



COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Akıllı Şehir Rehberlik Uygulamaları Projesi

ENERJİ GÜVENLİĞİ UYGULAMASI

AKILLI ŞEHİR UYGULAMA REHBERLİK KILAVUZU

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı © 2024

Tüm hakları saklıdır. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın izni olmadan bu belgenin hiçbir kısmı elektronik ya da mekanik yollarla (fotokopi, kayıtların ya da bilgilerin arşivlenmesi, vs.) çoğaltılamaz.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı © 2024

ENERJİ GÜVENLİĞİ UYGULAMASI REHBERLİK KILAVUZU

Bu kılavuz, akıllı şehir uygulamalarından olan “Enerji Güvenliği Uygulaması” yapmak isteyen kurum ve kuruluşlara, projenin geliştirme ve uygulama aşamalarında destekleyici rehber doküman olması amacıyla hazırlanmıştır.

Kılavuzda uygulamaya yönelik bir vaka üzerinden aşamalı ve detaylı olarak açıklama yapılmıştır.

Rehberlik kılavuzu ile uygulamanın projelendirilmesine ve fizibilite çalışmalarının yapılmasına destek olunması hedeflenmektedir.

1. Uygulamanın Tanımı

Bu rehberlik kılavuzu, Enerji Güvenliği konusunda yazılmış olup, enerji güvenliği konseptinin irdelenmesi ve özellikleri belirlenmiş bir örnek vaka analizi üzerinden değerlendirilmesi yapılabilecek sistemlerin fizibilitesi de yapılmaktadır. Bu dokümanda enerji güvenliği kapsamında Mahalli Alan Bina Yönetim Sistemi ve Bina Enerji Yönetim Sistemi ele alınmıştır. Doküman, bir bina veya bina grubunun enerji tüketimini izlemek, analiz etmek, kontrol etmek ve enerji verimliliğini artırmak amacıyla tasarlanmış bütünsel bir yaklaşımı içermektedir. Enerji güvenliği konusu geniş kapsamlı bir konu olduğundan dolayı, “Uzaktan Gözetim, İleri Kontrol Metotları ve Otomasyon” ile “Yapı Enerji Altyapısı” uygulamaları ile ilgili analiz ve değerlendirmelere de bu raporda yer verilmektedir. Yapılarda enerji güvenliğini sağlamak için kurulan çoklu bina yönetim sistemleri (Multi Building Management System) ya da Mahalli Alan Bina Yönetim Sistemi (Neighborhood Building Management System - NMBS) yapısının gereklilikleri ve yaklaşımı da bu kılavuzda ele alınmaktadır.

1.1. Projenin Adı, Uygulama Yeri ve Süresi

- Enerji Güvenliği projesinin hazırlık aşamasında ilk olarak projenin adı belirlenir.
- Proje adı belli olduktan sonra projenin uygulama alanı, büyüklüğü ve yapısı belirlenerek projenin ne kadar sürede biteceği planlanır.
- Proje uygulamaya alınmadan önce projenin tanıtıcı özeti olan Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamındaki Proje Fişi hazırlanır.

Örnek Vaka	
Proje Adı	Enerji Güvenliği Uygulaması (BEMS-Building Energy Management Systems, Bina Enerji Yönetim Sistemleri) Projesi

Uygulama Alanı	1000 Ha yerleşim alanı – 200.000 kişi
Proje Süresi	Projenin ölçeği tüm yaşam alanına Bina Enerji Yönetim Sistemi altyapısı kurmak ise, proje süresi 2-3 yıl sürebilmektedir. Daha küçük ölçekli çalışmalar birkaç ay gibi daha kısa sürelerde tamamlanabilmektedir.
Akıllı Şehir Proje Fişi, Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamında hazırlanmış olup doküman www.akillisehirler.gov.tr adresinde yayınlanan Akıllı Şehir Bilgi Paylaşım Portalı'ndan erişilebilmektedir.	

1.2. Proje Teknik Bileşenleri

Enerji Güvenliği projesi kapsamında ele alınan Mahalli Alan Bina Yönetim Sisteminin (Neighborhood Building Management System - NMBS) ve Bina Enerji Yönetim Sistemlerinin (Building Energy Management Systems – BEMS) teknik bileşenleri şu şekildedir:

- **Sensörler:** Binanın enerji tüketimini izlemek ve verileri toplamak için çeşitli sensörler kullanır. Bu sensörler, elektrik, su, gaz ve diğer enerji türlerinin tüketimini ölçmek için kullanılabilir.
- **Veri Toplama Birimi:** Sistem, sensörlerden gelen verileri toplamak ve işlemek için bir veri toplama birimine sahiptir. Bu birim, enerji tüketimi verilerini analiz etmek ve karar verme süreçleri için kullanıcıya sunmak için kullanılır.
- **Veri İletişim Altyapısı:** Binadaki sensörlerden ve diğer bileşenlerden gelen verileri iletmek için bir iletişim altyapısı kullanılır. Bu iletişim altyapısı genellikle kablosuz ağlar, Nesnelerin İnterneti [Internet of Things - IoT] gibi protokol teknolojilerini içerir.
- **Veri Depolama ve Analiz Sistemi:** Sistem, toplanan verileri depolamak ve analiz etmek için veritabanı ve analiz sistemi kullanır. Bu bileşen, enerji tüketimi eğilimlerini belirlemek, verimlilik iyileştirmeleri için fırsatları tanımlamak ve enerji tasarrufu sağlamak için gereken verileri işler.
- **Kontrol ve Yönetim Arayüzü:** Sistem, kullanıcılara enerji tüketimini izleme, ayar yapma ve kontrol etme gibi işlevleri gerçekleştirebilecek bir kontrol ve yönetim arayüzü sunar. Bu arayüz, kullanıcılara enerji tüketimi hakkında bilgi sağlamak ve enerji tasarrufu sağlamak için uygun ayar yapmalarına olanak tanır.
- **Otomasyon ve Uzaktan Kontrol Sistemi:** Enerji verimliliğini artırmak ve enerji tüketimini optimize etmek için otomasyon ve uzaktan kontrol özelliklerine sahiptir. Bu bileşen, binaların enerji kullanımını optimize etmek için aydınlatma, ısıtma, soğutma ve diğer sistemleri otomatik olarak kontrol edebilir.

1.3. Proje Girdileri

Mahalli Alan Bina Yönetim Sisteminin ve Bina Enerji Yönetim Sistemlerinin girdileri aşağıdaki gibidir:

- Bina özellikleri,
- Enerji tüketim verileri,
- Sensör verileri,
- Hava koşulları ve iklim verileri,
- Enerji verimliliği standartları ve kılavuzlar,
- Kullanıcı tercihleri ve ihtiyaçları.

1.4. Beklenen Çıktılar

Mahalli Alan Bina Yönetim Sisteminin ve Bina Enerji Yönetim Sisteminin çıktıları aşağıda verilmektedir:

- Enerji tüketimi analizleri,
- Performans raporları,
- Alarm ve bildirimler,
- Uzaktan kontrol ve otomasyon,
- Enerji yönetim arayüzü,
- Enerji tasarrufu önerileri.

1.5. Projenin performans göstergeleri

Enerji Güvenlik Sistemleri projesinin performans göstergelerinin amacı, proje performansının izlenmesi, analiz edilmesi ve değerlendirilmesi için bir çerçeve sağlamaktır. Bu performans göstergeleri sayesinde, projenin başarısını ölçmek ve gerekli düzeltici önlemleri alabilmek için sistem üzerinden veriler elde edilir. Mahalli Alan Bina Yönetim Sisteminin ve Bina Enerji Yönetim Sistemlerinin performans göstergeleri şunlardır:

- Enerji tüketiminin en az %30 azaltılması (Bu gösterge örnek vaka için konulmuştur.),
- Kestirimci bakım altyapısı ile birlikte toplu konut bölgesi içindeki en ufak noktada bile enerji kullanımı kesintilerinin neredeyse sıfıra indirilmesi (Elektrik şirketinden kaynaklı kesintiler hariç),
- Tesisin siber ve fiziksel müdahalelere karşı yaşadığı olumsuzluk sayısının da neredeyse sıfırlanması.

2. Proje Kapsamı ve Gerekçe

2.1. Proje Kapsamı

Enerji Güvenliği rehberlik kılavuzunda Çoklu Bina Yönetim Sistemi veya Mahalli Alan Bina Yönetim Sistemi (Neighborhood Building Management System - NMBS) yapıları üzerinden, ticari kullanımları da içerisinde bulunduran bir toplu konut alanı için enerji konusunda güvenlik hususları için yol göstermektedir. Elektrik enerjisi kullanılırken güvenlik, verimlilik ve enerjinin yönetilmesindeki etkinliği azami hale getirmek konuları üzerine çalışmalar temel alınmaktadır. Öte yandan bu çalışmada, Çoklu Bina Yönetim Sistemi yada Mahalli Alan Bina Yönetim Sistemi yapılarının gereksinimlerine de yer verilmektedir.

2.2. Proje Gerekçesi

Mahalli Alan Bina Yönetim Sistemi ve Bina Enerji Yönetim Sistemi projeleri, bir bina veya bina grubunun enerji tüketimini izlemek, analiz etmek, kontrol etmek ve enerji verimliliğini artırmak amacıyla tasarlanmış bütünsel bir yaklaşımı içerir. Bu projeler, enerji verimliliği izleme ve analizi, kontrol ve yönetim sistemi, veri toplama ve iletişim altyapısı, enerji verimliliği standartları ve kılavuzları, kullanıcı eğitimi ve farkındalık olmak üzere beş ana bileşenden oluşur.

Mahalli Alan Bina Yönetim Sistemi ve Bina Enerji Yönetim Sistemi projeleri, enerji tüketim verilerini izleyerek enerji tüketim profilini anlamayı ve enerji tasarrufu fırsatlarını belirlemeyi sağlar. Aynı zamanda binaların enerji sistemlerini otomatik olarak kontrol ederek enerji tüketimini optimize eder. Bu projeler, enerji verimliliği standartları ve kılavuzlarına uygunluk sağlayarak enerji tasarrufu hedeflerini belirler ve sürdürülebilir enerji kullanımını teşvik eder. Kullanıcı eğitimi ve farkındalık da önemli bir bileşendir ve enerji tasarrufu alışkanlıklarını teşvik eder, bilinçli kararlar almayı sağlar ve enerji verimliliği önlemlerini kullanmayı öğretir.

Projenin genel amacı, enerji güvenliğini sağlamak, enerji tasarrufunu teşvik etmek, sürdürülebilir enerji kullanımını artırmak ve bina yönetimi süreçlerini optimize etmektir. Bu projeler, binaların enerji verimliliğini artırarak enerji maliyetlerini düşürmeyi, karbon ayak izini azaltmayı ve enerji sürdürülebilirliği hedeflerine ulaşmayı hedefler.

Amaçlar:

- Enerji tüketimini azaltmak ve israfı azaltmak,
- Enerji tüketimini kontrol altına almak,
- Sürdürülebilir enerji kullanımını teşvik etmek,
- Sürdürülebilir ve temiz enerji konusunda toplumsal bilinç oluşturmaktır.

Hedefler:

- Enerji tasarrufu sağlamak ve enerji verimliliğini artırmak,
- Binaların enerji tüketimini izlemek ve analiz etmek,
- Enerji tüketimi eğilimlerini belirlemek ve enerji tasarrufu fırsatlarını tanımlamak,
- Binaların enerji sistemlerini otomatik olarak kontrol ederek enerji tüketimini optimize etmek,
- Enerji verimliliği standartlarına uygunluk sağlamak,
- Enerji maliyetlerini düşürmek ve karbon ayak izini azaltmak,
- Kullanıcıları enerji tasarrufu konusunda eğitmek ve farkındalık yaratmak,
- Bina yönetim süreçlerini optimize etmek ve enerji güvenliğini sağlamaktır.

2.3. Mevcut Durum

Proje konusu ile ilgili dünyada mevcut durumun tespiti

- Enerji güvenliği uygulamalarına yönelik dünyadaki güncel trendler incelenir.
- Bu trendlere bağlı güncel teknoloji, yazılım, otomasyon, ekipman, yapı, ürün vs. incelenir.

Proje konusu ile ilgili Türkiye’de mevcut durumun tespiti

- Türkiye’deki mevcut enerji güvenliği uygulamaları incelenir.
- Proje için gerek duyulan alanlarda hizmet alınabilecek firmalar belirlenir.

Daha önce yapılan çalışmaların başarı-başarısızlık durumlarının tespiti

Enerji güvenliği projelerinde başarıyı değerlendirmenin önemli bir yolu, belirlenmiş performans ölçütlerine ve hedeflere bakmaktır. Örneğin, enerji tasarrufu, enerji verimliliği endeksleri, karbon ayak izi, enerji maliyetleri gibi ölçümler ve hedefler, çalışmanın başarısını değerlendirmek için kullanılabilir. Gerçekleştirilen çalışmanın bu hedeflere ne kadar yaklaşıldığı veya bunları aştığı değerlendirilir.

Enerji güvenliği çalışmalarında toplanan verilerin analizi ve izlenmesi, başarının değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar. Enerji tüketimi verileri, enerji tasarrufu önlemlerinin etkinliğini ve enerji verimliliği iyileştirmelerini değerlendirmek için kullanılabilir. Verilerin izlenmesi, enerji tüketimi eğilimlerini belirlemek ve performansın zaman içinde nasıl değiştiğini görmek için önemlidir.

Çalışmaların başarı durumu, sahada yapılan ölçümler ve incelemeler yoluyla değerlendirilebilir. Bu, enerji verimliliği önlemlerinin etkinliğini doğrulamak veya sorunları tespit etmek için gerçek bina performansının değerlendirilmesini içerir. Örneğin, enerji denetimleri ve saha incelemeleri, enerji verimliliği önlemlerinin uygulanmasını ve performansını değerlendirmek için kullanılabilir.

Kullanıcıların geri bildirimleri, enerji güvenliği çalışmalarının başarısını değerlendirmek için önemli bir kaynaktır. Kullanıcıların enerji tasarrufu veya konfor düzeyi gibi konularda deneyimlerini paylaşmaları,

çalışmanın etkinliği hakkında bilgi sağlar. Kullanıcı memnuniyeti ve geri bildirimleri, çalışmanın başarısını ölçmede önemli bir göstergedir.

Enerji güvenliği çalışmalarının başarı durumunu değerlendirmede maliyet ve getiri analizi önemli bir araçtır. Yapılan yatırımların maliyetleri, elde edilen enerji tasarrufları ve diğer faydalarla karşılaştırılarak proje getirisi hesaplanır. Bu analiz, çalışmanın maliyet etkinliğini ve ekonomik açıdan başarısını değerlendirmek için kullanılır.

Yukarıda belirtilen yöntemler, enerji güvenliği çalışmalarının başarı veya başarısızlık durumlarının tespit edilmesinde kullanılan genel yaklaşımlardır. Bu yöntemler, objektif verilere dayanarak, belirlenmiş hedeflere ne kadar ulaşıldığını ve uygulanan önlemlerin etkinliğini değerlendirmeyi amaçlar.

Literatür Araştırması

Literatür araştırması kısmı, bu projeyi uygulayacak kurum ve kuruluşlara mevcut durum hakkında bilgi vermek ve konu hakkında fikir sahibi olmalarını sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

Elektrik enerjisinin son kullanıcılar için etkin bir şekilde temini için yapılan iyileştirme çalışmalarında, güvenilirlik, dayanıklılık ve güvenlik gibi değerlendirme kriterleri ve kavramlar önem kazanmıştır. Güvenilirlik ve dayanıklılık kavramları farklı temel felsefeleri temsil etse de genellikle aynı kelimelerle ifade edilebilir ve aynı amaçları taşıyabilirler. Elektrik güç sistemi güvenilirliği için kullanılan terminoloji, sistem performansının ölçülmesi ve değerlendirilmesi için en yaygın olanıdır. Bu kavramlar, makul seviyede sürekli ve kaliteli enerji temini sağlama ve aynı zamanda verimlilik hedeflerini içerir. IEC'nin tanımına göre, güvenilirlik, belirli bir süre boyunca bir cihazın veya sistemin belirlenen amaçları yerine getirme yeteneğini ifade eder [1].

Öncelikle, güvenilirlik konsepti altında tipik arızalardan kaynaklanan arıza sıklığı ve süreleri incelenmektedir. Bu arızalar genellikle anormal ancak tahmin edilebilir, önceden kestirilebilir ve kontrol edilebilir niteliktedir. Güvenilirlik, sistem ve bileşenlerini kısa zaman aralıklarında sınırlı alanlarda etkileyen ve hatta tüm sistemin arızalanmadan işletimde kalabileceği öngörülebilir, düşük etkili yüksek olasılıklı olaylara karşı koruma sağlar [2].

Ancak, nadiren gerçekleşen ancak önemli ve yıkıcı etkileri olan olaylarla başa çıkmak, güç sistem operatörleri için zor bir durumu beraberinde getirir. Bu nedenle, sadece güvenilirlik analizleriyle sistem tasarımı ve işletimi yetersiz kalmaktadır. Bu bağlamda, dayanıklılık kavramı literatüre sunulmuş ve son zamanlarda popüler bir konu haline gelmiştir. Dayanıklılık, istenmeyen olayların neden olduğu sonuçlarla başa çıkmak için umut verici bir yaklaşımdır. Güvenilirlik ve dayanıklılık kavramları arasındaki temel fark, aşağıdaki şekilde daha net bir şekilde görülebilir [3].



Şekil 1. Güvenilirlik ve dayanıklılık konseptleri kapsamında tehditlerin sınıflandırılması [3]

Dayanıklılık (resiliency) kelimesi, Latince kökenli "resilio" kelimesinden türetilmiştir ve "geri sıçrama (bounce back)" veya "geri gelme (spring back)" anlamlarını taşır. Dayanıklılık kavramı sadece elektrik güç sistemi değil, finans sektörü, iletişim, ulaşım ve toplum mühendisliği gibi farklı disiplinlerde de önem kazanmaktadır. Tüm bu alanlarda dayanıklılık kavramının temel hedefi, durumsal farkındalığın artırılması ve dış etkilere veya darbelere karşı dirençli olma yeteneğiyle hızlı bir şekilde geri dönme ve uyum sağlama özelliğini içermektedir. Dayanıklılık için ölçütler ve metrikler geliştirilirken, Şekil 2'de gösterildiği gibi temel şema, dayanıklılık kavramını görselleştirmektedir [4].



Şekil 2. Şoklara maruz kalan sistemin dayanıklılık şemasının genel çizimi [4]

Dayanıklılık konseptiyle ilgili olarak birçok güç sistem paydaşı, çalışmalar yürütmekte ve literatüre tanımlamalar getirmek için önemli çaba sarf etmektedir. Ulusal Altyapı Danışma Konseyi (The National Infrastructure Advisory Council-NIAC) gibi paydaşlar, genel bir çerçeve üzerinde çalışma yapmış ve kritik altyapıların dayanıklılık hedeflerini ortaya koymuştur. NIAC, dayanıklılığı şu şekilde tanımlamıştır: "Altyapı dayanıklılığı, bozucu etkilerin süresini ve/veya şiddetini azaltma yeteneği olarak tanımlanabilir. Dayanıklı bir altyapının veya işletmenin etkinliği; doğrudan potansiyel yıkıcı etkileri olan olayları tanıma, absorbe etme, adaptasyon ve/veya hızlıca kendini kurtarma yeteneğine bağlıdır" [5].

Elektrik güç sistemi alanında dünyaca ünlü diğer organizasyonlar ve paydaşlar da dayanıklılık konusunda birçok farklı tanım sunmaktadır. Bu çalışmada, dayanıklılığın temel karakteristikleri aşağıdaki gibi kabul edilmektedir:

1. Olaylara karşı korunma: Sistemin ilk şok, potansiyel kasıtlı saldırılar ve hava koşullarından kaynaklanan olaylara karşı korunma yeteneği.
2. Adaptasyon: Yük kayıplarını önlemek için değişen koşullara hızlı bir şekilde adapte olma yeteneği.
3. Restorasyon: Tamamen veya kısmen arızalanan bölgelerin hızlı bir şekilde yeniden inşa edilmesi için restorasyon sürecinin hızlı olması.
4. Öğrenme ve gelişme: Elde edilen deneyimler ve öğrenilen dersler üzerine bir yol haritasının belirlenebilmesi.

Bu şekilde dayanıklılığın, olayları tanıma, absorbe etme, adaptasyon, hızlı kendini kurtarma ve öğrenme süreçleriyle birlikte potansiyel yıkıcı etkilere karşı etkin bir şekilde korunan ve işlevini sürdürebilen altyapıların ve işletmelerin yeteneklerini ifade ettiği kabul edilmektedir.

Dayanıklılık kavramına benzer şekilde, güvenlik konusu da farklı tanımlamalara sahiptir. Enerji güvenliği kavramı, ülke bazında geniş kapsamlı bir politika olabileceği gibi, enerjinin güvenli bir şekilde temin edilmesi gibi daha dar bir uygulama alanında da ele alınabilir. Bu konuda çeşitli kaynaklarda farklı tanımlamalar yapılmıştır.

Geniş kapsamlı değerlendirmelerde, enerji güvenliği, Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency - IEA) tarafından enerji kaynaklarının uygun maliyetli ve kesintisiz bir şekilde mevcut olması olarak tanımlanmaktadır [6]. IEA, Asya Pasifik Enerji Araştırma Merkezi (Asia Pacific Energy Research Center - APERC) ve Avrupa Komisyonu (European Commission) gibi kuruluşların bakış açılarının kesişiminde büyük kapsamlı enerji güvenliği kavramını üç bileşenden oluşan bir şekilde değerlendirmektedir [7]:

1. Enerji kaynaklarının fiziksel mevcudiyeti ve erişilebilirliği
2. Ekonomik olarak makul seviyede olması
3. Uzun dönemli çevresel sürdürülebilirlik

Bu bileşenler, enerji güvenliği kavramının geniş kapsamlı bir şekilde ele alınmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Enerji güvenliği, dar kapsamlı olarak ele alındığında, enerji kaynağının fiziksel olarak mevcut olması önem kazanır. Bu durumda, son kullanıcının ilgili enerji türüne erişimi açısından risklerin değerlendirilmesi, risklerin önceden bertaraf edilmesi için önlemlerin alınması ve beklenmedik

durumlarla karşılaşıldığında ilgili sistemin hızlı ve etkin bir şekilde faaliyete geçerek olumsuz etkileri minimize etmesi gibi alt kısımlar detaylı olarak değerlendirilmelidir. Bu bakış açısıyla, sistem güvenliği ve dayanıklılığı kavramları arasında ortak noktalar bulunmaktadır.

Bu çalışmanın kapsamında enerji güvenliği terimi kullanıldığında, dar bir bakış açısıyla enerjiye güvenli bir şekilde erişimden bahsedildiği ve büyük çaplı enerji güvenliği içeriği ve süreçlerinin bu çalışmanın ilgi alanına girmediği belirtilmelidir. Enerji güvenliği açısından farklı süreçler izlenebilir, ancak her durumda öncelikli adım, sisteme dahil olan farklı bileşenlerin durumlarının etkin bir şekilde izlenmesidir. Bu izleme aşamasında, güç sistemi seviyesinde ve son kullanım bölgelerinde son yaklaşık yarım asır boyunca SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemleri yaygın bir şekilde kullanılmıştır.

1967'de Amerika Birleşik Devletleri'nin bazı bölgelerinde meydana gelen elektrik sistemi çökmesi ve elektrik kesintisi, elektrik güvenilirliğiyle ilgili eylem planlarının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu planlarla, enerji yönetim sistemleri ve SCADA teknolojisinin geliştirilmesi gerekliliği vurgulanmış ve elektrik güç sisteminin üretimden son kullanım noktalarına kadar farklı seviyelerinin uzaktan izlenmesi ve kontrol edilmesi hedeflenmiştir [8].

SCADA sistemleri, günümüzde farklı alanlarda durum görüntülemesi için sıklıkla kullanılmaktadır. Son 20 yılda ise özellikle son kullanım bölgelerinde, gelişmiş sensör altyapılarının entegrasyonu ve yapay zekâ temelli karar mekanizmalarının varlığıyla birlikte Bina Enerji Yönetim Sistemleri önem kazanmıştır. Bina enerji yönetim sistemleri, izleme işlemlerini daha kapsamlı bir şekilde gerçekleştirerek durum farkındalığını artırmaktadır. Bu sistemler, enerji yönetimi yanı sıra güvenlik gibi faktörleri de içeren Bina Yönetim Sistemleri olarak adlandırılmaktadır.

Bina Enerji Yönetim Sistemleri ve Bina Yönetim Sistemleri , durum farkındalığını artırarak ilgili işletim sistemi için farklı tehditlerin daha büyük olumsuz etkilere yol açmadan tespit edilmesi ve önlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Durum farkındalığı, sistemin durumunun görüntülenmesi ve uygun aksiyonların zamanlaması için önemlidir. Bu bağlamda, durum farkındalığı açısından üç olasılık söz konusudur [9]:

- **Reaktif aksiyomlar:** Sistemdeki risk durumu ortaya çıktıktan sonra sistem işletimini normale döndürmek için yapılan işlemlerdir.
- **Önleyici aksiyomlar:** Olası riskleri önceden belirleyerek, risklerin sistem işletimini etkilemeden önce bertaraf edilmesi için yapılan işlemlerdir.
- **Kestirimci aksiyomlar:** Sistemin risk oluşturabileceği bilinen kritik noktalarının sürekli izlenmesi ve riskin gerçekleşmeden önce tahmin edilerek buna göre işlemler yapılmasıdır.

Bu aksiyomlardan durum farkındalığı için en makul çözüm reaktif aksiyomlardır, çünkü başlangıç yatırım maliyeti düşüktür. Ancak, reaktif aksiyomlarda durum farkındalığı minimum seviyededir ve bir riskin gerçekleşmesinin ekonomik etkisi, kestirimci sistem kurmanın maliyetini aşabilir. Bu nedenle, durum farkındalığının artması ve kestirimci aksiyonlar kullanılması günümüzde modern tesislerde uygulanması gereken bir yaklaşımdır.

Dünyada birçok tesiste, kritik ekipmanların durumlarının gerçek zamanlı olarak izlendiği ve bu bilginin kestirimci bakım konseptiyle kullanıldığı önemli yatırımlar yapılmıştır. Son kullanıcı bölgelerinde ise gelişmiş Bina Enerji Yönetim Sistemleri yapıları, kestirimci bakım özelliklerini içerecek şekilde kurulmuştur.

Amsterdam'daki The Edge binası, dünyanın en gelişmiş SEE BEMS örneği olarak gösterilmektedir [14]. Bu bina, enerji verimliliğinin mimari tasarım aşamasında ön planda tutulmasının yanı sıra, lokal enerji depolama, fotovoltaik dağıtık üretim birimleri ve gelişmiş izleme, anlamlandırma ve kontrol aksiyomlarını içermektedir. The Edge binası, birçok kaynaktan dünyadaki en akıllı bina olarak tanımlanmaktadır.

SEE BEMS kapsamında diğer önde gelen dünya çapındaki örnekler arasında Birleşik Krallık'ta Tottenham Hotspur ve Almanya'da Bayern Münih futbol takımlarının maçlarını oynadığı Spur's Stadium ve Allianz Arena statları, San Francisco'daki Salesforce Tower, Londra'daki The Crystal binası yer almaktadır. Bu örnekler, ileri düzeyde Bina Enerji Yönetim Sistemleri yapılarını ve enerji yönetimi çözümlerini sergilemektedir.

Projenin bağlantılı olduğu başlıca alanlar şunlardır:

- Akıllı Şehircilik
- Enerji Üretimi ve Dağıtımı
- Altyapı Güvenliği
- Enerji Depolama ve Yedekleme Sistemleri
- Akıllı Şebeke ve İletişim Altyapısı
- Veri Güvenliği ve Siber Güvenlik
- Enerji Verimliliği ve Tasarruf
- Acil Durum Hazırlığı ve Müdahale
- İklim Değişikliği ve Sürdürülebilirlik
- Yasal Düzenlemeler ve Standartlar
- Kullanıcı Eğitimi ve Farkındalık.

2.4. İhtiyaç Analizi

Projeye duyulan ihtiyacı ortaya koyan verilerin incelenmesi

Bina Enerji Yönetim Sistemi altyapıları, binaların enerji verimliliğini artırmak, işletim maliyetlerini düşürmek, konforu iyileştirmek ve çevresel etkiyi azaltmak için kullanılır. Bu sistemler, enerji tüketimini izleyerek ve analiz ederek enerji tasarrufu sağlayacak önlemler önerir. Aynı zamanda bina içindeki sıcaklık, aydınlatma, havalandırma gibi parametreleri kontrol ederek konfor düzeyini optimize eder. Bina Enerji Yönetim Sistemi ayrıca, bina sistemlerinin performansını izler, hataları tespit eder ve bakım ihtiyaçlarını belirler. Bu sayede erken müdahale ile arızalar önlenebilir ve gereksiz bakım maliyetleri azaltılır. Bina Enerji Yönetim Sistemi, enerji kullanımını optimize ederek çevresel etkiyi azaltır ve sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlar. Ayrıca uzaktan izleme ve kontrol özellikleri sayesinde bina yöneticileri ve kullanıcılar, enerji tüketimini uzaktan takip edebilir ve ayarlamalar yapabilir. Bina Enerji Yönetim Sistemi altyapıları, binaların enerji yönetimini etkinleştirerek enerji maliyetlerini düşürmek, konforu artırmak ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemek için önemli bir araçtır.

Proje ile ilgili beklentiler ve paydaşlara sağlanan faydalar ile çözüm getirilen problem ve sıkıntıların tespiti

- Projenin, tedarik sürecindeki aracı kurumlardan kaynaklanan fiyat değişimine etkisinin analiz edilmesi
- Enerji güvenliği teknolojilerinin yaygın kullanımı için gereksinimlerin belirlenmesi
- Enerji güvenliği teknolojilerinin uygulanacağı bölgelerde yaşanacak uygulama zorluklarının belirlenmesi

Projenin başarılı olmasını sağlayacak güçlü yönlerin ve başarısızlığa neden olabilecek zayıf yönlerin tespiti

- **Güçlü Yönler**
 - Enerji verimliliğini artırır.
 - Enerji tüketimini izler, analiz eder ve kontrol ederek enerji tasarrufu sağlar.
 - Konfor düzeyini optimize eder.
 - Isıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma gibi sistemleri entegre bir şekilde yönetir.
 - Hata tespiti yaparak arızaları önceden belirler ve önleyici bakım sağlar.
 - Otomasyon özellikleri sayesinde enerji tüketimini optimize eder.
 - Enerji maliyetlerini düşürür.
 - Çevresel etkiyi azaltır ve sürdürülebilirlik sağlar.
 - Veri toplama ve analiz yetenekleri ile enerji performansını görselleştirir.

- Uzaktan erişim ve kontrol imkânı sunar.
- İşletim sürekliliğini artırır.
- Raporlama ve analitik özellikleri ile enerji yönetimi kararlarına destek sağlar.
- **Zayıf Yönler**
 - Bina Enerji Yönetim Sistemi kurulumu ve altyapı güncellemeleri maliyetli olabilir.
 - Mevcut bina sistemleriyle uyumlu hale getirme ve entegrasyon süreci karmaşık olabilir.
 - Bina Enerji Yönetim Sistemi, enerji tüketimi ve kullanıcı verilerini topladığı için veri güvenliği riskleri taşıyabilir.
 - Bina Enerji Yönetim Sistemi kurulumu ve yönetimi, teknik bilgi ve uzmanlık gerektirebilir.
 - Bina Enerji Yönetim Sistemi sistemleri, düzenli bakım ve güncellemeler gerektirir.
 - Farklı üreticilerin Bina Enerji Yönetim Sistemi çözümleri arasında uyumluluk sorunları yaşanabilir.
 - Bina Enerji Yönetim Sistemi, elektrik veya internet bağlantısı gibi dış faktörlere bağımlı olabilir.
 - Bina Enerji Yönetim Sisteminin karmaşık olması, operasyonel süreçlerin yönetimini zorlaştırabilir.
 - Bina Enerji Yönetim Sisteminin tam potansiyelinden yararlanmak için kullanıcıların farkındalığının ve eğitiminin olması gerekmektedir.

2.5. Talep Analizi

Proje ile üretilecek ürünlere ve/veya sunulacak hizmetlere yönelik mevcut talebin tespiti

Gelişmiş son kullanım bölgelerinde Bina Enerji Yönetim Sistemi altyapısının kurulumu zaruri hale gelmektedir. Bu proje kapsamında, bir mahalli alanda birden fazla binayı izlemek, karar vermek ve yönetmek için merkezi bir Bina Enerji Yönetim Sistemi tasarlanması ve uygulanması önerilmektedir. Bu yönetim sistemi, her bir binaya hizmet veren merkezi iklimlendirme sistemleri, aydınlatma sistemleri, asansör birimleri, elektrik altyapısı ve yerel üretim birimlerini gerçek zamanlı olarak izlemek için sensör altyapısı kullanacaktır. Sensörlerden gelen veriler yapay zekâ tabanlı karar verme mekanizmaları tarafından analiz edilerek enerjinin en güvenli, verimli ve etkin kullanımı sağlanacaktır. Ayrıca, bu sistem kestirimci bakım faaliyetlerini de içerecek şekilde aydınlatma sistemlerinin ömür tahmini ve iklimlendirme sistemlerinin performansının değerlendirilmesi gibi işlevleri yerine getirecektir.

Bina Enerji Yönetim Sistemi veya benzeri sistemlerin kurulması için talebi belirleyen temel etkenler ve göstergeler şunlardır:

Enerji Maliyetleri: Yüksek enerji maliyetleri, işletmelerin ve bireylerin enerji verimliliği ve tasarrufu konusunda daha fazla bilinçlenmelerine ve enerji yönetim sistemleri kurmalarına neden olabilir.

Sürdürülebilirlik Hedefleri: Binalarının çevresel etkisini azaltmak ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşabilmek için enerji yönetim sistemleri kurmak tercih edilebilir.

Yasal Düzenlemeler: Enerji verimliliği ve raporlama konularında getirilen yasal düzenlemeler, bina sahiplerini ve işletmeleri enerji yönetim sistemleri kurmaya teşvik edebilir.

Enerji Verimliliği Farkındalığı: Genel olarak artan enerji verimliliği farkındalığı, bina sahiplerinin ve işletmelerin enerji yönetim sistemlerine olan talebini artırabilir.

Teknolojik Gelişmeler: İlerleyen teknoloji, daha gelişmiş ve verimli enerji yönetim sistemlerinin kurulmasını desteklemektedir. Akıllı sensörler, analitik araçlar ve yapay zekâ gibi teknolojiler, sistemlerin daha etkin çalışmasını sağlar.

Enerji İzleme ve Raporlama İhtiyacı: Bina sahipleri ve işletmeler, enerji tüketimlerini izlemek, verileri analiz etmek ve raporlamak için enerji yönetim sistemleri kullanmak isteyebilir.

İşletim Verimliliği: Enerji yönetim sistemleri, binaların ve tesislerin işletim verimliliğini artırabilir, operasyonel süreçlerin daha iyi kontrol edilmesini ve enerji maliyetlerinin düşürülmesini sağlar.

Bu faktörler, bina sahipleri, işletmeler ve hatta hükümetler için enerji yönetim sistemlerine olan talebi şekillendiren önemli etkenlerdir. Talep, enerji yönetim sistemleri sağlayıcıları ve endüstri profesyonelleri tarafından bu ihtiyaçlara yönelik geliştirilen çözümlerle karşılanmaktadır.

Talebin gelecekteki gelişim potansiyeli ve talep için gelecek öngörülerin tespiti

- Geleceğe yönelik nüfus, ekonomi ve teknoloji öngörülerini dikkate alınarak hesaplamalar yapılır.

3. Teknik Analiz ve Alternatif Teknolojilerin Değerlendirilmesi

Fiziki/Mekânsal Büyüklük

- Bina Enerji Yönetim Sistemi projelerinin mekânsal gereksinimleri, projenin ölçeği ve uygulanacak bina veya tesisin büyüklüğüne bağlı olarak değişir.
- Bu projelerin gerçekleştirilmesi için sensör yerleştirme alanları, kontrol ve otomasyon cihazlarının montaj alanları, veri sunucusu ve iletişim altyapısı alanı ile bir kontrol odası veya merkezi gibi mekânsal alanlara ihtiyaç duyulur. Bu alanlar, enerji tüketimi olan bölgeleri ve cihazları kapsayacak şekilde planlanmalı ve yeterli büyüklükte olmalıdır. Mekânsal gereksinimler, projenin özelliklerine ve uygulanacak bina veya tesisin büyüklüğüne göre farklılık gösterir.

Kapasitenin Belirlenmesi

- Projeye konu olan bina veya tesisin enerji tüketimi miktarı ve profili
- Binanın veya tesisin büyüklüğü ve kullanım amacı
- İlgili mekândaki enerji tüketimindeki dalgalanmalar ve pik talepler
- İlgili mekândaki enerji verimliliği hedefleri
- İlgili mekânın operasyonel ihtiyaçları ve gereksinimleri
- Planlanan enerji yönetim stratejileri ve uygulamaları
- Projenin maliyet ve bütçe faktörleri
- Projenin öngörülen büyüme ve genişleme potansiyeli
- İlgili mekânın mevcut elektrik altyapısı ve kapasitesi
- İlgili mekânın yerel enerji düzenlemeleri ve standartları
- Enerji tüketiminin çevresel etkileri ve sürdürülebilirlik hedefleri

Bu kriterler, Bina Enerji Yönetim Sistemi projelerinin kapasitesinin belirlenmesi için dikkate alınan önemli faktörlerdir. Projeye özgü ihtiyaçlar ve hedefler, belirlenen kapasitenin doğru bir şekilde tespit edilmesini sağlamaktadır.

Yapısal Proje Gereksinimleri

Enerji Güvenliği projeleri için yapısal proje gereksinimleri şunlardır:

- Projeye konu olan binanın veya tesisin fiziksel yapısının detaylı bir şekilde incelenmesi
- Elektrik, su, ısıtma-soğutma ve havalandırma gibi enerji kullanımıyla ilgili sistemlerin analiz edilmesi
- Elektrik dağıtım sistemi ve alt yapılarının gözden geçirilmesi
- Enerji verimliliği ve tasarruf potansiyelini artırmak için yapısal iyileştirmelerin belirlenmesi
- Yalıtım, aydınlatma, pencereler ve kapılar gibi yapı elemanlarının enerji etkinliği açısından değerlendirilmesi
- Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi veya diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunun planlanması
- Enerji yönetim sistemlerinin donanım ve yazılım gereksinimlerinin belirlenmesi
- Sensörlerin ve izleme ekipmanlarının konumlandırılması ve entegrasyonu
- Bina otomasyon sistemlerinin kurulması ve entegrasyonu
- Sistemlerin siber güvenlik açısından tasarım ve korunmasının sağlanması
- Projenin yerel enerji düzenlemelerine ve standartlara uygunluğunun sağlanması

Yazılım ve Donanım Gereksinimleri

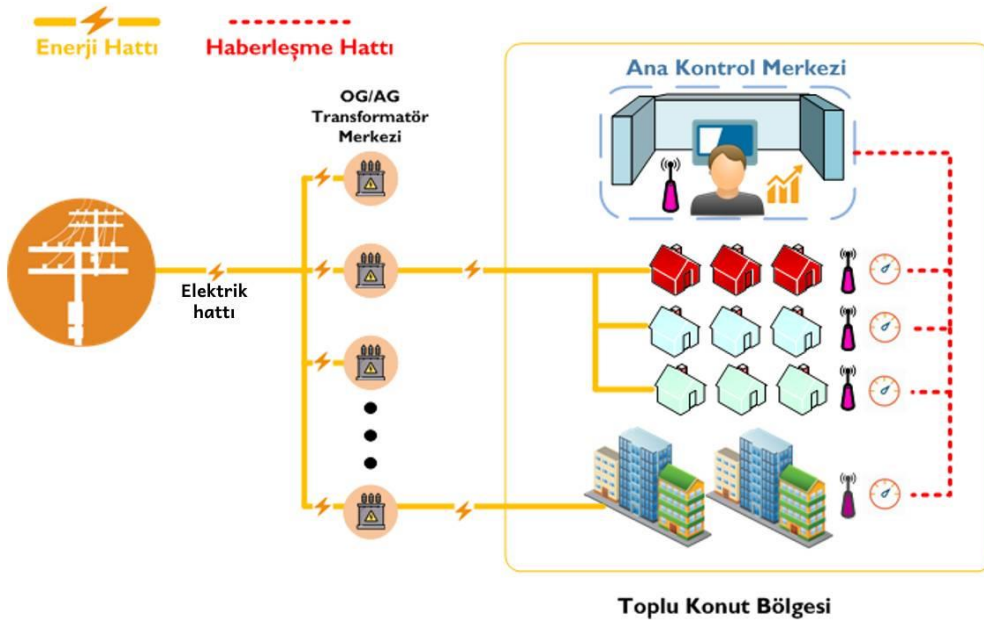
Enerji Güvenliği Projesi için yazılım ve donanım gereksinimleri şunlardır:

- Enerji yönetim sistemi yazılımı
- Veri analitiği yazılımı
- Otomasyon yazılımı
- Siber güvenlik yazılımı
- Enerji izleme cihazları
- Veri toplama ve iletim cihazları
- Kontrol ve otomasyon cihazları
- Yedek güç kaynakları

Bu yazılım ve donanım gereksinimleri, enerji yönetimi projelerinin veri toplama, analiz, kontrol ve otomasyon süreçlerini desteklemek ve enerji verimliliğini artırmak için önemlidir. Projenin kapsamına ve hedeflerine bağlı olarak gereksinimler değişebilir.

Alternatif teknolojiler nelerdir? Karşılaştırma yapınız.

Elektrikli araçların dış dünyaya enerji aktarımı ve kritik durumlarda enerji talebini karşılamak için araçların kullanılması gibi ileri uygulamalar, ölçeklenebilir ve modüler bir yapıyla Bina Enerji Yönetim Sistemi altyapısına entegre edilebilir. Bu yapı, tak-çalıştır prensibiyle çalışarak enerji talebini minimum kayıpla karşılamaya destek olur. Ayrıca, bu yapılar için siber güvenlik önlemleri alınarak zayıf noktalar tespit edilir ve siber güvenlik altyapısı sağlanır. Bu konseptte örnek bir diyagram aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 3. Enerji Güvenliği Sistemi [25]

İlgili enerji yönetimi ve güvenliği konsepti, enerji yönetiminin akıllı bir şekilde gerçekleştirilmesi için uç sensörlerden merkezi karar verme mekanizmasına kadar bütünleşik bir yapıyı içerir. Bu yapı, otomasyon tabanlı bir altyapıdan daha fazlasını gerektirir ve tasarım aşamasından uygulamaya kadar uzmanlık gerektirir. Önerilen yapıda, yapay zeka tabanlı bir merkezi karar verme mekanizması kullanılır ve sürekli öğrenme yeteneğine sahiptir. Akıllı şehrin enerji ağı için akıllı sistemlerin kullanılması önemlidir, bu nedenle sürekli öğrenen bir yapının kurulması kaçınılmazdır.

Bu yapı, siber güvenlik açısından da avantaj sağlar. Örneğin, "yanlış veri aktarımı" gibi siber saldırıları algılamak ve önlemek için geliştirilmiştir. Klasik bir otomasyon sistemi tarafından algılanamayan bu tür saldırılar, önerilen zeki yaklaşım tarafından fark edilebilir ve uygun aksiyonlar alınabilir. Bu yapıda fiziksel ve siber hususlar dikkate alınarak etkin bir işletim yaklaşımı benimsenir.

Bu şekilde tasarlanmış bir enerji yönetimi ve güvenlik konsepti, mevcut ve gelecekteki teknolojileri kullanarak en etkin işletim yaklaşımını sağlamayı hedefler.

Teknoloji seçiminin dayandığı kriterler nelerdir? Açıklayınız.

- 1) Teknoloji yeni mi?
- 2) Teknoloji yerli mi?
- 3) Teknoloji yerli değilse yerlileştirilebilir mi?
- 4) Teknik uyum
- 5) Ölçeklendirme kolaylığı
- 6) Maliyet-etki oranı
- 7) Güvenlilik
- 8) Destek ve bakım
- 9) Entegrasyon kolaylığı ve geleceğe uyumluluk

Teknik tasarım süreçlerini (süreç tasarımı, makine-donanım, inşaat işleri, arazi düzenleme, yerleşim düzeni vb.) açıklayınız.

- Enerji yönetimi projesinin teknik tasarım süreci genellikle aşağıdaki adımlardan oluşur:
- **İhtiyaç Analizi:** Projenin hedefleri, gereksinimleri ve kısıtları belirlenir. Bu adımda, enerji tüketimi analizi, sistem gereksinimleri ve kullanıcı ihtiyaçları göz önünde bulundurulur.
- **Konsept Tasarımı:** Projenin genel yapısı ve bileşenleri belirlenir. Enerji tüketimini optimize etmek için kullanılacak teknolojiler ve sistemler seçilir. Konsept tasarım aşamasında, enerji kaynakları, enerji üretimi, enerji depolama ve enerji dağıtımı gibi unsurlar dikkate alınır.

- **Detaylı Tasarım:** Konsept tasarımın detaylandırıldığı aşamadır. Seçilen teknolojilerin ve bileşenlerin detayları belirlenir. Elektrik, mekanik ve otomasyon sistemlerinin entegrasyonu, kontrol ve izleme sistemleri gibi konular üzerinde yoğunlaşılır.
- **Teknik Çizimler ve Dokümantasyon:** Projenin teknik çizimleri ve dokümantasyonu oluşturulur. Bu, mimari planlar, elektrik ve mekanik şemalar, boru ve kablo düzenlemeleri, ekipman spesifikasyonları, teknik özellikler ve montaj talimatlarını içerebilir.
- **Sistem Entegrasyonu:** Farklı bileşenlerin bir araya getirilerek sistem entegrasyonunun gerçekleştirildiği aşamadır. Donanım, yazılım ve haberleşme protokolleri arasındaki entegrasyon sağlanır ve sistem testleri yapılır.
- **Proje Yönetimi:** Projenin zaman çizelgesi, bütçesi ve kaynak planlaması gibi yönetim süreçleri yönetilir. İş takibi, ilerleme raporlaması, risk yönetimi ve kalite kontrol gibi unsurlar dikkate alınır.
- **Uygulama ve İşletmeye Alma:** Tasarlanan sistemlerin kurulumu gerçekleştirilir ve test edilir. Sistemler işletmeye alınır ve operasyonel süreçlere geçilir. Performans değerlendirmeleri yapılır ve gerekli düzeltmeler ve iyileştirmeler gerçekleştirilir.
- **Bakım ve Destek:** Proje tamamlandıktan sonra, sistemlerin düzenli bakımı ve destek hizmetleri sağlanır. Proaktif bakım, arıza yönetimi ve teknik desteğin sürdürülmesi gibi süreçler devam eder.

Bu aşamalar projenin karmaşıklığına, ölçeğine ve gereksinimlerine bağlı olarak değişebilir ve farklı projelerde farklılık gösterebilir. Projenin başarıyla tamamlanabilmesi için iyi bir planlama, tasarım ve uygulama süreci önemlidir.

4. Finansal Analiz

Enerji güvenliğini sağlamak amacıyla binalarda kurulan Bina Enerji Yönetim Sistemi yapıları, binalarda direkt olarak enerji tasarrufu sağlamak üzerine kurgulanmaktadır. Bina Enerji Yönetim Sistemi altyapısı kurulan binaların %10-40 oranında tasarruf sağladığı tespit edilmiştir [15][16][17][18]. Bina Enerji Yönetim Sistemi altyapısının tesis edilmesi için genellikle 2,5 \$/ft² ile 7 \$/ft² arasında değişen bir birim yatırım bedeli gerekmektedir. Ortalama bir Bina Enerji Yönetim Sistemi altyapısı için ise yaklaşık 5 \$/ft² bir yatırım gerekmektedir. Bu bedeller, saha uygulamaları ve Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazları gibi faktörler dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu değerler gerçek uygulama örnekleriyle uyumlu olup, yaklaşık birim yatırım bedelini vermektedir. Ayrıca, bu bedellere yaklaşık %20'lik bir maliyet artışı da

eklenerek ileri seviye bir Bina Enerji Yönetim Sistemi altyapısının birim maliyeti aşağıdaki formül üzerinden hesaplanabilir:

$$7 \frac{\$}{ft^2} \cdot \frac{1}{0,09290304 \frac{m^2}{ft^2}} \cdot (100 + 20)\% = 90,41\$/m^2 \cong 90\$/m^2$$

Bu hesaplamaların detaylı ve doğru bir şekilde yapılabilmesi için öncelikle projede bu uygulamaların gerçekleştirileceği tüm alanların hesaplanması gerekmektedir. Alandaki konut, ticaret, turizm, açık yeşil alanlar ve rekreasyon alanları, eğitim kurumları ve tesisleri, dini yapılar, sağlık kurumları, resmi kurum alanları ve belediye hizmet alanları, spor alanları ve tesisleri, sosyal tesisler, servis alanları, teknoloji geliştirme bölgeleri gibi tüm farklı kullanımların m2 olarak kapladıkları alan hesaplanmalıdır. Bu alanların hangilerine Bina Enerji Yönetim Sistemi altyapısı kurulacağı tespit edilmeli, eğer bu altyapı alanın tamamına kurulacaksa her birinin yapılaşma alanı dikkate alınmalıdır. Ayrıca aşağıda listelenen maliyetler, enerjiyle ilgili diğer tüm uygulamalardaki sensör ve veri güvenliği maliyetlerini kapsamaktadır.

Örnek Vaka:

İhtiyaç analizi kapsamında **1000 hektarlık** bir alanda **200.000 kişinin** yaşayacağı varsayılan proje alanında Enerji Güvenliği Projesi ile ilgili aşağıdaki maliyetler söz konusu olmakta, detaylıca açıklanmaktadır.

Yukarıda bahsedilen aşamalardan sonra yapılaşma ve proje alanına göre yapılan maliyet hesapları aşağıdaki gibidir:

Tablo 1. Örnek vakada uygulanacak proje için gerekli ilk yatırım maliyetleri ve giderler

Elektrik ve Isınma dahil yaklaşık enerji bedeli [\$/m2]	25
Toplam enerji bedeli [\$]	250.000.000,0
Enerji Tasarruf bedeli	75.000.000,0

Tablo 2. Örnek vakada uygulanacak proje için döviz ve enerji bedeli değişimleri

Döviz cinsinden paranın yüzde yıllık değer kaybı	2,00%
Enerji bedeli artış değeri	2,00%
Toplu alımda birim fiyattan indirim yüzdesi	0,00%
Enerji Tüketiminde yeni teknoloji ile azalış yüzdesi	30,00%

Yukarıda yapılan yapılaşma alanı hesaplarından yola çıkarak, 1000 hektar (10.000.000 m²'ye karşılık gelmektedir) ve 200.000 kişilik bir yaşam alanı için, yatırım bedelleri ve yıllar içindeki kar-zarar akışları aşağıdaki tablolarda verilmektedir:

Tablo 3. Örnek vakada uygulanacak proje için döviz ve enerji bedeli değişimleri

	m2 başına	Toplam	İndirimli Toplam
Yaklaşık bedel [\$]	90	900.000.000,0	900.000.000,0
İlk yatırım bedeli [\$]	65	650.000.000,0	650.000.000,0
İşletme, personel, bakım vb. diğer giderler	25	250.000.000,0	250.000.000,0

Tablo 4. Örnek vakada uygulanacak proje için yıllar içindeki gelir ve giderleri

NET BUGÜNKÜ DEĞER TEOREMİNE GÖRE NAKİT AKIŞLARI											
YIL	0. YIL	1.YIL	2.YIL	3.YIL	4.YIL	5.YIL	6.YIL	7.YIL	8.YIL	9.YIL	10.YIL
İLK YATIRIM MALİYETİ	390.000.000	127.450.980	124.951.941	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DİĞER GİDERLER		24.509.803	24.029.219	23.558.058	23.096.135	22.643.270	22.199.284	21.764.004	21.337.259	20.918.881	20.508.707
GELİRLER		-75.000.000	-75.000.000	-75.000.000	-75.000.000	-75.000.000	-75.000.000	-75.000.000	-75.000.000	-75.000.000	-75.000.000
TOPLAM	390.000.000	466.960.784	540.941.945	489.500.003	437.596.139	385.239.409	332.438.694	279.202.698	225.539.958	171.458.839	116.967.547

5. Ekonomik Analiz

Referans [19]'da, binalardaki birim enerji bedellerinin elektrik enerjisi ve ısınma ihtiyaçları birlikte düşünülduğünde ortalama olarak yıllık 2,32 \$/ft² (yaklaşık 25 \$/m²) olduğu belirtilmiştir. Bu değer, 5,8 milyon m²'lik inşaat alanında yaklaşık 145 milyon \$'lık bir enerji tüketim bedeline tekabül etmektedir. Bina Enerji Yönetim Sistemi altyapısının kurulmasıyla elde edilen enerji tasarrufu değeri, farklı kaynaklara göre Bina Enerji Yönetim Sisteminin gelişmişliğine bağlı olarak %10-40 arasında değişebilmektedir. Hatta en gelişmiş tekniklerin kullanılmasıyla binalarda enerji performansında %60'a varan artışlar sağlandığı gerçek dünya örneklerinde görülmüştür. Bu bağlamda, enerji tüketiminde %30'luk bir azalma yaklaşık 43,5 milyon \$ tasarruf sağlamaktadır. Sistemin kendini geri ödemesi, dövizin zaman değer kaybı %2 ve yıllık enerji artış bedeli %2 olarak dikkate alındığında yaklaşık 11 yıla tekabül etmektedir. Bu bedellerde toplu alımlardaki pazarlık payının düşük olabileceği ve yatırımın geri ödeme süresinin daha da azalabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Belirtilen yatırım maliyetleri, mahalli enerji yönetim sistemi için gerekli olan haberleşme ve enerji kabloları, kablosuz ve kablolu haberleşme donanımları, özel yazılımlar, yönetim merkezindeki görüntüleme altyapısı, karar verme yazılımı, sensörler ve kontrol donanımları gibi donanımsal ve yazılımsal altyapı ekipmanlarını içermektedir. Hesaplamalarda, emsale konu olan alanın tamamının inşaat amacıyla kullanıldığı dikkate alınmıştır. Öncelik belirleyerek (örneğin sadece ticarethanelere odaklanarak konutları dışarıda bırakma gibi) sistem yatırımı planlanabilir. Sistemin doğrudan maliyetlerinin yanı sıra yaşayanların güvenlik ve konforunda sağlanacak dolaylı faydaların maliyet karşılıkları da dikkate alınmalıdır. Bu şekilde, bahsi geçen yatırımın makul bir seviyeye indirilebileceği belirtilmektedir. Bu projelerde yerel üretim birimlerinin enerji sürekliliğine katkısı, bu çalışmanın kapsamında değerlendirilmemektedir.

6. Sosyal Etkinin Analizi

Enerji Güvenliği ve Bina Enerji Yönetim Sistemi projelerinin sosyal etkileri şu şekildedir:

- Enerji maliyetlerinde azalma
- İstihdam olanaklarının artması
- İç mekân konforunun iyileşmesi
- İş sağlığı ve güvenliğinin artması
- Binaların sürdürülebilirlik ve yeşil bina sertifikasyonu açısından değer kazanması
- Enerji yoksulluğunun azaltılması
- Toplumun enerji bilincinin artması

- Daha sağlıklı ve verimli çalışma ortamlarının oluşması
- Sosyal sorumluluk ve sürdürülebilirlik politikalarına uyumun sağlanması
- Enerji tüketimindeki azalmanın doğal kaynakların korunmasına katkı sağlaması

7. Çevresel Etkinin Analizi

Yapılan bir çalışmada, binalarda birim elektrik enerjisi tüketiminin yıllık olarak 190 kWh/m² olduğu belirtilmiştir [23]. Bu değer, 5 milyon m²'lik bir inşaat alanında 950 milyon kWh'lik elektrik enerjisi tüketimi anlamına gelir. En kötü senaryoda dikkate alınabilecek %30'luk bir azalma, 285 milyon kWh'lik bir tasarruf sağlar. Başka bir çalışmada, 1 MWh'lik enerji tüketimi azaltımının 0,7 ton eşdeğer CO₂ salınımını bertaraf edebildiği görülmektedir [24]. Bu bağlamda, 285 bin MWh'lik tasarrufun yıllık yaklaşık 200 bin ton eşdeğer CO₂ salınımını azaltabileceği tahmin edilmektedir. Bu değer, ısınma ihtiyacı dahil edildiğinde daha da artacaktır. Bu tür uygulamaların ülkemizde çevresel sürdürülebilirlik ve yaşam kalitesinin artması açısından önemli katkılar sağlayacağı görülmektedir.

8. Risk Analizi

Enerji Güvenliği ve Bina Enerji Yönetim Sistemi projelerinde karşılaşabilecek önemli riskler şunlardır:

- Bina Enerji Yönetim Sistemi konseptinin ilk yatırım birim fiyatı dikkate alınmalıdır.
- Toplu pazarlık imknıyla yatırım birim fiyatı azaltılabilir.
- Uzun dönemli TL cinsinden bakım sözleşmeleri parite değişimlerinin riskini azaltabilir.
- Ekonomik olumsuzluk durumunda fırsat maliyetinde artışlar göz önünde bulundurulmalıdır.
- Pandemi dönemi gibi beklenmedik durumlar da risk faktörleri arasında yer almaktadır. Bu yüzden bu tip krizlere karşı hazırlıklı olunmalıdır.

9. Genel Değerlendirme ve Sonuç

Bu kılavuz, binalarda enerji yönetim sistemlerine odaklanarak enerji güvenliğini göz önünde bulundurmayı amaçlayan bir inceleme çalışmasını içermektedir. Bu alışma, dünya örneklerini de kapsayacak şekilde sunulmuştur. Ayrıca, ilgili kapsam için yaklaşık maliyet analizi yapılmış ve olası yatırımın fizibilitesi değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, bu uygulamanın kabul edilebilir bir geri dönüş süresine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ek olarak, çevresel ve sosyal etkilerin özellikle akıllı şehircilik uygulamalarında ek faydalar sağladığı da vurgulanmıştır. Bu nedenle, potansiyel uygulama, ülkemizdeki akıllı şehircilik projelerinde nc bir konuma sahip olacak ve dünyada da yenilikçi bir örnek oluşturacaktır.

10. Kaynakça

- [1] UNISDR. Hyogo framework for action 2005–2015: building the resilience of nations and communities to disasters; 2005.<http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- [2] Wang Y, Member S, Chen C, Wang J, Member S, Baldick R. Research on Resilience of Power Systems Under Natural Disasters — A Review 2016;31:1604–13.
- [3] Slides for Webinar: Experiences with International Projects on Power Grid Resilience; <https://resourcecenter.smartgrid.ieee.org/education/slides-webinars/SGSLW0116.html>; [accessed 10 June 2020].
- [4] Achieving electricity grid resiliency; <https://www.ryerson.ca/content/dam/cue/pdfs/GridResileincyFinalReport.pdf>; [accessed 12 June 2020].
- [5] A Framework for Establishing Critical Infrastructure Resilience Goals Final Report and Recommendations by the Council; <https://www.dhs.gov/xlibrary/assets/niac/niac-a-framework-for-establishing-critical-infrastructure-resilience-goals-2010-10-19.pdf>; [accessed 1 May 2020].
- [6] International Energy Agency – Energy Security [<https://www.iea.org/topics/energy-security>]
- [7] P. Gasser, A review on energy security indices to compare country performances, Energy Policy, 139:111339, 2020.
- [8] S. Borlease, Smart grids: Infrastructure, technology and solutions, CRC Press, 2013.
- [9] M. Hollfelder, J. Fichte, Smart Buildings: Making Buildings Smarter, Greener, and More Energy-Efficient, EETimes Europe, pp. 18-21, March 2020.
- [10] ABB Building Energy Management Systems [<https://new.abb.com/buildings/smarter-building/energy-management>]
- [11] Schneider Electric Building Management Systems [<https://www.se.com/ww/en/product-subcategory/1210-building-management-systems/>]
- [12] Siemens Building Management Systems [<https://new.siemens.com/global/en/products/buildings/automation/desigo/building-management.html>]

- [13] Infineon Condition Monitoring and Predictive Maintenance Solutions
[<https://www.infineon.com/cms/en/applications/industrial/smart-building/condition-monitoring-and-predictive-maintenance/>]
- [14] BREEAM Application Examples - The Edge, Amsterdam [<https://www.breeam.com/case-studies/offices/the-edge-amsterdam/>]
- [15] US Department of Energy – EnMS (Energy Management Systems) Package for Small Commercial Buildings
[https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/12/f5/commlbldgs15_granderson_040413.pdf]
- [16] Designing Buildings Wiki - Building Energy Management Systems (BEMS) –
[https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Building_energy_management_systems_BEMS]
- [17] CE51 Together – Smart Energy Management Tools – Report on “Step-by-step procedure handbook for EnMs in public buildings (D.T2.1.5)” [<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/TOGETHER/CE51-TOGETHER--D.T2.1.5-Energy-Management-in-public-building.pdf>]
- [18] Lawrence Berkeley National Laboratory - Building Energy Information Systems: Synthesis of Costs, Savings, and Best-practice Uses
[https://escholarship.org/content/qt8jb9g94n/qt8jb9g94n_noSplash_bf61b7f337271f24509dacb0922858e6.pdf]
- [19] Intel Blog – IoT@Intel - Costs, Savings, and ROI for Smart Building Implementation
[<https://blogs.intel.com/iot/2016/06/20/costs-savings-roi-smart-building-implementation/#gs.ljjd72>]
- [20] Greg Wheeler - Performance of Energy Management Systems
[https://www.aceee.org/files/proceedings/1994/data/papers/SS94_Panel5_Paper28.pdf]
- [21] Colorado Real Estate Journal - The return on investment of intelligent buildings
[<https://crej.com/news/return-investment-intelligent-buildings/>]
- [22] EnergyCap Field Guide - How Much Will You Save with an Energy Management Information System? [<https://www.energycap.com/field-guide/save-with-an-emis>]
- [23] S. Önaygil, Ö. Güler, E. Erkin, E. Goralı, “Ticari Binaların Elektrik Enerjisi Tüketiminde Aydınlatmanın Payı” [https://www.emo.org.tr/ekler/eec27c419d0fe24_ek.pdf]
- [24] Goh, T., Ang, B. W., “Quantifying CO₂ Emission Reductions from Renewables and Nuclear Energy – Some Paradoxes”, *Energy Policy*, 2018, 113:651-662.

[25] TÜBİTAK- TÜSSİDE. (Aralık 2020). Esenler Belediyesi Akıllı Şehir Uygulamaları Fizibilite Projesi. Enerji Güvenliği Ön Fizibilite Raporu.