dolarlık atık tasarrufu sağlayacağı tahmin edilmektedir. Bu binalar, sadece LEED uyumlu olmanın getirdiği büyük ölçekli yeşil enerji tasarrufu elde etmekle kalmaz, aynı zamanda bu binaya ilişkin kamu algısını da geliştirecektir (Hopkins, 2014).

LEED-DC sertifikasyonu, BİM'lerin sürdürülebilirlik standartlarına uygunluğunu belirlemek için özel olarak tasarlanmış bir LEED sertifikasıdır. Bu sertifikasyon süreci, bina performansı faktörlerini değerlendirir ve puanlama sistemi üzerinden sertifikasyon seviyelerini belirler. Puanlama sistemi, çeşitli kategorilerdeki performansı değerlendirerek binalara puan verir ve belirli bir puan eşliğini aşan binalara sertifikasyon verilir. Sertifikasyon seviyeleri arasında LEED Altın ve LEED Gümüş gibi farklı derecelendirmeler bulunmaktadır.

Yeşil BİM'lerin enerji tüketimini azaltmak ve çevresel etkilerini minimize etmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Enerji tüketimini azaltmak için gelişmiş soğutma sistemleri kullanılabilir. Bu, tesisin soğutulması için dış havanın kullanılması ve buharlaştırma yoluyla soğutma sağlanması, yüksek sıcaklıklarda çalışabilen özel sunucuların kullanılması ve değişken hızlı fanlara sahip soğuk hava tutma bölmelerinin sunucu gereksinimleriyle uyumlu hava akışını sağlamak gibi çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Soğutma verimliliğinin artırılması da önemlidir. Örneğin, soğutulmuş su depolama sistemlerinin kullanılması, elektrik tüketimini yoğun saatlerden yoğun olmayan saatlere kaydırarak günlük 10,400 kWh'ye kadar enerji tasarrufu sağlayabilir ve bu şekilde soğutma verimliliğini artırır. Enerji tüketiminin azaltılması da hedeflenen bir adımdır. Gerçek zamanlı güç izleme ve analiz kullanımı, gücün akıllıca dağıtılmasına yardımcı olur. Gücün daha yüksek voltajlarda dağıtılması, güç kaybını azaltır ve enerji tüketen transformatörlerin kullanımını ortadan kaldırmak, gücün uygun voltaja dönüştürülmesine ve ısı üretiminin azaltılmasına yardımcı olur. Genel amaç, BT yükünün ötesinde kullanılan enerjinin ölçüsü olan düşük PUE değerini korumaktır. Temiz bir yedek güç sistemi kullanmak da önemlidir. İnovatif bir yaklaşım, kesintisiz güç sağlayan

pillerle dolu bir odanın mekanik çarklar ve dizel motorlarla değiştirilmesidir. Bu, emisyonları, gürültü kirliliğini ve yakıt tüketimini azaltır. Yenilenebilir enerji kullanımı da önemli bir adımdır. Güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerjinin kullanılması, yeşil BİM'lerin özelliğidir, özellikle LEED sertifikası için talip olunması durumunda gereklidir. Yeşil inşaat da dikkate alınmalıdır. Tesisin inşası, LEED sertifikasını etkileyebilir. Geri dönüştürölmüş malzemelerin kullanılması, inşaat malzemelerinin şantiye yakınında satın alınarak fosil yakıt tüketiminin azaltılması ve inşaat atıklarının yakındaki öplöklere yönlendirilmesi, LEED derecelendirmelerine olumlu katkıda bulunur. Akıllı tasarım da önemlidir. Sıralı bir tasarımın benimsenmesi, ısıyı daha küçük bir alana sınırlayarak soğutulacak alanı azaltır ve böylece elektrik tüketimini önemli ölçüde azaltır. Benzer şekilde, modüler bir tasarım, soğutmayı sadece gerekli olan alana sınırlayarak tesisin tamamını soğutmaktan daha verimli bir yaklaşım sağlar (Carroll, 2014)

LEED-DC sertifikasyonu, BİM'lerin enerji verimliliğini artırma, su kullanımını azaltma ve çevresel etkilerini en aza indirme gibi hedeflere ulaşmada bir rehberlik sağlamaktadır. Yeşil BİM'lerde eski nesil, gereksiz enerji harcayan sistemlere yer verilmemekte ve kapasitesinin altında çalışan veya inaktif durumda bekletilen sunucular ve BT ekipmanları bulunmamaktadır. 2016 yılından bugüne kadar uygulanan en güncel LEED-DC versiyonunda, aşağıda belirtilen değerlendirme başlıkları ve maksimum puanları kullanılmaktadır (Aşan, 2022).

- **Sürdürülebilir Araziler – 10 Puan**

Sürdürülebilir alanlar, yeşil bina çalışmalarının en önemli unsuru olarak önem taşır. Bu kapsamda, LEED-DC Sertifikası için inşaat kaynaklı kirliliğin azaltılması ve toprak erozyonunun önlenmesi gibi faktörler önceliklidir. Bu şekilde, yeşil bina projeleri çevresel etkileri en aza indirgeyerek sürdürülebilir ve ekolojik dengeye uyumlu yapılar oluşturmayı amaçlar (Semtrio, 2020). Bu kategori için gereklilikler aşağıdaki gibidir.

1. Sahadaki asfaltlanmış alanlarda (oyun alanları dahil) gölge sağlayan bitki alanları oluşturulmalıdır.
2. Yeşil alanlarla ilgilenen bir yetkili projeye dahil edilmelidir.
3. Güneş termal kolektörleri, fotovoltaiik panellerin kapsadığı bölgelerde gölgelikler oluşturulmalıdır.
4. 3 yıllık mimari cihazlar için güneş yansıtma (SR) değeri en az 0.28 olan alanlarda gölgelikler oluşturulmalıdır. Eğer 3 yıllık veri yoksa, başlangıç SR değeri en az 0.33 olmalıdır.

5. Bitkisel yapılar için gölgelik alanları oluşturulmalıdır.
6. En az %50'si bağımsız açık ızgara döşeme sistemleri kullanılmalıdır.

- **Su Verimliliği – 11 Puan**

Su tüketimi, çevresel açıdan büyük bir öneme sahiptir. Bu kategoride, su kullanımının azaltılması ve atık suların geri dönüşümü gibi konular önceliklidir. LEED-DC Sertifikasyonu çerçevesinde, alternatif su kaynaklarının kullanımı, su arıtma tekniklerinin geliştirilmesi, binada ve sulamada su tüketiminin azaltılması ve suyun verimli bir şekilde kullanılması için stratejilerin oluşturulması hedeflenir. Bu sayede, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir su yönetimi sağlanarak çevresel etkiler en aza indirgenir (Semtrio, 2020). Bu kategori için gereklilikler aşağıdaki gibidir.

1. Yağmur suyu sistemlerinden gelen suyun %25'ini toplamak ve tekrar kullanmak için düşük etkili gelişme (LID) uygulamalarının kullanılması gerekmektedir.
2. Yağmur suyu sistemlerinin sürekli performansını sağlamak için yıllık bakım programları oluşturulmalı ve bu programlar düzenli olarak denetlenmelidir.
3. Yıllık denetimler, erozyon kontrolü, bakım gereksinimlerinin belirlenmesi ve onarım alanlarının tespit edilmesi gibi konuları içermelidir. Denetim sonuçları belgelenmeli ve gerektiğinde 60 gün içinde gerekli bakım, onarım ve dengeleme faaliyetleri tamamlanmalıdır.
4. Projede kullanılan su miktarının belirlenmesi için su sayaçları kurulmalıdır.
5. İçilebilir su miktarını ölçen sayaçlar takılmalıdır.
6. Toplam içilebilir su kullanımı, bir yıl boyunca aylık olarak kaydedilmelidir.
7. İçme suyu kullanım verilerine dayanarak su performans puanı hesaplanmalıdır(USGBC, 2024).

- **Enerji ve Atmosfer – 33 Puan**

Enerji ve atmosfer, LEED-DC Sertifikasyonu sürecinde kritik bir kategoridir. Bu kategori, doğal enerji kaynaklarının kullanımının küresel ısınma ve doğal denge üzerindeki etkilerini azaltmayı hedefler. Yeşil binalar, enerji tüketimini kontrol altında tutmak için gelişmiş teknoloji stratejilerini benimsemelidir. Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin enerji verimliliğini desteklemek, bu kategorideki hedefler arasındadır (Semtrio, 2020). Gereklilikler şöyledir:

1. Toplam bina enerji tüketimi (elektrik, doğal gaz, soğutulmuş su, buhar, akaryakıt, propan vb.) ölçümü için gerekli olan sayaç ve alt sayaçlar kurulmalıdır.

2. Proje sahibi, yönetim organizasyonu veya kiracı, üreticinin önerdiği aralıkta sayaçları kalibre etmelidir.
3. Enerji performans puanı için enerji tüketimleri, bir yıl boyunca aylık olarak kaydedilmelidir.

- **Malzeme ve Kaynaklar – 13 Puan**

Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini minimum düzeye indirmek ve kaynak kullanımını azaltmak, LEED-DC Sertifikasyonu sürecinde önemli bir kriterdir. Malzemelerin hammaddesinin elde edilmesi ve binada kullanımı sırasında doğaya verilen zarar en aza indirilmelidir. Aynı zamanda, kullanılan malzemelerin ömrünü tamamladıktan sonra geri dönüştürülebilir veya yeniden kullanılabilir olması da önemlidir. Bu kategorinin temel hedefleri, kaynak kullanımını minimize etmek, atık miktarını azaltmak ve geri dönüşümü teşvik etmektir. Yapı malzemelerinin seçiminde, sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen ve çevresel etkisi düşük olan malzemeler tercih edilmelidir. Ayrıca, geri dönüşüme uygun malzemelerin kullanımı da teşvik edilmelidir (Semtrio, 2020).

1. Bina sahipleri, işletmeciler veya kiracılar tarafından ortak bir kararla, LEED derecelendirme sistemi stratejilerini kullanarak yenileme ve bakım işleri için belirlenen planlar ve stratejiler uygulanmalıdır. Bu yenileme faaliyetleri, bina iyileştirmeleri ve kiracı ekipmanlarını içerebilirken, bakım faaliyetleri genel onarım ve değişimleri içermektedir.

2. Kağıt, karton, plastik, metal, pil, lamba ve cam atıkları için ayrı toplama konteynerleri bulundurulmalıdır.

3. Üretilen tüm atıkların ağırlıkları belirlenmelidir.

4. Bir tam yıl boyunca üretilen toplam atık miktarı (lbs, kg veya ton cinsinden) kaydedilmeli ve ölçülmelidir. Atık analizi yapıldıktan sonra, depolama alanlarına ve yakma tesislerine yönlendirilen toplam atık miktarı belirlenmelidir.

5. Üretilen atık miktarları ve atıkların yönlendirilme süreçleri dikkate alınarak atık yönetim performansı hesaplanmalıdır (USGBC, 2024).

- **İç Ortam Kalitesi – 17 Puan**

İç ortam kalitesi, bina kullanıcılarının sağlık, konfor ve üretkenlik açısından en iyi koşullarda çalışmasını sağlamak amacıyla LEED-DC Sertifikasyonunun bir parçasıdır. Bu kategori, havalandırma sistemleri, iç mekân hava kalitesi, doğal ışık ve görüş, gürültü kontrolü ve malzeme seçimi gibi unsurları değerlendirir. İyi bir iç ortam kalitesi,

Çalışanların verimliliğini artırırken sağlık sorunlarını azaltır ve kullanıcı memnuniyetini artırır (Semtrio, 2020). Gereklilikler;

1. Bina kullanıcılarının katılımıyla bir anket düzenlenmelidir. Anket, en az 40 bina kullanıcısının görüşlerini içermelidir ve yılda bir kez tekrarlanmalıdır.
2. Uçucu organik bileşikler (VOC) ve toplam uçucu organik bileşikler (TVOC) ölçümleri yapılmalıdır.
3. İç ortam hava kalitesi ölçümleri, normal çalışma saatlerinde ve normal havalandırma koşulları altında, solunum alanının yakınında (90-180 cm yükseklikte) gerçekleştirilmelidir.

- **Yenilik – 6 Puan**

Bu kategori, projelerin LEED-DC Sertifikasyonunda önceden tanımlanmamış yenilikçi stratejiler ve uygulamalar geliştirdiği durumları değerlendirir. Yenilikçi uygulamalar, yeşil binaların sürdürülebilirlik hedeflerini daha da ileri taşımayı hedefler. Bu başlık altında, projenin özgünlüğü, önceden belirlenmiş kriterlere uyum sağlama ve etkileri değerlendirilir (Semtrio, 2020). Bu kategorinin gerekliliği, proje ekibinin en az bir temsilcisi, Operasyon ve Bakım konusunda uzmanlaşmış bir LEED Yetkilendirilmiş Profesyonel (AP) olmalıdır. Beş ana kategori dışında, değerlendirme sürecine yeni bir yaklaşım veya öneri sunulmalıdır. Bu yeni yaklaşımın stratejileri net bir şekilde belirtilmelidir. Ayrıca, uygun bir LEED Pilot Kredisi için geri bildirim anketine kayıt yapılmalıdır, bu da projenin inovasyon ve deneysel yaklaşımlarını desteklemeye yardımcı olacaktır

- **Bölgesel Öncelikler – 4 Puan**

Bölgesel öncelikler, projenin yer aldığı bölgenin özel çevresel ihtiyaçlarına ve hedeflerine odaklanır. Bu kategori, bölgesel olarak belirlenen kriterlere başvurarak projelerin ek puanlar kazanmasını sağlar. Bölgesel öncelikler, her bölge için farklılık gösterebilir ve bölgesel çevresel önceliklerin yerel olarak ele alınmasını teşvik eder.

LEED sertifikasının değerlendirme kategorileri, yeşil binaların sürdürülebilirlik hedeflerini yerine getirmesini ve çevresel performanslarını ölçmek için kapsamlı bir çerçeve sunar. Her kategori, farklı unsurları değerlendirir ve projelerin belirli puanları alabilmesi için belirli kriterlere uyum sağlamasını gerektirir. Bu değerlendirme kategorileri, yeşil binaların çevresel etkilerini azaltma ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma konusunda rehberlik eder (Semtrio, 2020).

- **Yerleşim ve Ulaşım – 16 Puan**

Yerleşim ve ulaşım kategorisi, LEED-DC sertifikasyon sisteminin 4.0 versiyonunda yeni bir ek olarak sunulmuştur. Bu kategori, binada bulunan kişilerin ulaşım alışkanlıklarının çevresel etkilerini azaltmayı hedefler. Sera gazı emisyonlarının azaltılması, karbon ayak izinin minimize edilmesi, binanın çevreye ve sosyal yaşam alanlarına yakın bir konumda olması, yeşil alanların bulunması gibi faktörler bu kategoride değerlendirilmektedir.

Yerleşim (Konum) ve ulaşım kategorisinden puan alabilmek için, binada bulunan kişilerin ulaşım faaliyetlerinin çevreye olan etkilerinin azaltılması önemlidir. Bu, ulaşımın neden olduğu sera gazı emisyonlarının düşürülmesini içerir. Ayrıca, binanın inşa edildiği yerin doğal kaynaklar üzerindeki etkisi de dikkate alınır ve mümkünse binanın sosyal yaşam alanlarına yakın bir konumda olması tercih edilir. Ayrıca, binanın yeşil alanlara sahip olması da değerlendirilen bir konudur (Semtrio, 2020). Kategori değerlendirme gereklilikleri aşağıda belirtilmiştir.

1. Bina çalışanlarının işe gidiş geliş alışkanlıklarıyla ilgili bir araştırma yapılmalıdır.
2. Düzenli bina sakinleriyle görüşmeler gerçekleştirilmelidir. Bina sakinleri, bir çalışma haftası boyunca işe gidiş geliş alışkanlıklarını paylaşmalıdır. Çalışanlar, mevsimsel değişiklikler ve çalışma programlarının farklılıklarını göz önünde bulundurmalıdır.
3. Özellikle günlük ortalama ziyaretçi sayısından fazla olan durumlarda, ziyaretçilerle görüşmeler yapılmalıdır. Ziyaretçiler, ziyaret ettikleri günün ulaşım bilgilerini sağlamalıdır (USGBC, 2024).

Aşağıdaki çizelgede puanlama kategorileri ve SÜBİM'in mevcut durumuna göre olan, araştırma ve izlenimler sonucuna göre kesin olmamakla ve LEED-DC olmadığı kabul edilerek oluşan puanları verilmiştir.

Aşağıdaki çizelge 4.1.'de LEED-DC puanlama kategorileri verilmiştir.

Çizelge 4.1. LEED-DC kategorileri

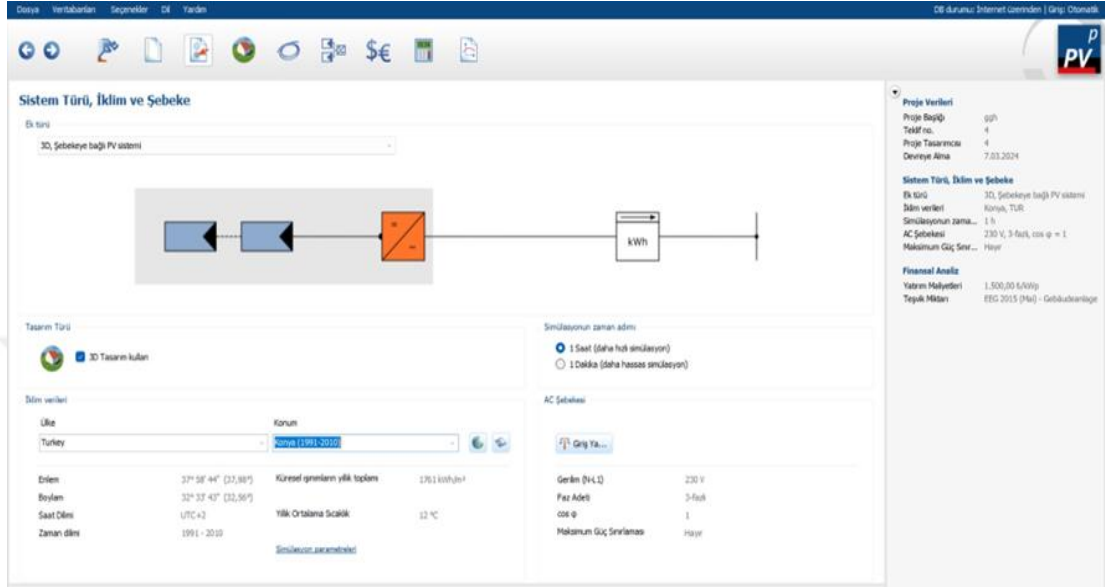
Kategori	Puan
Sürdürülebilir Araziler	10
Su Verimliliği	11
Enerji ve Atmosfer	33
Malzeme ve Kaynaklar	13
İç Ortam Kalitesi	17
Yenilik	6
Bölgesel Öncelikler	4
Yerleşim ve Ulaşım	16
Toplam	110

SÜBİM'in sertifika alabilmesi için alması gereken en düşük puanı sağlaması için bir dizi önlem alınması gerekmektedir. Alınacak olan bu önlemlerin birleşimi sonucu, SÜBİM'in sürdürülebilirlik performansını artırarak en düşük sertifikalı seviyeye ulaşması için gereken önlemler tekno ekonomik açıdan analiz edilecektir.

4.2. PV*SOL

PV*SOL simülasyon programı, 5000 adede kadar PV modülüyle donatılmış tüm PV sistemlerinin gölgelendirmelerini hesaplayabilir. Programın 3D menü navigasyonu, arazi görünümü, nesne görünümü, modül kapsama alanı, modül montajı, modül konfigürasyonu ve kablo planı gibi altı bölümden oluşmaktadır. Ayrıca, şebeke bağımsız sistemler için alternatif akım üzerinde bağlı yüklerin profesyonelce planlanması ve simülasyonu da mümkündür. PV sistem tasarımı oluşturmak için, öncelikle istenen enlem ve boylam parametreleriyle harita tabanı üzerinde başlanır. Ardından PV modülünün teknik özellikleri, toplam kapasitesi ve montaj bilgileri (montaj eğimi, yatay azimut açısı ve montaj sahası özellikleri) belirlenir. Evirici sayısı, teknik özellikleri ve düzenlemesi gibi diğer faktörler de dahil edilir. Ayrıca, sistemin kurulumunda kullanılacak olan tüm enerji kablolarının uzunluk ve kesitleri de hesaba katılır. PV bileşenlerinin görselleştirilmesi için 3D görsel tasarım seçenekleri sunulur. PV*SOL simülasyon programında, iklim veri tabanı olarak MeteoSyn kullanılmaktadır. Kullanıcı isteğine göre, mevcut ölçülen değerlere eklemeler yapılabilir veya kullanıcının kendi aylık ortalama değerlerine göre hesaplamalar yapılabilir. PVSOL simülasyon programı, girilen

parametrelere dayalı olarak bir verim simülasyonu sunar. Program, veri tabanındaki her PV modülü için matematiksel karakteristik eğrinin yeniden hesaplanmasını sağlar. Bu sayede, modül verimlilikleri tam olarak hesaplanabilir. PVSOL simülasyon programı, öğrenciler ve şirketler için farklı ücretlendirme seçenekleri sunmaktadır.



Şekil 4.2. PV*SOL simülasyon programı ekran görüntüsü

4.3. SÜBİM Mevcut Durumu

Bu fizibilite çalışması, üniversite BİM'in mevcut durumunu, cihaz türlerini ve sayılarını, merkezin bina yapısını ve konumunu detaylı bir şekilde analiz edecektir. Ayrıca, LEED-DC sertifikasyonu almanın kademeleri ve puanlama özellikleri üzerinde durulacaktır. Sonrasında, mevcut durum ile istenilen durum arasında bir karşılaştırma yapılacaktır ve LEED sertifikasına sahip olmanın BİM'in bina performansı üzerindeki etkisi değerlendirilecektir.

Bu çalışma, üniversitemiz bünyesindeki tüm birimlerde sürekli olarak İnternet ve İtranet bağlantısı sağlanmasının önemini ve bu bağlantının sürdürülebilirliğini ele almaktadır. Bilgisayarların kesintisiz ve çevrimiçi olarak çalışabilmesi, program kurulumları ve donanım sorunları gibi teknik konuların zamanında ve etkili bir şekilde çözülmesi gerekmektedir. Bu nedenle, Teknik Hizmetler Merkezi bünyesinde görevli teknik personel, bu hizmetleri sağlamak ve üniversitemizdeki kablosuz internet altyapısının stabil bir şekilde çalışmasını sağlamakla görevlidir.

Çizelge 4.2. de mevcut BİM'in fiziksel özellikleri 2019 yılında yayınlanan bir çalışmadan elde edilerek verilmiştir. Güncel özellikler güvenlik tedbirleri sebebi ile BİM tarafından paylaşılmamıştır.

Çizelge 4.2. de mevcut BİM'in fiziksel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.2. Mevcut BİM'in fiziksel özellikleri (Güğül ve ark., 2019)

Fiziksel özellik	Değer
Boyutlar, metre	5×5×2.5
Kapılar, metre	2,2×1,2
Pencereler, metre	1,5×1
İç ortam sıcaklığı	21 °C
Soğutma ekipmanları	4 adet 45.000 Btu salon tipi klima

Çizelge 4.3.'de ise fiziksel özelliklere ek olarak SÜBİM de bulunan BİM ekipmanlarının listesi verilmiştir.

Çizelge 4.3. SÜBİM ekipmanlarının listesi (Güğül ve ark., 2019)

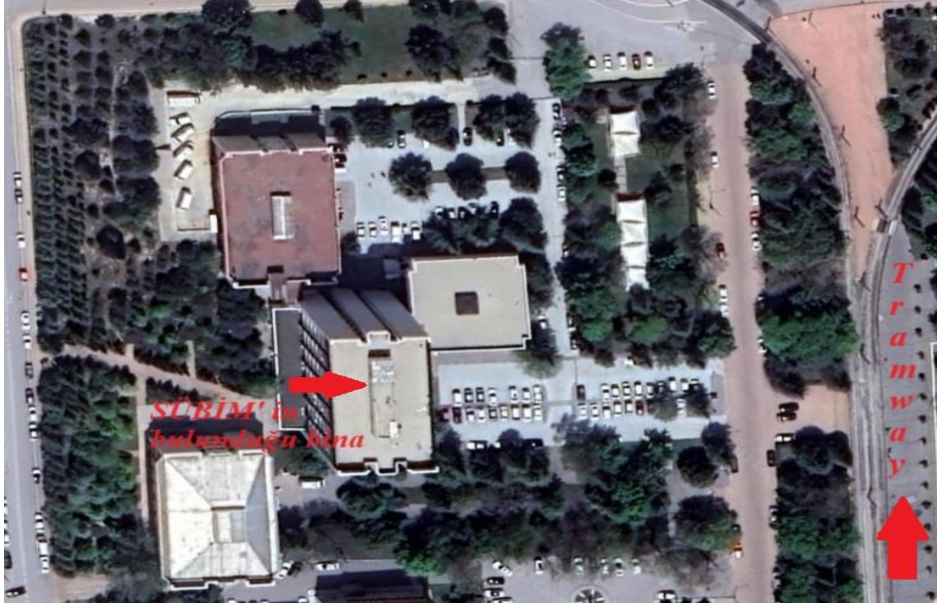
Ekipman	Parça	Ekipmanın özellikleri
Switch (Anahtar)	5	5*7 A 48 Port Switch
Switch (Anahtar)	1	9 A 48 port Switch
Switch (Anahtar)	1	16 A 80 Port Switch
Switch (Anahtar)	1	34 A 72 port switch
Firewall (Güvenlik duvarı)	1	6 A 17/20 Gbps firewall 24
Storage (Depolama)	1	13 A 125x 2.5-inch Storage
Server (Sunucu)	5	5*8 A 2-socket, 2U rack server
Server (Sunucu)	3	3*7 A Xeon Proc server
Server (Sunucu)	3	3*6 A 900 Mhz server
Controller (Denetleyici)	2	2*4 A WLAN Mobilite denetleyici

Çizelge 4.3.'te BİM içerisinde donanım parçaları türleri, sayıları ve özellikleri genel olarak verilmiş olup harcanan elektrik enerjisinin yaklaşık değerini bulmamızda gerekli bilgileri verdiği görülmektedir.

Kampüs internet altyapısı da önemli bir gelişme kaydetmiştir. Birimler arası iletişimi desteklemek amacıyla internet hızı 10 Gbit/s seviyesine çıkarılmıştır. Bu sayede, kullanıcılar en az 1 Gbit/s hızında ağa bağlanabilme imkanına sahiptir. Ayrıca, Üniversitenizin ULAKBİM erişim hızı 2000 Mbit/s seviyesine çıkarılmıştır. Fakülteler, Yüksekokullar ve Meslek Yüksekokullarının taşra birimlerindeki internet erişim hızları da artırılarak, okullarınızın kapasitesine göre 10 Mbit/s'den 20 Mbit/s ve 30 Mbit/s seviyelerine yükseltilmiştir. Üniversiteniz, kablolu ve kablosuz internet altyapısı için ayrı hatlar kullanmaktadır ve bu şekilde sağlıklı bir hizmet sunmaktadır. Ayrıca, mevcut fiziksel bağlantısı ve ağ yapısıyla diğer üniversiteler arasında en hızlı internet çıkış altyapısına sahip olup, ülkemizin en büyük on üniversitesi arasında yer almaktadır. Sistem, iç ve dış müdahalelere karşı korunmakta olup, sürekli olarak iç ve dış tehditlere karşı iyileştirme çalışmaları devam etmektedir (Anonim, 2022a).

Kampüsün alt yapısı, mevcut sistemlere ek olarak 10 km'den daha fazla fiber çekilerek güçlendirilmiş ve yeni bina ve binaların altyapısı tamamlanmıştır. Bölgede yapılması planlanan binaların alt yapıları da şimdiden hazır durumdadır. Kampüs ağı, birimler arası iletişimi desteklemek üzere 10 Gbit/s hızına yükseltilmiştir ve tüm kullanıcılar en az 1 Gbit/s hızında ağa bağlanmaktadır. 5651 sayılı yasa gereği güvenli internet alt yapısı sağlanarak, üniversite alanında hem kablolu hem de kablosuz internet kullanımı güvence altına alınmıştır (Anonim, 2022a).

BİM, kampüs içerisindeki enstitü binasında yer almaktadır ve bulunduğu binanın iki katında hizmet vermektedir. Binanın konumu kuzey-güney yönünde yer almaktadır ve SÜBİM bu binanın iki katında olup toplam alanı yaklaşık olarak 35 metrekaredir. Aşağıda Google Earth' den çekilmiş Şekil 4.3.' de SÜBİM'in kampüs içindeki konumu gösterilmiştir.



Şekil 4.3. SÜBİM'in kampüsteki konumu

Bu bölüm, çalışmanın temel bulgularını ve bunların ilgili literatürle nasıl ilişkilendirilebileceğini vermiştir.

Finansal değerlendirmeye bakacak olursak, Net Bugünkü Değer (NBD) projenin bugünkü değerini hesaplamak için kullanılır. İndirgenmiş nakit akımları yöntemiyle hesaplanır.

Bu tekno-ekonomik analizde, SÜBİM için temel teknik detaylar, maliyetler, gelirler ve bazı hesaplamalar ele alınmıştır. Geri dönüş süresi hesaplanarak yatırımın ne kadar sürede geri kazanılacağı belirlenmiştir. Ayrıca, NBD gibi finansal değerlendirme de yapılmaktadır. Bu değerlendirme, projenin finansal açıdan ne kadar kazançlı olduğunu ve yatırımın getirisini ölçmek için kullanılır.

SÜBİM için yenilenebilir enerji sistemi, yağmur suyu geri dönüşümü, ulaşım ve çevre imkanları bileşenler olarak belirlenmiştir.

Tez çalışmamızın genel amacı; SÜBİM'de bulunan elektrik tüketimi ölçülen ekipmanların elektrik talebini karşılayacak optimum PV sistem tasarlamak ve bu sistemin maliyetini ve geri ödeme süresini, yağmur suyu geri dönüşümünün maliyetini ve ulaşım maliyetlerini hesaplamaktır.

4.4. SÜBİM İçin Tekno-ekonomik Analiz:

Bu bölümde, şebekeye bağlı olacak ve SÜBİM'in elektrik tüketimini yaklaşık olarak karşılayacak PV santral ile elektrik üretiminin tekno-ekonomik analizi anlatılmıştır.

4.4.1. Fotovoltaik sistemin teknik analizi

Bu çalışmada BİM'e entegre edilebilecek fotovoltaik sistem (PV) kapasitesini hesaplamak için PVSOL yazılımından faydalanılmıştır. Bu çalışmada Çizelge 4.4.'te özellikleri verilen PV modülünün kullanıldığı varsayılmıştır.

Çizelge 4.4. PV modülünün teknik özellikleri(Dağtekin, 2012)

PV MODÜLÜN TEKNİK ÖZELLİKLERİ	
Güç çıkışı	550 W
Maksimum Güç Gerilimi (V _{mp})	31.5
Maksimum Güç Akımı (I _{mp})	17.46
Açık Devre Gerilimi (V _{oc})	37.90
Kısa Devre Akımı (I _{sc})	18.49
Gölgeleme	Yok
Maks. Rüzgar/Kar Yüğü Dayanımı (Pa)	2400/5400
Bağlantı Kutusu Koruma Sınıfı	IP68

Fotovoltaik bir dizi, en yüksek gücü üretebilmek için çalışma sıcaklığı, akım ve akü gerilimi gibi faktörlerle etkileşim halindedir. Bu faktörlerin bir araya gelmesi, dizinin en üst performansını sergilediği noktayı eşitlik 4.1.' deki gibi belirler.

$$P_{PV} = I_{P(max)} \times V_A \quad (4.1)$$

Burada P_{PV} , santralin ürettiği elektriği (W), $I_{P(max)}$, dizinin ürettiği akımı miktarı (A) ve V_A , akü gerilim değerini (V) ifade etmektedir (Dağtekin, 2012).

Çizelge 4.5.'da ise dizinin teknik özellikleri görülmektedir.

Çizelge 4.5. PV dizininin teknik özellikleri

Özellik Adı	Cinsi
PV panelin marka ve modeli	CWT550-108PM12
Her bir PV panelin alanı	2.5 m ²

SÜBİM' in yıllık elektrik tüketimine bakarak PVSol simülasyon programında bu enerjiyi üretecek sistemin kaplayacağı alan hesaplanmıştır. Buradaki hedefimiz çatı alanının yeterli olması sebebiyle, bu enerjiyi üretecek paneller çatıya yerleştirilmiştir.

Çizelge 4.6. Dönüştürücünün teknik özellikleri

Özellik Adı	Cinsi
Dönüştürücü marka modeli	TRIO - PLUS K-SERIES (THREE PHASE) Trio-Plus-K-17.0
Gücü	4.25 kW
Verimi	%97.8
MPP izleme sistemi	120V → 450V

Çizelge 4.6.' da sistemimizde kullanılacak olan dönüştürücümüzün (inverter) genel özellikleri verilmiştir.

Fotovoltaik diziler, ideal açıda yerleştirildiğinde en yüksek performansı gösterir. Ancak, gün boyunca güneş ışınlarının diziye farklı açılarda gelmesi nedeniyle PV sisteminin verimliliği azalır.

PV modül adedi hesaplaması, enerji gereksiniminin en yüksek olduğu durumu dikkate alarak gerçekleştirilir. Bu tür sistemlerde, enerji talebinin karşılanması için gerekli olan güneş modülü hesaplanmalıdır.

4.4.2. Yağmur suyu geri dönüşümü için teknik analiz

Bu çalışma, Konya Selçuk Üniversitesi BİM'e ait kampüs binasında kurulacak olan yağmur suyu toplama sisteminin maliyet ve uygulanabilirlik analizini içermektedir. Araştırma, kampüs içinde bulunan binanın çatı alanı ve yeşil alan hesaplamalarını kullanarak, yağmur suyunun çatıdan toplanarak yeşil alan sulama ihtiyacını karşılama oranını belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu şekilde, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için potansiyel bir çözümün maliyet etkinliği ve uygulanabilirliği değerlendirilmektedir.



Şekil 4.4. Yağmur suyu hasat edilecek çatı alanları

Çatıdan hasat edilebilecek yağmur suyu miktarının hesaplanmasında kullanılacak olan denklemler aşağıda denklem 4.6. ve 4.7.' de verilmiştir.

$$YSV (m^3) = YTA * YM * k * f \quad (4.2)$$

$$V_D (m^3) = YM_A * A * k * f \quad (4.3)$$

Eşitlik 4.6'da YSV, yağmur suyu verimini, YTA, yağmur suyu toplama alanını, YM, yıllık toplam yağış miktarını, k, çatı kat sayısını, f, filtre etkinlik katsayısını ifade etmektedir. Eşitlik 4.7'de ise V_D , depo hacmini, YM_A aralık ayındaki yağış miktarını, A, çatı alanını göstermektedir. Yağış miktarı (mm, $L m^{-2}$) ise yıllık toplam yağış miktarı olarak gösterilmektedir (Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018).

$$YS_m (m^3) = \dot{C}_a (m^2) \times k \times f \times YM \quad (4.4)$$

Bu eşitlikte YS_m , yağmur suyu miktarını, $\dot{C}_a$, çatı alanı, k, çatı kat sayısını, f, filtre etkinlik katsayısını, YM ise yıllık yağış miktarını ifade etmektedir (Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018).

$$V_{De} = Y_{may} \times \dot{C}_a (m^2) \times f \times k \quad (4.5)$$

Bu eşitlikte ise V_{De} , depo hacmini, $\bar{C}_a$, toplam çatı alanını, k , çatı kat sayısını, f , filtre etkinlik katsayısını göstermektedir.

$$TK_{Su} = TA_{Yeşil} \times Ku_{mik} \quad (4.6)$$

Eşitlikte TK_{Su} , toplam kullanılacak su miktarını, $TA_{Yeşil}$, toplam yeşil alanı, Ku_{mik} ise kullanılacak miktarı göstermektedir.

Sulamanın haftada bir kez yapılacağı düşünülerek bir yılda harcanacak su miktarı eşitlik 5.4' teki gibi bulunur (Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018).

$$HS_{Yıl} = TK_{Su} \times Ha_{Yıl} \times S_{GS} \quad (4.7)$$

Bu çalışmada, Konya Selçuk Üniversitesi BİM' e ait kampüs binasında kurulacak olan su toplama sisteminin analizi gerçekleştirilmiştir. Araştırma sürecinde, çatı katsayısı ve filtre etkinlik katsayısı gibi önemli parametreler dikkate alınmıştır.

Çatı katsayısı, DIN standartlarına (1989) göre 0,8 olarak belirlenmiştir. Bu katsayı, çatıya düşen yağmur sularının tamamının geri dönüştürülemediğini ifade etmektedir. Buharlaşıma, kar ve sızma suları gibi faktörler bu katsayının içinde yer almaktadır. Yağmur suyu verimliliği hesaplanırken, farklı tiplerde çatı malzemelerine sahip binaların olduğu göz önünde bulundurularak, yağmur suyunun ortalama olarak %80'inin değerlendirilebileceği varsayılmıştır.

Filtre etkinlik katsayısı ise DIN standartlarına (1989) göre 0.9 olarak belirtilmektedir. Bu katsayı, çatıdan hasat edilen yağmur suyunun iri katı maddelerden ayrıştırılması için kullanılan filtrenin verimlilik katsayısını ifade eder. Bu sayede, toplanan yağmur suyu kaliteli bir şekilde kullanıma hazır hale getirilmektedir.

Ayrıca, çalışmada depo hacmi de dikkate alınmıştır. Depo hacmi, çatıdan hasat edilen yağmur suyunun depolanacağı kabın kapasitesini ifade etmektedir. Bu değer, güvenli bir alanda kalabilmek için maksimum yağışın gerçekleştiği aralık ayna dayanarak hesaplanmıştır. Bu parametrelerin analizi, proje maliyeti ve uygulanabilirliği açısından önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışma, yağmur suyu toplama sisteminin potansiyel faydalarını ve maliyetleri değerlendirerek, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için önemli bir adım sağlamaktadır.

4.4.3. Geri ödeme süresi analizi

Proje ekonomik değerlendirme ölçütleri, projelerin ticari, ekonomik ve sosyal açılardan ortaya çıkan faydaları ve maliyetleri karşılaştırmak için kullanılan matematiksel tekniklerdir. Bu ölçütler, projelerin kabul edilebilirliğini belirlemek ve birden fazla bağımsız projenin öncelik sıralamasını yapmak amacıyla kullanılır. Değerlendirme sürecinde, projenin potansiyel faydaları ve maliyetlerinin objektif bir şekilde analiz edilmesi ve karşılaştırılması sağlanır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanları şunlardır:

- Geri ödeme süresi
- Fayda/maliyet oranı
- Net şimdiki değer
- İç karlılık oranı

Fayda-maliyet analizi yöntemlerinden biri olan NBD, yapılan yatırımın ekonomik değerini gösterir. NBD' nin pozitif olması durumunda, düşünülen yağmur suyu hasadı sisteminin geri ödeme süresini tamamladığı anlamına gelir.

Yatırımın karlılığını gösteren NBD hesabı aşağıdaki denklem 4.8' de ifade edilmektedir. (Bakanlığı, 2022)

$$NBD = -Y_0 + \sum_{n=1}^n \frac{NF_n}{(1+i)^n} \quad (4.8)$$

Denklemden NBD, net bugünkü değer, Y_0 , ilk yatırım maliyeti, NF, Net fayda, i , iskonto oranı, n , yıl olarak ifade edilmiştir.

Burada NF (Net Fayda) hesabı aşağıdaki eşitlikte olduğu gibi ifade edilmektedir.

$$NF = (GK_s \times F_s) + (GK_s \times A_{ub}) - \dot{I}B \quad (4.9)$$

Eşitlikte GK_s , geri kazanılan su miktarı ($m^3/yıl$), F_s , su fiyatı (TL/m^3), A_{ub} , su uzaklaştırma bedeli (TL/m^3), $\dot{I}B$, işletme ve bakım gideri ($TL/yıl$) şeklinde gösterilmektedir (Anonim, 2022b).

Fayda maliyet analizlerinde, geri ödeme süresi yatırımın değerlendirilmesinde önemli bir kriter olarak dikkate alınmaktadır. Geri ödeme süresi, NBD' nin pozitif olduğu yıl olarak belirlenir. Uzman görüşüne göre, mikro alanlarda yağmur suyu kullanımıyla

ilgili sistemlerin geri ödeme süresi eşik değeri 20 yıldır. Bu eşik değerin altında olan sistemlerin rantabl olduğu kabul edilmektedir.



5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışması kapsamında elde edilen bulgular ve bu bulguların tartışılması, araştırmanın temel hedeflerine ulaşma ve ilgili araştırma sorularına cevap arama sürecinin önemli bir parçasını oluşturur. Bu bölümde, tezin amacı doğrultusunda toplanan verilerin analiz sonuçları sunulacak ve bu sonuçlar, mevcut bilgi birikimine nasıl katkı sağladığı ve ne tür sonuçlar ortaya çıkardığı konusunda ayrıntılı bir şekilde tartışılacaktır. Bulgular ve tartışma bölümü, araştırmanın değerlendirilmesi, sonuçların yorumlanması ve bu sonuçların literatürdeki yerinin belirlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Ayrıca, bu bölümde elde edilen sonuçlar, tezin önerdiği hipotezlerin geçerliliğini doğrulama veya çürütme açısından da ele alınacaktır. Bulguların ve tartışmanın birleşimi, araştırma alanındaki boşlukları doldurma, gelecekteki çalışmalar ve öneriler için temel oluşturma ve genel olarak alana katkıda bulunma potansiyelini sunacaktır.

5.1. Enerji ve Atmosfer

SÜBİM elektrik enerji tüketimi, binada bulunan ekipmanların tüketimleri hesaplanarak kaydedilmiştir. Geliştirilmiş soğutma yönetimi kriterini belirlemek için her ekipmanın güç değerine bağlı olarak soğutucularında elektrik tüketimleri hesaplamaya dahil edilmiştir. Elektrik enerji performansını değerlendirmek için, enerji tüketimi aylık olarak hesaplanmıştır.

5.1.1 PV santral için sonuçlar

İlk olarak buradaki amacımız, elektrik ihtiyacını karşılayacak panel kapasitesini hesaplamaktır. Bu hesaplama için de PVSol simülasyon programına SÜBİM çatı alanından bize yetecek enerjiyi üretecek kadar panel yerleştirilmesi yapıldı. Bu işlemlerden sonra PVSol programı sonuçları hem program içinde hem de kelime işlemci programında olmak üzere bir rapor hazırladı.

BİM'in bulunduğu binanın çatı alanı Google Earth'ten yapılan hesaplamaya göre 723 metrekaredir. BİM'de soğutma amaçlı elektrik tüketimi 4 adet klima ile sağlanmaktadır. Klimalar termostatik cihazlar oldukları için sürekli maksimum güç çekmezler. Buradaki hesaplamalar maksimum güç çektikleri zamana göre 40 Amper akım çekilmesine göre hesaplanmıştır. Bundan dolayı $(40 \text{ A} \times 220 \text{ Volt})$ 8800 Watt'dır. Diğer ekipmanlar ve sunuculardan geçen akım 44 amperdir (Güğü ve ark., 2019). Diğer

ekipmanlar ve sunucuların bir saatlik enerji tüketimi (44 x 220) 9680 Watt eder. Aydınlanma ve diğer elektrik harcayan donanımlarla birlikte bir saatte harcanan toplam elektrik enerjisi;

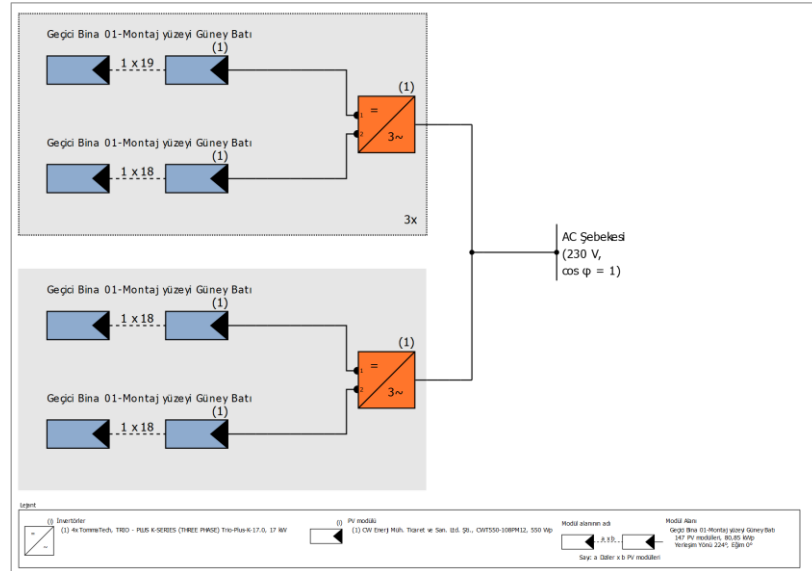
Toplam Harcanan Enerji= 8800 + 9680 + 2460 = 20,940 Watt ~21 kWh/ saattir.

Çizelge 5.1.' de ekipmanlar, adetleri ve tüketilen enerji miktarları verilmiştir.

Çizelge 5.1. Harcanan toplam elektrik

Ekipmanlar	Adet	Tüketim(saat)
45.000 Btu salon tipi klima	4	8800 W
BİM diğer ekipmanları ve	23	9680 W
Aydınlanma ve diğer	14	2460 W
Toplam Tüketilen Enerji		~21 kWh/saat

SÜBİM'in iç mekânda kullanılan elektriğin bir kısmını güneş enerjisinden elde etmek üzere planlanan fotovoltaik (PV) elektrik üretim santralini tasarım şeması, PVSol programı kullanılarak oluşturulmuştur. Şekil 5.4'te tasarım şeması, Şekil 5.5'te ise santralin görüntüsü sunulmuştur. PV elektrik santralinde kullanılacak modül, dizi ve dönüştürücü kapasitelerinin belirlenmesi için, Selçuklu bölgesine ait yıl boyunca iklim verileri (PVSol programı tarafından sağlanan veritabanı verileri) kullanılmıştır.



Şekil 5.1. PV elektrik üretim santralini tasarım şeması



Şekil 5.2. Panellerin görünümü

Şekil 5.1. ve Şekil 5.2.'de yedi dönüştürücü, yedi dizi halinde toplam 147 panelin olduğu görülmektedir.

Elektrik güç üretme kapasitesi 80,85 kWp olan PV santralin başlıca bileşenlerinin tasarım değerleri Çizelge 5.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. PV santralin tasarım değerleri

Bölge	Selçuklu/Konya/TÜRKİYE
Hesaplamalarda kullanılan iklim verileri	1991-2010 (20 yıllık ortalama)(PvSol, 2021)
PV sistemin gücü	80.85 kWp
PV sistemin etkin yüzey alanı	376.4 m ²
PV sistemin üreteceği DC enerji miktarı	128,322 kWh
Dönüştürücüden alınacak AC elektrik miktarı	125,497 kWh
Giriş performans oranı (PR)	%89.1
Yıllık özgül verim	1551.65 kWh/kWp
PV sistemin CO ₂ emisyonu azaltma miktarı	58,962 kg/yıl

Çizelge 5.2'ye göre, PV santralde toplam 376.4 m² alan kullanılarak 125,497 kWh elektrik üretilebilir. Bu amaçla, 225° güneye doğru yönlendirilecek toplam 7 adet PV dizisi kullanılacak ve her biri 53.78 m² yüzey alanına sahip olacaktır. Her bir dizi, yaklaşık 21 adet PV modül içerecek şekilde tasarlanmıştır. Sistemde 4.25 kW güce ve %97.8 verime sahip dört adet dönüştürücü kullanılacaktır. Bu konfigürasyonla, sistem verimi %12.4, yıllık özgül verim 1551.65 kWh/kWp ve CO₂ emisyonlarında azalma miktarı 58,962 kg/yıl düzeyinde olacaktır.

PV sisteminin sonuçları Çizelge 5.3'te sunulmuştur. Dizi verimi %12.9 ve dönüştürücü (inverter) verimi %97.8 düzeyinde olduğunda, her PV dizi yüzeyinden 18,331 kWh DC veya 17,928 kWh AC elektrik üretilebilecektir. Bu durumda, toplam 9 adet PV dizi yüzeyinden %12.4 sistem verimiyle 125,497 kWh AC elektrik üretilebilecektir.

Kurulacak olan PV santralin değişkenlerinin neler olduğu ve bu değişkenlerin değerleri Çizelge 5.3.' te görülmektedir.

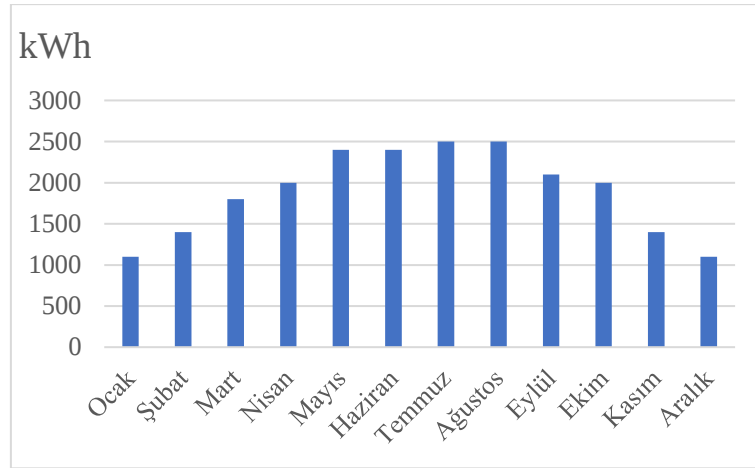
Çizelge 5.3. PV santralin değerleri

Değişken	Değeri
PV dizinin ürettiği enerji (AC) miktarı	17,928 kWh
PV dizinin ürettiği enerji (DC) miktarı	18,331 kWh
Verim oranı	%89.1
Yıllık özgül verim	1551.65 kWh/kWp

Çizelge 5.3. bize PV santralının değişkenlerinin neler olduğunu ve bu değişkenlerin değerlerini göstermektedir.

PV santralde üretilecek toplam 125,497 kWh AC elektriğin aylara göre değişimi Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Yıl boyunca üretilen elektrik miktarı, en düşük seviyede Aralık ayında 1000 kWh iken, en yüksek seviyede Temmuz ayında 2500 kWh olarak gerçekleşmektedir. Nisan-Ekim dönemi boyunca üretilen elektrik enerjisi 2000 kWh'ın üzerinde olmuştur. Yaz aylarında ise serinletme sisteminin çalıştığı Haziran-Eylül dönemlerinde bu değer 2500 kWh'e kadar yükselebilmektedir. Santralden üretilen elektrik enerjisinin serinletme sisteminin ihtiyaçlarından artı kalan kısmı, işletmede aydınlatma ve diğer mekanizasyon amaçlarıyla kullanılabilir.

Şekil 5.3.'te PV santralde üretilecek olan elektriğin aylara göre değişimi görülmektedir.



Şekil 5.3. PV santralde üretilecek olan elektriğin aylara göre değişimi

Şekil 5.3. ile Konya ilin de yıl boyunca üretilecek elektriğin aylara göre dağılımı verilmiştir. Oluşan değerlere göre Konya'nın güneş enerjisi bakımından yeterince faydalanılacak bir il olduğu sonucuna varılabilir.

PV santralin gücü 80.85 kWp olarak belirlenmiş olup, ekonomik analiz sonuçları Çizelge 5.3'te sunulmuştur. Yatırım maliyeti olarak 2,640,650 TL (91,200 \$) hesaplanmıştır. PV santralde birinci yıl 396,540 TL değerinde elektrik üretimi gerçekleştirilecektir. Sistem ömrü 30 yıl olarak kabul edilmiş olup, amortisman süresi 7,4 yıl ve amortisman oranı %10 olarak hesaplanmıştır. Elektrik satış bedeli ise 2.25 TL/kWh olarak belirlenmiştir. Bu parametrelere göre, 80,85 kWp gücündeki PV sistemin net şimdiki değeri 2,980,480.71 TL olarak hesaplanmıştır. Geri ödeme süresi ise 7.4 yıl olarak belirlenmiştir. PV santralin sonuç değerlerini daha detaylı görmek için Çizelge 5.4'e bakılabilir.

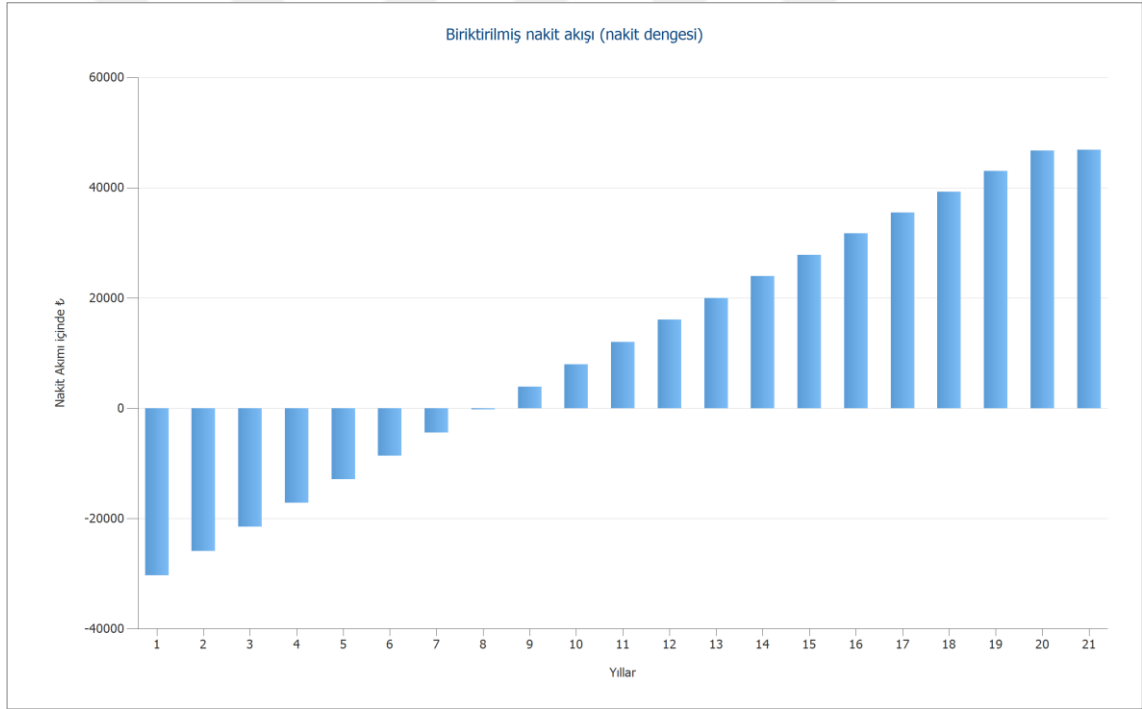
Çizelge 5.4. PV santralin sonuç değerleri

PV SİSTEMİN EKONOMİK ANALİZİ	
Ekonomik ömrü	30 yıl
Elektrik satış fiyatı	2.25 TL/ kWh
GELİR VE GİDERLER	
Yatırım maliyeti	2,640,650.00 TL
1. yılda elde edilen gelir	396,540.35 TL/yıl
VERGİLER	
Amortisman dönemi	7.4 yıl
Amortisman tipi	Doğrusal amortisman
Amortisman oranı	%10

EKONOMİK GÖSTERGELER	
Net şimdiki değer	2,980,480.71 TL
Geri ödeme süresi	7.4 yıl

PV santralının Çizelge 5.4.'teki sonuçlarına bakılırsa yatırım maliyetinin yaklaşık 2,640,650 bin TL olduğu ve bu harcanan miktarı geri dönüşü olarak yaklaşık 7.4 yıl sonra karşılayacağı, bu süreden sonra artı değere geçeceği görülmektedir.

PV santralin gücü 80.85 kWp olarak belirlenmiştir ve birikimli nakit akışı Şekil 5.7.'de gösterilmiştir. Nakit akış grafiğiyle görüleceği üzere, başlangıçta nakit akışı negatif değerlerdedir, ancak sistemin geri ödeme süresi olan 7.4 yılın sonunda pozitif değerlere yükselmektedir. 30 yılın sonunda birikimli nakit akışı 6,000,000 TL değerini aşmaktadır.



Şekil 5.4. Gücü 80,85 kWp olan PV santral için nakit akışının yıllara göre değişimi

PV santralde üretilen elektriğin oluşursa fazla olan kısmı ulusal şebekeye satılmasıyla elde edilecek olan gelir miktarı, PV santralde gerçekleşecek olan bozulma oranına bağlı olarak azalacaktır.

5.2. Su Verimliliği

Binada, yağmur suyu yönetimi konusunda herhangi bir uygulama bulunmamaktadır. Ancak az da olsa mevcut suyun verimli kullanılması hususunda yapılmış bazı önlemler bulunmaktadır. Çalışanların bu konuda bilgilendirilmesi, su tasarrufu sağlayan armatürlerinin olması gibi. Bu yapılanlar göz önüne alındığında merkezimiz mevcut LEED puanı 3 olur. Daha çok puan alabilmesi için yağmur suyu toplama sistemine sahip olmaması en büyük engellerden biridir. Yağmur suları, mevcut sistemler aracılığıyla doğrudan kanalizasyona yönlendirilmektedir ve özellikle yağmur suyunun toplanması, depolanması ve kullanılması için herhangi bir altyapı veya donanım bulunmamaktadır. Bu durum, yağmur suyu yönetimi ve geri dönüşümü ile ilgili çevresel ve sürdürülebilir uygulamalardan yoksun olduğumuzu göstermektedir. Yağmur suyu toplama ve kullanımı, su kaynaklarının korunması, su tüketiminin azaltılması ve çevresel etkilerin azaltılması açısından önemli bir adımdır. Bu nedenle, yağmur suyu yönetimiyle ilgili uygun uygulamaların benimsenmesi ve mevcut sistemlerin iyileştirilmesi, binanın çevresel sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği performansını artırabilir ve potansiyel olarak LEED derecelendirme sisteminde 10 puan elde etmemize yardımcı olabilir.

5.2.1. Yağmur suyu geri dönüşümü

Yağmur suyu geri dönüşümü bulgularına baktığımızda, Aritmetik Ortalama Yöntemi 'nin bölgeyi homojen olarak kabul ettiğini ve diğer çevre istasyonlarının yağış değerlerini dikkate almadığını görüyoruz. Bu yaklaşım, bölgenin yağış miktarı üzerinde yeterli bir temsiliyet sağlamayabilir. Özellikle istasyon sayısı yetersiz olduğunda, bölgenin tam anlamıyla temsil edilmesi mümkün olmayabilir. Ayrıca, normallerin hesaplanabilmesi için yeterli zaman aralığında veri bulunmaması da bir sorun olabilir. Normaller, uzun vadeli ve istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde etmek için yeterli veriye dayanmalıdır. Ancak, bazen bu verilere ulaşmak için yeterli zaman aralığı bulunmayabilir veya verilerin tutarlılığı konusunda şüpheler olabilir. Bu nedenlerle, yağış ortalamalarını hesaplamak için alansal yağış hesaplama metotlarına başvurulması gerekebilir. Alanı daha iyi temsil edebilen ve farklı bölgeler arasındaki yağış farklılıklarını dikkate alan bu metotlar, daha güvenilir sonuçlar elde etmemizi sağlar.

Mühendislik hidrolojisi çalışmalarında, yağışın sadece zamansal değil, aynı zamanda alansal miktarlarının da hesaplanması önemlidir. Çünkü yağışın alana yayılışı,

hidrolojik süreçler üzerinde doğrudan etkili olabilir. Özellikle alansal yağış dağılımının düzensiz olduğu bölgelerde, hidrolojik modellemeler ve su kaynakları yönetimi için bu alansal miktarların doğru bir şekilde hesaplanması gereklidir. Sonuç olarak, yağmur suyu geri dönüşümü çalışmalarında, yağışın sadece zamansal değil, aynı zamanda alansal miktarlarının da dikkate alınması önemlidir. Bu, bölgenin tam temsilini sağlamak ve hidrolojik süreçleri doğru bir şekilde analiz etmek için gereklidir (Bakanlığı, 2022).

Çizelge 5.5.'te Konya iline ait mevsimsel veriler yer almaktadır.

Çizelge 5.5. Konya'ya ait mevsimsel veriler (Meteoroloji, 2021)

KONYA (Aylar)	Sıcaklık Ortalaması (°C)	Ortalama yağışlı gün sayısı	Yağış miktarı ortalaması (mm)
Ocak	-0.2	9.96	38.4
Şubat	1.5	8.39	28.8
Mart	5.5	8.91	29.4
Nisan	11.1	8.90	31.7
Mayıs	15.9	10.36	43.0
Haziran	20.1	6.78	25.9
Temmuz	23.5	2.18	7.5
Ağustos	23.3	1.48	6.3
Eylül	18.8	3.17	13.5
Ekim	12.8	6.07	29.6
Kasım	6.5	6.57	32.0
Aralık	1.8	10.07	45.7
Yıllık	11.7	82.8	331.8

Çizelge 5.5'e göre, aylık yağış miktarının en yüksek olduğu ayın Mayıs ayı olduğu ve 43 mm yağış değerine ulaşıldığı görülmektedir. En düşük yağış miktarının ise Ağustos ayında gerçekleştiği ve 6.3 mm değerinde olduğu belirlenmiştir. İl genelinde ise 1928 ile 2021 yılları arasındaki süreçte m² başına düşen ortalama yağış miktarının 331.8 mm olduğu ifade edilmektedir. Bu değeri metreküp cinsinden ifade edersek, 331.8 L/m² veya $331.8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2$ olarak hesaplanır.

Su hasadı teknikleri arasında yer alan çatı yüzeyinden su hasadı yöntemi, çatı yüzeyine düşen yağışın toplanmasını ve yağmur olukları aracılığıyla toprak yüzeyindeki bir tanka veya yer altındaki bir depoya aktarılmasını içerir. Bu çalışmada, Selçuk Üniversitesi yerleşkesinde bulunan SÜBİM binası ile birlikte SÜBİM'e yakın diğer

binaların çatı alanları toplamı üzerinden maliyetin korunması ve verimliliğin sağlanması için hesaplamalar yapılmıştır.

Bu yöntem, yağmur suyu hasadının planlandığı SÜBİM binası ve çevredeki diğer binaların çatı alanlarının toplamını dikkate alarak su hasadı potansiyelini belirlemeye yardımcı olur. Bu sayede, su kaynaklarının korunması ve verimli kullanılması amaçlanır (Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018).

$$YS_m(m^3) = \dot{C}_a(m^2) \times 0,9 \times 0,8 \times YM$$

$$YS_m(m^3) = 2.550 m^2 \times 0,9 \times 0,8 \times 331,8 L m^{-2} = 3.918.142,8 L \approx 610 m^3$$

su tankta depolanabilir.

Depo hacminin hesabı, maksimum yağışın olduğu Mayıs ayı baz alınarak denklem 5.2.'deki gibi yapılmıştır (Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018). Hesaplanan hacim depo (tank) yöntemine göre hesaplanmaktadır.

$$V_{De} = 43 L m^{-2} \times 2550 m^2 \times 0,8 \times 0,9 = 78.948 L \approx 79 m^3$$

SÜBİM'e ait yeşil alan miktarı Google Earth üzerinden yaklaşık olarak $10.468 m^2$ değerinde ölçülmüştür. Yeşil alan sulamasında kullanılacak su miktarı $3 L m^{-2}$ olarak alınmıştır (Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018).

Toplam yeşil alan sulaması için gerekli olan su miktarını bulabilmek için aşağıdaki eşitlik 5.3. kullanılır (Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018).

$$TK_{Su} = 10.468 m^2 \times 3 L m^{-2} = 31.404 L \approx 31 m^3$$

$$HS_{Yıl} = 31 m^3 \times (52 \text{ hafta yıl}^{-1}) \times (1 \text{ gün hafta}^{-1}) = 1612 m^3 \text{ yıl}^{-1}$$

su, sulama için harcanacaktır.

Eşitlikte $HS_{Yıl}$, harcanacak yıllık su miktarını, TK_{Su} , toplam kullanılacak su miktarını, $Ha_{Yıl}$, bir yıldaki hafta sayısını, S_{GS} , haftada yeşil alanın sulanacağı gün sayısını belirtmektedir.

Çatı yüzeylerinden $610 m^3 \text{ yıl}^{-1}$ değerinde su hasat edilebileceği öngörülmüştür. Bu değer sulama suyu ihtiyacının karşılanma oranı;

$610/1612 = \%37,8$ olarak belirlenmiştir. Hesaplamalar Çizelge 5.5’de özet halinde verilmiştir. Çizelge 5.6.’da ise kurulacak sisteme ait malzeme, miktar ve birim maliyet değerleri yer almaktadır.

Çizelge 5.6. SÜBİM yeşil alanların sulama suyu ihtiyacı

Çatı yağmur suyu miktarı (yıllık, m3)	Yeşil alan su ihtiyacı (m3)	Sulamanın haftada bir defa yapılması durumunda	
		Su ihtiyacı (m ³)	Karşılanan su ihtiyacı yüzdesi (%)
610	31	1612	37.8

Çizelge 5.7. Sitemin birim maliyet, miktar ve malzeme değerleri

Malzeme	Birim	Miktar	Birim Maliyet (\$)
Oluk	m	313	5.18
Oluk Ağı	m	313	4.3
Bağlantı Borusu	m	76	3.75
Membran Süzgeç	Adet	3	171
Tank Göstergesi	Adet	2	31
Pompa	Adet	2	445
Depolama Tankı	Adet	2	20,339
Toplam Maliyet: 45,394 \$ (1\$: 28.60 TL) (13.11.2023 tarihli dolar kuru baz alınmıştır.)			

Çizelge 5.7’deki hesaplamalar doğrultusunda, kurulacak sistem için bina yüksekliği ve çatı alanı dikkate alındığında, 2 adet 100 tonluk depolama tankı, 313 m oluk ve 76 m bağlantı borusunun (160x1000 mm PVC boru, 3.2 mm) yeterli olacağı tahmin edilmektedir.

Depolama tankının yeri, büyüklüğü, biçimi, mevcut alanı, iklim ve toprak koşullarını dikkate alır. Tercihen, boru hattı ve pompa gereksinimlerini en aza indirmek için tank, yeraltına, kısmen yeraltına veya üstüne monte edilmelidir. Yeraltına önerilen bir depolama tankı, doğrudan güneş ışığından korunma ve suyun serin tutulması gibi avantajlara sahiptir. Ancak sert ve kayalık toprak veya yüksek yeraltı suyu seviyeleri gibi durumlarda, kurulum ve inşaat maliyetleri artabilir. Depolama haznesi için PVC malzemesi kullanılır ve hazneler, çatı alanı hesaplamaları yapılan binaların yakınına ve yeraltına uygulanır.

Yağmur suyu hasat sistemi için gereken ekipmanlar göz önüne alındığında, sistem kurulum maliyetinin yaklaşık 45,394 \$ olduğu hesaplanmıştır. Depolanacak yağmur suyunun yeşil alan sulama ihtiyacının %37,8’ini karşılayabileceği belirlenmiştir. Ancak

yerleşkeye ait su tüketim değerlerine ulaşamadığından, sistem amortisman süresi belirlenememiştir.

Benzer bir çalışma, Bülent Ecevit Üniversitesi sağlık kampüsünde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, içme suyu ihtiyacının %70'ini karşılamak için 1.200 m³ hacme sahip bir depo kullanılarak sistemin maliyet değeri 497,480.00 TL olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, 50 yıl sonra elde edilecek kazancın 2,933,780.00 TL olduğu belirlenmiştir (Dündar ve ark., 2015).

Başka bir çalışmada ise Coğrafi Bilgi Sistemleri ve yüksek çözünürlüklü İHA görüntüleri kullanılarak Eskişehir'deki bir üniversite kampüsünde yapı çatılarının yağmur suyu toplama kapasiteleri araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda, tüm kampüs çatılarından 37,109.9 m³ yağmur suyunun hasat edilebileceği belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar, çatılardan hasat edilebilecek su miktarının yaklaşık olarak 11,000 kullanıcının bir yılda harcadığı suyun %2.43'ünü karşılayabileceğini ortaya koymuştur (Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018).

5.3. Yerleşim ve Ulaşım

Ulaşım performans değerine göre ise bu krediden elde edilebilecek en yüksek LEED puanı 3'tür. Bu puanın elde edilebilmesinde SÜBİM'in toplu ulaşım güzergahlarına yakın olması özellikle Konya tramvay hattına yaklaşık 100 m mesafede olması etkili olmuştur. Bu yüzden bu kategoriden puan alamayacağı görülmüştür.

5.4. Sürdürülebilir Araziler

Binanın çevresel etkilerini azaltmak ve doğal yaşam alanlarını desteklemek için gerekli olan önlemler alınmıştır. Yaşamı destekleyen doğal alanların belirlenmesi ve planlanması için uygun planı bulunmaktadır. Bu plan, yerel ekosistemi korumak ve doğal biyoçeşitliliği teşvik etmek için gereken adımları içermelidir. Erozyonu önlemek ve toprak kaybını engellemek amacıyla gerekli olan çeşitli ağaçlandırma çalışmalarının yapımı mevcuttur. Bu faktörlerin olmasından dolayı SÜBİM' e bu kategoriden mevcut puan 3 alabilir. Bu önlemlere ek olarak erozyon kontrolü, toprak stabilizasyonu ve su kalitesinin korunması için önemlidir. Ancak, bu önlemlerin alınması nedeniyle binanın çevresel sürdürülebilirlik performansında yapılanlara rağmen eksiklikler bulunduğu görülmektedir. Bu nedenle, belirtilen kriterden 6 puan alınabileceği ön görülmektedir.

5.5. Malzeme ve Kaynaklar

SÜBİM tarafından yeni ekipman alımı gerektiğinde, kamuda sık uygulanan piyasa araştırması yani birden fazla firma tarafından fiyat teklifi alınarak en uygun seçenek belirlenmektedir. Satın alma politikası, LEED gerekliliklerini karşılamak için yeterlidir.ve bu nedenle belirtilen kriterlerden puan alınmamıştır. Tesis bakımı sırasında ortaya çıkan atıkların yeniden kullanımı veya geri dönüşümü için herhangi bir uygulama bulunmamaktadır. Ayrıca, atık performansını destekleyici herhangi bir uygulama da mevcut değildir. Dolayısıyla, tesisin bakım ve yenileme politikası, gereken standartları karşılamamaktadır. Her tesis ve yenileme faaliyetinden kaynaklanan atıklar, türlerine göre ayrıştırılarak yönlendirilmektedir. Yönlendirilen atıkların yaklaşık %80'ine kadarı bu süreçte başarıyla işlenmektedir. Ön koşulların yerine getirilmesi durumunda, binanın bu kriterden puan alabileceği öngörülmektedir. Malzeme ve kaynak kategorisinin üç ön koşulu incelendiğinde, satın alma ve atık performansı için LEED için uygun bir strateji geliştirilmiştir. Diğer tüm ön koşullar karşılanmadığından, yenileme politikası kredisinin değerlendirilemeyeceği belirlenmiştir.

5.6. İç Çevre Kalitesi

Bu kategori, iç hava kalitesini iyileştirmek amacıyla gereken minimum doğal havalandırma koşulunu sağladığı için değerlendirilmeye alınabilir. Ancak, doğal havalandırma şartı sağlandığında, binanın kullanıcılarına iç hava kalitesiyle ilgili memnuniyet düzeyini belirlemek için anketler yapılmalıdır. Bu kredi için gerekli olan ön koşullar yerine getirilememiştir. Bununla birlikte, binada sertifikalı temizlik hizmeti bulunmaktadır, ancak bu duruma rağmen krediye ilişkin olarak puan kaybı yaşanmaktadır. Bu nedenle, kredi değerlendirme sürecinde bazı eksiklikler bulunmasına rağmen ve bu kategoriden puan elde edilebileceği öngörülmektedir.

5.7. Yenilik

Operasyon ve bakım alanında yetkili bir LEED uzmanının atanmaması nedeniyle, bu krediden puan alınamamıştır. Bu durum, binanın uzun vadeli sürdürülebilirlik stratejilerinin geliştirilmesi, uygulanması ve sürdürülmesi konusunda eksiklikler olduğunu göstermektedir. Ancak, projeye bir LEED Akredite Profesyoneli (LEED AP) atanması durumunda, operasyon ve bakım süreçlerinin daha etkin bir şekilde yönetilmesi ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerinin daha iyi bir şekilde karşılanması için bir adım atılmış olacaktır. Bu durumda, projeye 1 puanlık bir katkı sağlanabilecektir.

5.8. SÜBİM'in Hedeflenen Durum Sonuçları

Yukarıda ulaşılan sonuçlara göre SÜBİM'in sertifikalı hale gelebileceği çizelge 5.8' de belirtilmiştir.

Çizelge 5.8. SÜBİM'in sertifikalı puanı

Kategori	Puan	SÜBİM	
		Mevcut Puanı	Sertifikalı Puanı
Sürdürülebilir Araziler	10	3	6
Su Verimliliği	11	3	10
Enerji ve Atmosfer	33	8	23
Malzeme ve Kaynaklar	13	0	0
İç Ortam Kalitesi	17	2	4
Yenilik	6	1	2
Bölgesel Öncelikler	4	3	3
Yerleşim ve Ulaşım	16	3	3
Toplam	110	23	51

SÜBİM yapacağı bu yenileştirme çalışmaları ve yenilenebilir enerji hamleleriyle puanını gümüş sertifikalı seviyeye çıkarabileceği ön görülmektedir.

SÜBİM'in sürdürülebilirlik performansını değerlendirmek amacıyla belirlenen kriterlere dayanarak verilen puanlar, aşağıda açıklanan şekilde değerlendirilmiştir.

Sürdürülebilir Araziler kategorisinde elde edilen puan, SÜBİM' in sürdürülebilir arazi planlaması ve yönetimi konusunda kısmi bir uygulama gerçekleştirdiğini göstermektedir. Doğal bitki örtüsünün, doğal alanların korunması ve çevresel etkilerin azaltılması için bazı iyi uygulamaların mevcut olduğunu ifade etmektedir. Su Verimliliği kategorisindeki puan ise, SÜBİM'in su kaynaklarının korunması ve su tüketiminin azaltılması için etkili stratejileri kısmen benimsediğini göstermektedir. Su tasarruflu armatürlerin kullanımı ve yağmur suyu toplama sistemlerinin kurulumu bu bağlamda, bazı önlemler alındığını göstermektedir.

Enerji ve Atmosfer kategorisinde elde edilen puan, SÜBİM'in enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı ve sera gazı emisyonlarının azaltılması gibi konulara odaklandığını göstermektedir. Bu puan, SÜBİM'in enerji performansının belirli bir seviyede olduğunu ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelik stratejileri kullanarak ilerleme kaydettiğini vurgulamaktadır. Malzeme ve Kaynaklar kategorisindeki puan, SÜBİM'in sürdürülebilir malzeme kullanımı ve kaynak verimliliği stratejilerini kısmen uyguladığını göstermektedir. Özellikle malzeme seçimi, geri dönüşüm ve atık yönetimi gibi konulara odaklandığı ifade edilebilir.

İç ortam kalitesi için ise daha iyi hava filtreleme sistemleri, doğal ışık kaynakları ve düşük VOC içeren malzemeler tercih edilebileceğinden dolayı puan verilmiştir. Bu da SÜBİM'in iç mekân kalitesinin kısmen yeterli olduğunu ve sağlıklı bir çalışma ortamı sağlama konusunda bazı önlemler aldığını göstermektedir. Yenilikçi uygulamalar ve teknolojiler kullanılarak sürdürülebilirlik hedefleri desteklenmeli ve bu kategoriden alacağı puan, SÜBİM'in yenilikçi stratejileri ve teknolojileri kısmen benimsediğini yansıtacaktır. Bölgesel Öncelikler kategorisindeki puan, SÜBİM'in bölgesel çevresel önceliklere ve yerel gereksinimlere uyum sağladığını göstermektedir. Bu puan, SÜBİM'in bölgesel önceliklere yönelik çözümleri kısmen benimsediğini vurgulamaktadır. Yerleşim ve Ulaşım kategorisinde elde edilen puan ise, SÜBİM'in ulaşılabilir bir konumda olduğunu ve sürdürülebilir ulaşım seçeneklerine erişebildiğini göstermektedir. Bu kategoride yer seçimi ve ulaşım planlamasında bazı sürdürülebilirlik ilkelerine kısmen uyulduğu belirtilmektedir.

Toplamda elde edilen puan, SÜBİM'in sürdürülebilirlik performansının belirli bir seviyede olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, bazı alanlarda daha fazla iyileştirme potansiyeli bulunabileceği de belirtilmektedir. Bu puan, SÜBİM'in LEED-DC' ye sertifikalı aday olduğunu göstermektedir. SÜBİM sürdürülebilirlik konusunda önemli adımlar atmış ve çeşitli kategorilerde başarı sağlamıştır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın ana amacı, SÜBİM'in LEED-DC sertifikasını elde edebilmesi için önemli öneriler sunmasıdır. Bulgular, üniversitenin mevcut enerji tüketimi, atık yönetimi ve çevresel etkileri ele almasında bazı zayıflıklarının olduğunu göstermektedir. Ancak, aynı zamanda iyileştirme potansiyellerini de tespit etmiştir. Bu bölümde, çalışmadan elde edilen bulgulara dayanarak SÜBİM'in LEED-DC sertifikasını alabilmesi için öneriler sunulacaktır. Enerji tüketimi, atık yönetimi ve sürdürülebilirlik konularında yapılacak adımlar, üniversitenin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma ve çevresel etkileri azaltma potansiyelini artırma açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, bu öneriler diğer üniversiteler ve kurumlar için de bir rehber niteliği taşımakta olup, sürdürülebilirlik çabalarının yaygınlaştırılmasına katkı sağlayabilir.

6.1. Genel Sonuçlar

Bu çalışma, SÜBİM'in LEED-DC sertifikasını elde edebilmesi için önemli bir temel oluşturmuştur. Araştırma sonuçları, üniversitenin mevcut enerji tüketimi, atık yönetimi ve çevresel etkileri ele almasında bazı zayıflıklarının olduğunu göstermektedir. Enerji tüketimi analizine göre, BİM ve bilgi teknolojileri altyapısı önemli bir enerji tüketim kaynağıdır ve bu durum sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada bir engel teşkil etmektedir.

Bununla birlikte, araştırma aynı zamanda iyileştirme potansiyellerini de tespit etmiştir. Örneğin, enerji verimliliği önlemleri alarak, BİM işletiminde enerji tüketiminde önemli ölçüde azalma sağlanabilir. Bunu başarmak için enerji verimli donanım ve ekipmanların kullanılması, sanallaştırma teknolojilerinin benimsenmesi ve soğutma sistemlerinin optimize edilmesi gibi adımlar atılabilir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı da enerji tüketiminin sürdürülebilirlik açısından azaltılmasına yardımcı olabilir.

Atık yönetimi konusunda da iyileştirme potansiyelleri mevcuttur. Geri dönüşüm stratejilerinin benimsenmesi ve atık azaltma önlemlerinin uygulanması, BİM faaliyetlerinden kaynaklanan atıkların yönetiminde önemli bir adımdır. Kağıt, plastik ve elektronik atıkların uygun şekilde toplanması, ayrıştırılması ve geri dönüştürülmesi için etkili bir sistem oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca, atık yönetimi süreçlerinin gözden geçirilerek, BİM faaliyetlerinden kaynaklanan atıkların azaltılması ve çevresel etkilerin minimize edilmesi sağlanabilir.

Bu bulgular, SÜBİM'in sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşması için bir yol haritası sunmaktadır. Enerji verimliliği önlemlerinin uygulanması, atık yönetimi süreçlerinin iyileştirilmesi ve çevresel etkilerin azaltılması, üniversitenin LEED-DC sertifikasını elde etme ve sürdürülebilirlik liderliğini gösterme potansiyelini artıracaktır. Ayrıca, bu çalışmanın sonuçları, diğer üniversiteler ve kurumlar için de bir rehber niteliği taşımakta olup, sürdürülebilirlik çabalarının yaygınlaştırılmasına katkı sağlayabilir.

6.2. Öneriler

Bu çalışmadan elde edilen bulgulara dayanarak, SÜBİM'in LEED-DC sertifikasını alabilmesi için aşağıdaki öneriler sunulmaktadır. İlk olarak, üniversitenin enerji tüketimini azaltmaya yönelik adımlar atması gerekmektedir. Bu adımlar arasında LED aydınlatma sistemlerine geçiş, enerji verimli cihaz ve ekipmanların kullanımı, enerji tasarruflu soğutma ve ısıtma sistemlerinin uygulanması gibi önlemler bulunmaktadır. SÜBİM atık yönetimi süreçlerini gözden geçirmeli ve geri dönüşüm stratejilerini benimsemelidir. Kâğıt, plastik ve elektronik atıkların uygun şekilde toplanması ve geri dönüştürülmesi için etkili bir sistemin kurulması önemlidir. BİM altyapısının yeşil ve sürdürülebilir tasarım ilkelerine uygun hale getirilmesi gerekmektedir. BİM donanımlarının enerji verimliliği, soğutma sistemlerinin optimize edilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Son olarak, personel ve kullanıcılar arasında çevre dostu uygulamalar konusunda farkındalık oluşturulması için eğitim programları düzenlenmelidir. Enerji tasarrufu, atık yönetimi ve sürdürülebilirlik konularında bilinçlendirme kampanyalarıyla personel ve öğrencilerin katılımı teşvik edilmelidir.

KAYNAKÇA

- Akca, S., 2011, Leed Yeşil Bina Değerlendirme Sistemi Ölçütlerinin Tasarım Ölçekleri, Yıldız Teknik Üniversitesi
- Anbarcı, M., Giran, Ö. ve Demir, İ. H., 2012, Uluslararası Yeşil Bina Sertifika Sistemleri İle Türkiye’deki Bina Enerji Verimliliği Uygulaması, e-Journal of New World Sciences Academy, 7.
- Anonim, 2022a, Alt Yapı, https://www.selcuk.edu.tr/bilgi_islem/Ayrinti/12-teknik-altyapi:
- Anonim, 2022b, Yağmur Suyu Hasadı. Bakanlığı, T. C. T. v. O.: 36.
- Aşan, D., 2022, Leed Sertifikası Türkçe, <https://www.dilekasan.com/leed-sertifikasi/#:~:text=Yedi%20adet%20Leed%20kredi%20kategorisinin,%E2%80%9Cplatin%20sertifikal%C4%B1%E2%80%9D%20olarak%20derecelendirilir.>:
- Atabekyan, A., 2020, Citi Data Center, <https://www.building.am/buildings-index/citi-data-center-frankfurt-germany/>:
- Aytekin, A., 2019, Mevcut Bir Binanın Leed Sertifikası Açısından İncelenmesi: Kredi Oluşturabilecek Fırsat ve Önerilerin Sunulması, Marmara Üniversitesi, 2022. Su kaynaklarının geliştirilmesi p.
- Barroso , L. A., Urs Hölzle ve Ranganathan, P., 2013, The Datacenter as a Computer, 156.
- Breeam, 2011, Breeam New Construction Non-Domestic Buildings Technical, Bre Global.
- Breeam, 2020, Breeam New Construction Non-Domestic Buildings Technical Manual.
- Carroll, A., 2014, <https://lifelinedatacenters.com/colocation/leed-certification-data-centers/>.
- Cho, J., 2016, Applied Energy, Elsevier, 967-982.
- Cole, R. J., 2010, Emerging trends in building environmental assessment methods, Building Research & Information, 3-16.
- CyrusOne, 2018, Understanding the Different Types of Data Center Facilities.
- Çalapkulu, S., 2020, Yeşil Bina Dergisi, Yeşil Binalar ve Leed Sertifikaları 24.
- Çelik, K., 2016, Leed Sertifika Sistemleri ve Türkiye’ deki Uygulamalarının Değerlendirilmesi, T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi Yapım Yönetimi ve Teknolojisi.

- Dağtekin, M., 2012, Güneş Enerjisi Kullanımı, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 11-20.
- Dgnb, 2011, Sustainable Building with a Systems http://issuu.com/manufaktur/docs/dgnb_excellence_defined_sustainable_buildin_g_with_/4?mode=a_p, 10-13.
- Dündar, O., Özölçer, İ. H. ve Ünal, Ş. V., 2015, Yağmur Suyu Sistemi Teknik ve Ekonomik Analiz
- Emen, M., 2013, Sürdürülebilir Üniversite Yerleşkeleri ve İTÜ Ayazağa Yerleşkesi İle İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi'nin Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Endo, J., Murakami, S., Ikaga, T., Iwamura, K., Sakamoto, Y., Yashiro, T. ve Bogaki, K., 2005, Extended Framework Of Casbee; Designing An Assessment System Of Buildings For All Lifecycle Stages Based On The Concept Of Eco-Efficiency.
- Gökçül, F., 2023, Bilgi İşlem Merkezlerinin Enerji Talebinin Modellenmesi, Selçuk Üniversitesi.
- Griffiths, S., 2020, BBC, Why your internet habits are not as clean as you think.
- Gügöl, G. N., Bora, B. N. ve Toprak, B., 2019, Development of a Simulation Tool to Estimate Electricity Consumption and Determine the Optimum Cooling System for Data Centers.
- Gül, M. ve Yaman, K., 2021, Türkiye'de Atık Yönetimi, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 1267-1296.
- Güzelkokar, O. ve Gelişen, G., 2019, Mevcut Yapıların Sürdürülebilir Yeşil Binalara Dönüştürülmesi Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 76-90.
- Hopkins, E. A., 2014, LEED Certification of Campus Buildings: A CostBenefit Approach, Seton Hall University
- Hopkins, E. A., 2015, LEED Certification of Campus Buildings : A Cost -Benefit Approach, Josre.
- Iisbe, 2011, [Online]. Available: www.iisbe.org.
- Informa, 2010, LEED Platinum Data Centers, <https://www.datacenterknowledge.com/leed-platinum-data-centers>:
- Ji, Y. ve Han, C., 2015, Research on the Comprehensive Environmental Performance Assessment System for Green Data Centers, ICCREM, 292-293.
- Karademir, A. Ç. ve Dağ, A., 2021, Sürdürülebilirlik Uygulaması Olarak Yeşil Bina ve LEED Sertifikasyonu, Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi, 63-83.

- Kubba, S., 2010, LEED Practices, Certification, and Accreditation Handbook, Burlington, MA : Butterworth-Heinemann/Elsevier, p. 528.
- Kyosung Choo, Renan Manozzo Galante ve Ohadi, M. M., 2014, Energy consumption analysis of a medium-size primary data center in an academic campus, p. 414-421.
- Leed, 2011, [Online]. Available:
<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1988>.
- Malone, J., Peterson, J. ve Miao, K., 2021, Data Centers and Sustainability – Where Climate Meets Digital AVAIO Capital.
- Manganelli, M., 2021, Strategies for Improving the Sustainability of Data Centers via Energy Mix, Energy Conservation, and Circular Energy, Sustainability, 13.
- Metoroloji, G. M., 2021, İllere ait mevsim normalleri,
<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H>:
- Milcik, V., 2012, Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası ve Türkiye: Enerji Güvenliği ve Çevrenin Korunması T. C. İstanbul Üniversitesi.
- Moud, H. I. v. ve Kibert, C. J., 2018, Greening Data Centers: Beyond LEED Version 4, [April].
- Nadjahi ve ark., C., Hasna Louahlia,Stéphane Lemasson, 2018, A review of thermal management and innovative cooling strategies for data center, Elsevier (NORMANDIE UNI).
- Napoli, C. D. ve Forestiero, A., 2016, Efficiency and Green Metrics for Distributed Data Centers, ICAR.
- Norm, G. M. v. a., Pogue, D., Gough, Q. D. ve Susan, M. D., 2009, Green Buildings and Productivity Forthcoming in the Journal of Sustainable Real Estate.
- Orhan, İ. H. ve Kaya, L. G., 2016, LEED Belgeli Yeşil Binalar ve İç Mekan Kalitesinin İncelenmesi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 18-28.
- Özdemir, B., 2005, Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Popli , S. v. a., Jha , R. K. ve Jain, S., 2021, Computer Networks, Elsevier.
- Prisco, J., 2009, Green Data Center, Ashare.
- PvSol, 2021, Pv Santral.
- Saka, İ., 2011, Bir Ofis Binasının LEED Sertifikalandırması, İstanbul Teknik Üniversitesi.

- Santos, A. F., 2021, Ecoenergetic Comparison of HVAC Systems in Data Centers., 9 (42).
- Saunders, T., 2008, A Discussion Document Comparing International Environmental Assessment Methods For Buildings, Journal of Building Construction and Planning Research, 32.
- Selçuk, G., 2010, Leed Sertifikası Almaya Yönelik Yeni Bina ve Kapsamlı Yenileme Projelerinde Sözleşmelerin Biçimlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Semtrio, 2020, LEED Sertifikasının Değerlendirme Kategorileri, <https://www.semtrio.com/blog/leed-sertifikasi-nasil-alinir>:
- Services, I. G. T., 2009, Extending the life of your existing data centers.
- Sev, A. v. ve Canbay, N., 2009, Dünya Geneline Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Assembler, Yapı Dergisi, 45.
- Shehabi, A., Smith, S. ve Sartor, D., 2016, United States Data Center Energy Usage Report.
- Struckmeier, J., 2018, Yeşil Veri Merkezine 5 Adım, <https://www.facilitiesnet.com/datacenters/contributed/5-Steps-to-a-Green-Data-Center--40635>:
- Swallow, T., 2023, Top 10: Green Energy Data Centres, <https://energydigital.com/top10/top-10-green-energy-data-centres>:
- Tmmob, 2012, Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Verimliliği, 13.
- Topçu, G., 2010, Türkiye’de Sertifikalı Yeşil Bina Uygulamasının Örnek Bi Bina Üzerinde İrdelenmesi İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Uğur, L. O. ve Leblebici, N., 2015, Yeşil Bina Sertifikalandırma Sistemlerinin İnşaat Maliyetleri ve Taşınmaz Değeri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 544-576.
- Uğur, L. O. ve Leblebici, N., 2019, LEED Sertifikalı Yeşil Binalarda Enerji ve Su Tasarrufundan Sağlanan Faydaların Taşınmaz Değerine Etkilerinin İncelenmesi, Teknik Dergi.
- Uptimeinstitute, 2012, Data Center Site Infrastructure Tier Standard, p.
- Usgbc, 2021, LEED DC, <https://www.usgbc.org>:
- USGBC, 2024, LEED v4.1.
- USGBC(12), 2020, LEED Sürdürülebilir Araziler, <https://www.usgbc.org/credits/core-shell-healthcare-new-construction-retail-nc-schools/v2009/ssp1?return=/credits/Healthcare/v2009/Sustainable%20sites>:

- Utkutuğ, G., 2011, Sürdürülebilir Bir Geleceğe Doğru Mimarlık ve Yüksek Performanslı Yeşil Bina Örnekleri. X. Ulusal Tesisat Mühendisliği: 1517-1538.
- Xuan, X., 2012, Exploring The Effectiveness of Leed Certification, Texas A&M University ABD, 1.
- Yalılı Kılıç, M. ve Abuş, M. N., 2018, Yağmur Suyu Hasadı: Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Binası Örneği (Uluslararası Su ve Çevre Kongresi).

