

YEŞİL VE KARBON NÖTR
BİNAYA GEÇİŞ REHBERİ
**İSTANBUL
MODELİ**

Build4GreenIST



QR kodunu okutarak
dijital içeriği indirebilirsiniz.

Build4
GreenIST



► Belediye Başkanlığı Mektubu

Sevgili İstanbullular,

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) olarak 2019 yılından bu yana adil, yeşil ve yaratıcı bir İstanbul hedefiyle çalışıyoruz. 16 milyon İstanbulluya eşit hizmet sunmaktan, önemli hizmet ve projelerle İstanbul'un sorunlarına çözüm üretmekten mutluluk duyuyoruz.

İstanbul gibi bir dünya kentinin yönetiminde uzun vadeli, stratejik planların geliştirilmesi önemlidir. İktidara geldiğimizde, İstanbul'un geleceğini her yönüyle planlayan ve yol haritaları oluşturan İstanbul Planlama Ajansı'nı (IPA) kurduk. IPA koordinasyonunda, katılımcı bir yaklaşım ve veriye dayalı analiz sonucunda İstanbul Vizyon 2050 Strateji Belgesi'ni hazırladık. Bu belge, İstanbul'un 2050 yılında karbon nötr ve iklime dirençli bir şehir olma hedefi için yol haritamızdır.

Yerel yönetimler, iklim değişikliği nedeniyle dünyanın içinde bulunduğu kritik eşikte büyük sorumluluklar taşımaktadır. Rasyonel ve bütüncül politikalara ihtiyaç olduğu bir gerçektir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi olarak İstanbul'u iklim değişikliği ile mücadelede dünyanın önde gelen aktörlerinden biri haline getirmeyi hedefliyoruz. Bu mücadeleyi farklı politikalara entegre ederek sürdürülebilir ve bütüncül bir yöntem izliyoruz. 2019'da Kopenhag'da düzenlenen C40 Belediye Başkanları Zirvesi'nde "Deadline 2020" taahhüdünü kabul ettik ve İstanbul'un 2050 yılına kadar "karbon nötr" ve "dirençli bir şehir" olma hedefine imza attık. Bu hedef doğrultusunda İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planımızı hazırladık. İklim değişikliği ile mücadeleye yönelik tüm çalışmalarımızı Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığımız bünyesinde kurduğumuz İklim Değişikliği Şube Müdürlüğümüzün koordinasyonunda yürütüyoruz.

Yaşam Vadileri, Kentsel Ormanlar, Su Havzalarının Korunması ve Ağaçlandırma Çalışmaları, İBB Binalarında Yeşil Dönüşüm, Kemerburgaz Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi ve Silivri Seymen Çöp Gazından Enerji Santrali, iklim değişikliği ile mücadelede attığımız en önemli adımlar arasında yer almaktadır.

2022 yılında Avrupa Komisyonu tarafından başlatılan "İklim Nötr ve Akıllı Şehirler Misyonu" ile 377 şehir arasından seçilen 100+12 öncü misyon kentinden biri olduk. Bu bağlamda, İklim Değişikliği Eylem Planımızda belirlediğimiz 2050 hedeflerimizi 2030 yılına kadar gerçekleştireceğimizi taahhüt ettik. Misyon

kapsamında hazırladığımız İklim Şehir Sözleşmesi belgesi ile eylemlerimizi hızlandırmak için stratejilerimizi ve gerekliliklerimizi Avrupa Komisyonu'na sunduk. Komisyonun değerlendirmeleri sonucunda İstanbul, AB Şehirler Misyonu Etiketi alan öncü şehirlerden biri oldu.

Bu misyon kapsamında açılan Pilot Şehirler çağrısına “Yeşil ve Karbon Nötr Binaya Geçiş Rehberi - İstanbul Modeli (Build4GreenIST)” projesi ile katıldık ve 2 yıl boyunca teknik ve finansal destek almaya hak kazandık. Ülkemizin lokomotif olan İstanbul, Türkiye’den seçilen ilk pilot şehir oldu.

Pilot Şehir (Build4GreenIST) Projesinin çıktısı olan Yeşil ve Karbon Nötr Binaya Geçiş Rehberi - İstanbul Modeli’nin İstanbulumuz için faydalı olmasını diliyor, projeye katkıda bulunan meslektaşlarımıza ve paydaşlarımıza tüm İstanbullular adına teşekkür ediyoruz.

Birlikte, geleceğe güvenle bakacağımız daha adil, daha mutlu bir İstanbul inşa edeceğiz.

Umut burada!

Saygılarımızla,

İstanbul Büyükşehir Belediyesi

► Proje Ekibi

İstanbul Büyükşehir Belediyesi

Prof. Dr. Ayşen ERDİNÇLER
Ece ÖZÖN

Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanı
İklim Değişikliği Şube Müdürü/Çevre Yüksek
Mühendisi

Berfin KAHRAMAN

İklim Değişikliği Şube Müdür Yardımcısı/
Çevre Yüksek Mühendisi

Ahmet URUN

Çevre Mühendisi

Elvin ÖKSÜZ BAYAZIT

Çevre Yüksek Mühendisi

Funda SAĞIRKAYA

Çevre Mühendisi

ÇEDBİK (Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği)

Engin IŞILTAN

Genel Sekreter

Furkan GÜLTEKİN

Projeler Direktörü

Derya TEKİN GÜR

Proje Geliştirme Uzmanı

Simay PARLAKAY

Proje Geliştirme Uzmanı

DE Sürdürülebilir Enerji

Caner DEMİR

Yönetici Ortak/Makine Yüksek Mühendisi

Esra DEMİR

Yönetici Ortak/Yönetim Yüksek Mühendisi

Beril ALPAGUT

Kıdemli Akıllı ve Sürdürülebilir Şehirler

Danışmanı/Yüksek Mimar

Melda KARADEMİR

Kıdemli Sürdürülebilirlik Danışmanı/

Çevre Yüksek Mühendisi

Dilan CENGİZ

Sürdürülebilir Şehirler Danışmanı/Şehir Plancısı

Muhyettin SİRER

Kıdemli Danışman/Uçak Yüksek Mühendisi

Zeynep ÖZCAN

Danışman/Enerji Yüksek Mühendisi

Merve MERMERTAS

Kıdemli Sürdürülebilirlik Danışmanı/

Çevre Yüksek Mühendisi

Florawise- SMARTE Teknoloji ve Enerji San. Tic. A.Ş.

Melih BALLIKAYA

Ege BAYRAKTAROĞLU

Duygu KIRMAÇ

Elif ŞİMŞEK

Muhammet FIRAT

Tunahan ARSLAN

Gülçin ORAKÇI

Şafak SEPETÇİ

Yönetici Ortak

Proje Geliştirme Uzmanı

Ürün Stratejisi Yöneticisi

SSH Teknik Destek Ekip Lideri

SSH Teknik Destek Mühendisi

SSH Teknik Destek Mühendisi

Dijital Çözümler ve Proje Geliştirme

Kontrol ve Otomasyon Ekip Lideri

► Katkıda Bulunanlar

NetZeroCities Pilot Şehir Programı temsilcileri ve İBB İklim Değişikliği Müdürlüğü personeli, proje ortaklarımız ve finans uzmanı Mustafa Kerem TOPUZ başta olmak üzere bu projeye katkı sağlayan tüm birimlere/bireylere teşekkür ederiz. Her birinin bilgi, beceri ve özverili çabaları, projenin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesine büyük katkıda bulunmuştur. Proje süresince gösterdikleri çaba ve iş birliği için kendilerine teşekkür etmek istiyoruz.

- İzmir Büyükşehir Belediyesi
- Muğla Büyükşehir Belediyesi
- Saraybosna Şehri
- Zagreb Şehri
- Midilli Belediyesi
- KİPTAŞ
- Boğaziçi Yönetim A.Ş.
- Enstitü İstanbul İSMEK
- İBB Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı
- İBB Kentsel Dönüşüm Planlama Şube Müdürlüğü
- İBB Bayrampaşa Kentsel Dönüşüm Proje Bilgi Ofisi personeli
- KİPTAŞ Bayrampaşa Güneşli Konutları Site Yönetimi ve Sakinleri
- Konferanslarımızda, çalıştaylarımızda ve eğitimlerimizde yer alan tüm paydaşlar ve katılımcılar

► İçindekiler

Katkıda Bulunanlar	5
Tablo Listesi	9
Şekil Listesi	11
Kısaltmalar Listesi	13
Yönetici Özeti	16

■ 1. Giriş	19
1.1. Pilot Şehir İstanbul	20
1.2. Build4GreenIST - Proje Motivasyonu	24
1.3. Rehberi Destekleyen Build4GreenIST Çalışmaları	28

■ 2. Yeşil Bina Modülü	37
2.1 Kavramlar	38
2.1.1. Yeşil Binalar Kavramı	38
2.1.2. Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar (NSEB) Kavramı	39
2.1.3. Sıfır Enerjili Binalar Kavramı	40
2.1.4. Karbon Nötr Kavramı	41
2.2. Yeşil Binaların Çevresel, Sosyal ve Ekonomik Perspektiflerden Faydaları	43
2.3. Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemleri	46
2.3.1. Minimum Gereksinimler	47
2.3.2. Ön Koşullar ve Krediler	48
2.3.3. Türkiye’deki Yeşil Sertifikalı Binalar	51

■ 3. Yenilenebilir Teknoloji Modülü	55
3.1. Türkiye ve Avrupa’da Yenilenebilir Enerji Perspektifleri	56
3.2. Yenilenebilir Enerji Sistemlerine Genel Bakış (YES)	62
3.3. Yenilenebilir Enerji Sistemlerinin Zorlukları	64
3.4. Enerji Verimliliği, Enerji Tüketiminin İzlenmesi ve Davranış Değişikliği Çalışmaları	66
3.4.1. Küresel Bağlam: Enerji Verimliliği, İzleme Teknolojileri ve Davranış Değişikliği	67

3.4.2. Davranışsal Müdahaleler ve Yapay Zeka Odaklı Kullanıcı Kılavuzu	72
3.4.2.1. Enerji Verimliliğinde Davranışsal Müdahalelerin Rolü	72
3.4.2.2. GreenIST Uygulaması: Yapay Zeka Aracılığıyla Yerelleştirilmiş Davranışsal Müdahaleler	73
3.4.3. Davranışsal Müdahalelerin Etki Değerlendirmesi	76
3.4.3.1. IPMVP Seçenek D'yi Kullanarak Ölçüm ve Doğrulama Çerçevesi: Bayrampaşa Konut Binalarında Uygulama	77
3.4.3.2. IPMVP Seçenek D'ye Giriş – Kalibre Edilmiş Simülasyon	77
3.4.3.3. IPMVP Seçeneği D'nin Bayrampaşa Konut Binalarında Uygulanması	78
3.4.3.4. Çalışma Sonuçları	82
3.4.4. İklim Nötr İstanbul için Akıllı Enerji Yönetimi	83
3.4.5. Politika Kılavuzu: İstanbul Yapı Stokunda Akıllı Enerji Verimliliği Sistemlerinin Ölçeklendirilmesi	84
3.5. İstanbul'da Kentsel Dönüşümün Potansiyel Etkileri	85
3.5.1. İstanbul'da Kentsel Dönüşüm Profili Genel Bakış	86
3.5.2. Kentsel Dönüşümün Analiz Kriterleri	87
3.5.3. Kentsel Dönüşüm Alanlarının Analizi	89
3.5.4. Önceliklendirme Analizi Bulguları	95
3.5.5. Çalışmanın Sonuçları	97
4. Yeşil Finansman Modülü	101
4.1. Yeşil Finansmana Genel Bakış	102
4.2. Finansman Modelleri ve Kaynakların Harekete Geçirilmesi	104
4.3. Paydaşların Motive Edilmesi	105
4.4. Yeşil Finansman Sağlama	108
5. Yasal Çerçeve	113
5.1. AB Mevzuatı	114
5.2. Türkiye Mevzuatı	115
5.2.1. Türkiye'de Mevcut Yasal Düzenlemelerin İyileştirilmesine İlişkin Hususlar	119
5.2.2. Türkiye'de Mevcut Yasal Düzenlemelerin İyileştirilmesine Yönelik Öneriler	120
5.2.3. Ulusal Strateji ve Eylem Belgelerinin Desteklenmesi	121

6. Sürdürülebilir Kentsel/Arazi Kullanımı Planlama ve Tasarım Modülü	127
6.1. Sürdürülebilir Kentsel Arazi Kullanımının Önemi	128
6.2. Yeşil İlçeler:Sertifikasyon Sistemleri ve Planlama Yaklaşımları	128
6.3. Yeşil Kentsel Dönüşüm Potansiyeli ve Doğa Temelli Çözümler	129
6.4. İstanbul için Yerleşim Alanı Ölçeği Uygulama Örnekleri ve Önerileri	133
7. Katılımcı Geçiş Modülü	137
7.1. Yeşil Dönüşüme Katılım	138
7.2. Sosyal Katılım Sürecinin Adımları	138
7.3. Katılım Sürecindeki Zorluklar	144
8. Modelleme Çerçevesi: Beykoz Vaka Çalışması	147
8.1. İstanbul Beykoz İlçesi	148
8.2. Enerji Modelleri ve Simülasyon Metodolojisi	149
8.3. Beykoz Çubuklu'daki Kentsel Dönüşüm Alanı için Senaryolar	155
8.4. Analiz	162
8.4.1. Enerji Analizi	163
8.4.2. Ekonomik Analiz	169
8.4.2.1. Kılavuzlara ve Standartlara Uygunluk	169
8.4.2.1.1. Fayda-Maliyet Analizi (CBA) Kılavuzu	169
8.4.2.1.2. Modelleme Standardı	170
8.4.2.2. Metodoloji	170
8.4.2.3. Fayda Maliyet Analizi Girdileri	172
8.4.2.4. Bulgular	174
8.4.2.5. Ekonomik Değerlendirme	182
8.4.2.6. Sonuç ve Yeşil Finans Çerçevesine Bağlantılar Kurma	184
8.5. Çalışma Sonuçları	186
9. Sonuç	189
Referanslar	191

► Tablo Listesi

Tablo 1. Rehberle bağlantılı sürdürülebilir kalkınma hedefleri

Tablo 2. Örnek kontrol listesi, ön koşulların ve kredilerin özetlenmiş bir sınıflandırmasını sunmaktadır. Ayrıca tablo, mevcut planlama veya uygulama süreçlerinin sürdürülebilirlik performansı açısından analizini kolaylaştırmaktadır.

Tablo 3. Cihaz işlevleri ve toplanan temel veriler

Tablo 4. Bayrampaşa'daki kullanıcılara gerçek zamanlı yapay zekâ yönlendirmeleri

Tablo 5. ASHRAE 14 Performans Hedeflerine Uygun Kalibrasyon

Tablo 6. Enerji tasarrufu ve emisyon azaltma ölçütleri

Tablo 7. İstanbul'daki riskli alanların mevcut durumları

Tablo 8. Çalıştay sonuçlarına dayalı önceliklendirme kriterlerinin puanları

Tablo 9. Öncelikli alanların matrisi

Tablo 10. Hukuki çerçeve bağlamında öneriler

Tablo 11. Yapı malzemelerinin U-değerleri (dıştan iç katmanlara) ve senaryolar üzerindeki pasif uygulamalar

Tablo 12. Senaryolarda aktif HVAC sistemi ve yenilenebilir enerji sistemi entegrasyonu

Tablo 13. Yükseltilmiş bina (C-02) modeli için tüm senaryoların toplam yıllık enerji tüketimi ve üretim karşılaştırmaları

Tablo 14. Yükseltilmiş bina (C-02) modeli için tüm senaryoların toplam yıllık sera gazı emisyonları

Tablo 15. Senaryo bazlı yatırım maliyetleri

Tablo 16. Senaryo bazlı enerji tüketimi

Tablo 17. Senaryo bazlı enerji üretimi

Tablo 18. Senaryo bazlı varsayılan karbon emisyonu azaltım miktarları

Tablo 19. Yıllara göre enerji fiyatı tahminleri

Tablo 20. Karşılaştırma 1: Sc0 - Sc0.1 Ekonomik etki ve duyarlılık analizleri

Tablo 21. Karşılaştırma 2: Sc0.1 - Sc1 Ekonomik etki ve duyarlılık analizleri

Tablo 22. Karşılaştırma 3: Sc1 - Sc3 Ekonomik etki ve duyarlılık analizleri

Tablo 23. Karşılaştırma 4: Sc2 - Sc3 Ekonomik etki ve duyarlılık analizleri

Tablo 24. Karşılaştırma 5: Sc1 - Sc3 Ekonomik etki ve duyarlılık analizleri

Tablo 25. Karşılaştırma 6: Sc3 - Sc4 Ekonomik etki ve duyarlılık analizleri

Tablo 26. Karşılaştırma 7: Sc4 - Sc5 Ekonomik etki ve duyarlılık analizleri

Tablo 27. Senaryo karşılaştırmalarının net bugünkü değerleri

Tablo 28. Senaryo karşılaştırmalarının anahtar değer analiz sonuçları

► Şekil Listesi

- Şekil 1. Yeşil ve karbon nötr binalara geçiş rehberi modülleri
- Şekil 2. İstanbul Boğazı
- Şekil 3. İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin iklim ve sürdürülebilirlik konulu eylem planları (İDEP, SEİEP, YŞEP)
- Şekil 4. İstanbul'un AB şehirler misyonu etiketi
- Şekil 5. İstanbul sera gazı emisyon envanterinin sektörel dağılımı (2022)
- Şekil 6: Paydaş haritalaması
- Şekil 7. Build4GreenIST lansman etkinliği
- Şekil 8. İstanbul İSMEK Enstitüsünde 'Yeşil Binalar, Şehirler ve Enerji Verimliliği' eğitimi
- Şekil 9. Uygulayıcı eğitimleri
- Şekil 10. Ara dönem konferansında proje ekibi
- Şekil 11. B40 şehirleri ziyaretleri kapsamında Saraybosna şehrine yapılan ziyaret
- Şekil 12. İkiz şehirler öğrenme programı kapsamında Midilli Belediyesi temsilcisinin İstanbul ziyareti
- Şekil 13. Proje ortaklarıyla yapılan rutin koordinasyon toplantısı
- Şekil 14. Net sıfır karbon binaları tanımlama şeması
- Şekil 15. Ziraat Bankası Kule 1
- Şekil 16. Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi
- Şekil 17. Proje sensörleri bağlantı şeması
- Şekil 18. Bayrampaşa'da akıllı termostatik vana kurulumu
- Şekil 19. Bayrampaşa'daki IAQ sensörleri ve HVAC kontrolörleri
- Şekil 20. Bayrampaşa'daki enerji tüketim sayaçları
- Şekil 21. GreenIST uygulama arayüzleri
- Şekil 22. İstanbul'daki riskli alanların mevcut durumlarının dağılımı
- Şekil 23. İstanbul'daki riskli alanların nüfus yoğunluğu haritası
- Şekil 24. İstanbul'daki riskli alanların alan büyüklüğü dağılım haritası
- Şekil 25. İstanbul'daki mevcut bina sayısı ve riskli alanların haritası
- Şekil 26. İstanbul'daki riskli alanların mülkiyet haritası
- Şekil 27. İstanbul'daki riskli alanların kullanım haritası

Şekil 28. İstanbul'daki riskli alanların e-mobilite alanlarının dağılımı haritası

Şekil 29. Beyoğlu ilçesi (Fetihtepe, Kaptanpaşa, Keçecipiri, Piyalepaşa mahalleleri)

Şekil 30. Sarıyer ilçesi (Armutlu Mahallesi)

Şekil 31. Bayrampaşa ilçesi (Vatan Mahallesi)

Şekil 32. Kentsel dayanıklılık için doğa temelli çözüm önerileri

Şekil 33. Paydaş haritalama ve etki analizi yöntemi örnekleri

Şekil 34. Kapsayıcı karar verme modeli örnekleri

Şekil 35. İstanbul, Beykoz, Çubuklu'daki gayriresmi yerleşim (gecekondu) yerlerinin vaziyet planı

Şekil 36. Beykoz Çubuklu bölgesinde kentsel dönüşümün yapılması planlanan alanın mevcut görünümü

Şekil 37. İstanbul, Beykoz, Çubuklu'da kentsel dönüşümün ardından inşa edilecek binaların site planı

Şekil 38. İstanbul, Beykoz, Çubuklu'da kentsel dönüşüm sonrası yapılacak binaların üstten görünümü

Şekil 39. İstanbul, Beykoz, Çubuklu'da kentsel dönüşüm sonrası yapılacak binaların önden görünümü

Şekil 40. C-02 binasının 3 boyutlu cephe görüntüleri

Şekil 41. C-02 binasına güneş ışınlımı (solda arka görünüm, sağda ön görünüm)

► Kısaltmalar Listesi

Kısaltma Listesi	Açıklama
AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci
AI	Yapay Zekâ
Appx.	Yaklaşık
B40	B40 Balkan Şehirleri Ağı
BAS	Bina Otomasyon Sistemleri
BEEE	Davranışsal Enerji Verimliliği
BIM	Bina Bilgi Modellemesi
BİMTAŞ	Boğaziçi Peyzaj İnşaat Danışmanlık Teknik Hizmetler Sanayi ve Ticaret A.Ş.
BREEAM	Bina Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Yöntemi
C40	C40 Şehirler İklim Liderliği Grubu
İDEP	İklim Değişikliği Eylem Planı
CCC	İklim Şehir Sözleşmesi
CO ₂	Karbondiyoksit
CO _{2e}	Karbondiyoksit eşdeğeri
COM	Belediye Başkanları Sözleşmesi
COP	Taraflar Konferansı
CPR	Yapı Ürünleri Yönetmeliği
DFI	Kalkınma Finansmanı Kurumu
DGNB	Alman Sürdürülebilir Yapı Derneği
DHW	Evsel Sıcak Su
EBRD	Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası
EED	Enerji Verimliliği Yönergesi
EER	Enerji Verimliliği Oranı
Eff.	Verimlilik
EIA	Enerji Bilgi Yönetimi
EKB	Enerji Kimlik Belgesi
EPA	Çevre Koruma Ajansı
BEPY	Binaların Enerji Performansı Yönergesi
ÇSY	Çevresel, Sosyal ve Yönetişim

Kısaltma Listesi	Açıklama
AB	Avrupa Birliği
YŞEP	Yeşil Şehir Eylem Planı
GCF	Yeşil İklim Fonu
GCOM	Yeşil Şehir Eylem Planı
GDP	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
GHG	Sera Gazları
Isı değş.	Isı deęiřtirici
HP	Isı Pompası
HVAC	Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme
IAQ	İç Hava Kalitesi
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
IEDAS	İstanbul Elektrik Dağıtım A.Ş.
IESVE	Entegre Çevre Çözümleri Sanal Ortam
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
IPMV	Uluslararası Performans Ölçüm ve Doğrulama Protokolü
IWEC	Uluslararası Enerji Hesaplamaları için Hava Durumu
İETT	İstanbul Elektrikli Tramvay ve Tünel İşletme Şirketi
IPA	İstanbul Planlama Ajansı Stratejik Danışmanlık A.Ş.
İSMEK	İstanbul Büyükşehir Belediyesi Sanat ve Meslek Eğitimi Kursları
İSTAÇ	İstanbul Çevre Yönetimi San. ve Tic. A. Ş.
KİPTAŞ	İstanbul Konut İmar Plan Sanayi ve Ticaret A.Ş.
KOSGEB	Türkiye Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
LCA	Yaşam Döngüsü Analizi
LEED	Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik
LoRa	Uzun Dönem
Mek. Havl.	Mekanik Havalandırma
NbS	Doğa Temelli Çözümler

Kısaltma Listesi	Açıklama
STK	Sivil Toplum Kuruluşu
NMBE	Normalize Ortalama Sapma Hatası
NOAA	Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi
NOx	Azot Oksitler
NSEB	Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar
Sürk.	Sürekli
Opt.	Optimum
PM	Partikül Madde
Pmax	Maksimum güç noktası
PV	Fotovoltaik
PVT	Fotovoltaik Termal
RED	Yenilenebilir Enerji Yönergesi
YES	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Sc	Senaryo
SKH	Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi
SCoP	Mevsimsel Performans Katsayısı
SEİEP	Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı
SSEER	Sistem Mevsimsel Verimlilik Oranı
SEER	Mevsimsel Enerji Verimliliği Oranı
SPV	Özel Amaçlı Araç
SUMP	Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı
USGBC	ABD Yeşil Bina Konseyi
UTM	Kentsel Geçişler Misyonu
KDV	Katma Değer Vergisi
YEKA	Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı
WORLDGBC	Dünya Yeşil Binalar Konseyi

► Yönetici Özeti

Build4GreenIST projesi; sürdürülebilir inşaat, yenilenebilir enerji, yeşil finansman, yasal uyum, katılımcı yönetim ve gelişmiş kentsel planlama uygulamalarını birleştiren entegre bir çerçeve sağlayarak İstanbul'daki yeşil ve karbon nötr binalara geçişi hızlandırmayı amaçlamaktadır. Bu rehber, İstanbul'un kentsel dokusunu iklime dayanıklı ve kaynak açısından verimli bir şekilde dönüştürmede paydaşları, kamu kurumlarını, özel sektör aktörlerini ve vatandaşları desteklemek için kapsamlı bir yol haritası görevi görmektedir.

İstanbul, iklim hedeflerine ulaşmanın aciliyeti ile yoğun kentsel dönüşümün keşiştiği bir pilot şehir olarak seçilmiştir. Bu proje, yerel kalkınma stratejilerini Avrupa Yeşil Anlaşması, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) ve ulusal iklim hedefleriyle entegre etme ihtiyacından hareketle başlatılmıştır. Şehrin eskimiş bina altyapısı göz önüne alındığında, bu girişim hem acil bir sorunu hem de sürdürülebilir kentsel ilerleme için önemli bir fırsatı ele almaktadır.

Rehberde birden fazla modülü bulunmaktadır:



Şekil 1. Yeşil ve karbon nötr binalara geçiş rehberi modülleri

- “Yeşil Bina” Modülü, yeşil binalar, neredeyse sıfır enerjili binalar (NSEB), sıfır enerjili binalar ve karbon nötrlük gibi temel kavramları tanıtmaktadır. Türkiye şartlarına göre uyarlanmış sertifikasyon gerekliliklerini ana hatlarıyla belirtirken çevresel, sosyal ve ekonomik faydaları vurgulamaktadır.

- “Yenilenebilir Teknoloji” Modülü, Türkiye ve Avrupa’daki mevcut yenilenebilir enerji perspektiflerini sunar, sistem türlerini ve zorluklarını inceler ve kullanıcı davranışını etkilemek için akıllı izleme sistemlerini ve davranışsal müdahaleleri detaylandırır. Ayrıca, projede ele alınan Beykoz Çubuklu’nun yanı sıra şehir genelindeki kentsel dönüşüm alanlarında yenilenebilir enerji entegrasyonu potansiyelinin değerlendirilmesini de içerir.

- “Yeşil Finans” Modülü, finansal kaynakların nasıl harekete geçirileceğine, paydaşların nasıl dahil edileceğine ve etkili yeşil finansman mekanizmalarının nasıl sağlanacağına odaklanmaktadır. Sürdürülebilir binalara geçişi kolaylaştırmak için yenilikçi finansal modelleri araştırır.

- “Yasal Çevre” Modülü, AB ve Türk mevzuatını değerlendirir ve Türk yasalarının geliştirilebileceği alanları belirler. Yasal boşlukları kapatmak ve uluslararası yeşil bina standartlarına uyum sağlamak için öneriler sunmaktadır.

- “Sürdürülebilir Kentsel ve Arazi Kullanım Planlaması” Modülü, yeşil bölgelerin, doğa temelli çözümlerin ve kentsel planlama araçlarının uzun vadeli sürdürülebilirlik için önemini ele almaktadır. İstanbul’da konut ölçeğinde uygulama için örnekler ve öneriler yer almaktadır.

- “Katılımcı Geçiş” Modülü, yeşil dönüşüm sürecinde halkın katılımını teşvik ederek kapsayıcı yönetişimi vurgulamaktadır. Sosyal katılımı teşvik etmek, katılım engellerini ele almak ve geniş topluluk katılımını sağlamak için atılması gereken adımları özetlemektedir.

Son olarak, modelleme çerçevesi Beykoz, özellikle Çubuklu mahallesi hakkında ayrıntılı bir vaka çalışması sunmaktadır. Bina dönüşüm senaryolarını tanımlar, enerji ve finansal analizler yapar ve kentsel yeniden geliştirmeye rehberlik etmek için kanıta dayalı içgörüler sağlar.

Build4GreenIST projesi, sürdürülebilir bina uygulamalarını kentsel dönüşüm girişimlerine dahil etmeyi amaçlayan şehirler için ölçeklenebilir ve tekrarlanabilir bir çerçeve oluşturmaktadır. Enerji verimli yenileme ve düşük karbonlu kalkınma için yapılandırılmış bir yaklaşım sunan proje, Türkiye’de iklim direncini ve sürdürülebilir kentleşmeyi ilerletmek için önemli bir araç görevi görmektedir.



Şekil 2. İstanbul Boğazı

1. Bölüm

Giriş

► 1. Giriş

1.1. Pilot Şehir İstanbul

İstanbul 15,8 milyon resmi nüfusu ile Avrupa'nın en kalabalık megakentidir. Resmi nüfusun 2030 yılında 18 milyona ulaşması beklenmektedir^[1]. Şehrin çevre problemleri ve iklim değişikliği sorunları, sistematik düşünce ve eylemlerle desteklenen bütüncül bir planlama ve tasarım yaklaşımıyla ele alınmaktadır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), Türkiye'den C40 Şehirleri İklim Liderliği Grubu'na üye olan ilk ve tek belediyedir. İstanbul, Deadline 2020 Taahhüdü'nü imzalayarak 2050 yılına kadar "karbon nötr" ve "dirençli bir şehir" olmayı taahhüt etmiştir.

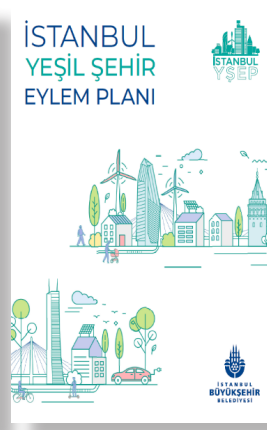
Bu hedefe uygun olarak İstanbul için yeni bir İklim Değişikliği Eylem Planı (İstanbul İDEP) hazırlanmış, çeşitli projeksiyonlar ve senaryolar ortaya konmuş ve hedefe ulaşmak için alınacak öncelikli eylemler belirlenmiştir. Kentin paydaşlarını içeren bir ekosistem ile kentin iklim değişikliğine karşı alabileceği aksiyonlar değerlendirilmiştir. İstanbul İDEP, 15 azaltım eylemi ve 6 uyum eylemi içermektedir. Azaltım eylemleri 4 farklı sektör için seçilmiştir: bina - sabit enerji, ulaşım, atık ve su-atık su.

Her yıl şehir ölçeğinde hazırlanan yıllık sera gazı emisyon envanteri sektörel bazda hesaplanmaktadır. Yıllara sari sunulan emisyon envanter grafiklerine bakıldığında, sera gazı envanterine en büyük katkının bina-sabit enerji sektöründen geldiği açıkça görülmektedir. Bu durum, özellikle enerji sektörünün iklim değişikliği ile mücadele çabaları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ve daha ayrıntılı olarak incelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

İBB, Küresel İklim ve Enerji Belediye Başkanları Sözleşmesi'nin tarafı olarak, enerji ve iklim değişikliği ile ilgili hedeflerini Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ile uyumlu olacak şekilde belirlemek, yenilenebilir enerji kullanımını artırmak ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için teknik destek almıştır. Bu destek, "Enerji Dönüşümü için AB: Batı Balkanlar ve Türkiye Belediye Başkanları Sözleşmesi Projesi" ile sağlanarak İstanbul Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı (İstanbul SEİEP) hazırlanmıştır. Proje, 1 Mart 2021 ile 28 Şubat 2025 tarihleri arasında 48 ay sürmüş ve iki aşamadan oluşmuştur: "SEİEP'in Hazırlanması" ve "SEİEP'in İzlenmesi". Avrupa Birliği ve Almanya Federal

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Bakanlığı tarafından finansal olarak desteklenen bu proje, İklim Değişikliği Müdürlüğü koordinasyonunda, Enerji Yönetimi ve Aydınlatma Müdürlüğü işbirliği ile yürütülmüş olup, ilgili birimlerin katkılarıyla gerçekleştirilmiştir. İstanbul SEİEP, İstanbul İDEP’tekiler hariç olmak üzere 67 eylem (45 azaltım ve 22 uyum eylemi) içermektedir.

2021 yılının Mayıs ayında, İBB, Yeşil Şehirler Çerçeve Programı kapsamında EBRD ile bir protokol imzalamış ve Yeşil Şehir Eylem Planı (YŞEP) hazırlama sürecini başlatmıştır. 2023 yılının Mayıs ayında bu planın hazırlık çalışmalarına başlanmış olup, plan, şehri çevresel açıdan güçlendirmek için 52 yatırım ve politika eylemini içermektedir. YŞEP; su, enerji, atık altyapısı, ulaşım, binalar ve yeşil alanlar gibi alanlarda iyileştirmeleri hedeflemektedir. İstanbul’un YŞEP’i, mekansal haritalaması ve kültürel miras, kentsel tarım, gıda ve afet lojistiği gibi konuların ilk kez ele alınmasıyla dikkat çekmektedir. Plan, yeni bir metodolojiye dayanmaktadır ve sosyal faydalar, akıllı uygulamalar ve istihdam yaratma gibi unsurları içermektedir. İBB Meclisi tarafından onaylanan YŞEP, 2025 yılında tamamlanmıştır.



Şekil 3. İstanbul Büyükşehir Belediyesi’nin iklim ve sürdürülebilirlik konulu eylem planları (İDEP, SEİEP, YŞEP)

Eylem planlarına ek olarak, İstanbul iklim açısından nötr ve dirençli olmak için uluslararası düzeyde çeşitli misyonlara ve ağılara üye olmuştur. Bu misyonlar, kentin çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği ile mücadeledeki eylemlerinin yanı sıra uluslararası işbirliği ve kaynak erişimini destekleme etkisine sahiptir.

2022 yılında İstanbul, Avrupa Birliği NetZeroCities “İklim Nötr ve Akıllı Şehirler Misyonu” kapsamında 2030 yılına kadar iklim nötr ve akıllı şehir olmayı taahhüt eden önde gelen 100+12 şehirden biri seçilmiştir. Misyonun amacı, 2030 yılına kadar iklim nötr şehirler olma çabalarını hızlandıracak öncü şehirleri seçmek ve bu şehirlerin çabalarını desteklemektir.

Misyon çerçevesinde, İstanbul’un 2030 yılına kadar iklim açısından nötr bir şehir haline gelmesi için mevcut 2050 hedefini ve ilgili eylemleri hızlandırmaya odaklanılmıştır. Misyonu dahil olmanın bir gereği olarak, 2030 hedefi ile iklim nötr olmak için bir İklim Şehir Sözleşmesi (CCC) hazırlanmasına yönelik çalışmalar yürütülmüştür.

İklim Şehir Sözleşmesi, Taahhütler, Eylem Planı ve Yatırım Planını içeren kapsamlı bir belgedir. Taahhüt belgesi, şehir paydaşlarının bu hedefe yönelik iyi niyet desteğini kapsayıcı bir yaklaşımla imzalı bir metin olarak sunan bir belgedir. Eylem Planı, plan çerçevesinde şehrimizin 2030 hedefi ile gerçekleştirmesi gereken eylemlerin sunumunu, Yatırım Planı ise bu eylemlerin gerektirdiği yatırımların

ve kaynakların planlamasını içermektedir. İstanbul İklim Şehir Sözleşmesi (CCC), AB Misyonunun formatına uygun olarak ve İstanbul özelinde hazırlanmıştır. Belgelerin Avrupa Komisyonu tarafından değerlendirilmesi sonucunda İstanbul, 'AB Şehirler Misyonu Etiket'i' ödülünü almıştır.



Şekil 4. İstanbul'un AB şehirler misyonu etiketi

Build4GreenIST, Avrupa Birliği'nin NetZeroCities "İklim Nötr ve Akıllı Şehirler Misyonu" kapsamında açılan Pilot Şehirler Çağrısı altında yürütülen bir projedir. İstanbul, ayrıca Avrupa Birliği'nin "İklim Değişikliğine Uyum Misyonu"na katılarak iklim değişikliğine dayanıklı bir şehir olmayı hedeflemiştir. Bu misyon, şehirlerin mevcut ve gelecekteki iklim etkilerine uyum sağlamasına destek olmayı amaçlamaktadır.

İstanbul, Ocak 2023'te Brüksel'de gerçekleştirilen açılış toplantısına ve Haziran 2023'te İsveç'te düzenlenen "İklim Değişikliğine Uyum Misyonu Forumu"na katılım sağlamıştır. Misyon kapsamında şehir, "İklim Uyum Yollarının Desteklenmesi" teması altında teknik destek almakta ve iklim değişikliği eylem planlarının değerlendirilmesi için uzmanlardan danışmanlık hizmeti görmektedir. İstanbul'un uyum misyonu kapsamındaki çalışmaları halen devam etmektedir.

İstanbul, Kasım 2021'de COP26 kapsamında başlatılan ve şehirlerin net sıfır emisyon hedeflerine ulaşmalarını desteklemeyi amaçlayan küresel bir girişim olan Kentsel Geçişler Misyonu'na (UTM) katılım sağlamaktadır. Kentsel Geçişler Misyonu, çok sektörlü ve çok düzeyli ortaklıklar yoluyla şehirleri iklim

değişikliğinin etkilerine karşı dirençli, net sıfır emisyonlu ve insan odaklı hale getirmeyi amaçlamaktadır. UTM; şehirlerin temiz enerjiye uygun fiyatlarla erişimini artırmayı, yenilikçi teknolojiler ve finansal araçlar yoluyla bu geçişi kolaylaştırmayı hedeflemektedir. Bu misyonun bir parçası olarak İstanbul, yenilenebilir enerji, karbon yakalama, binalar ve ulaşım gibi konularda eğitimlere katılmaktadır.

1.2. Build4GreenIST - Proje Motivasyonu

Build4GreenIST (Yeşil ve Karbon Nötr Binaya Geçiş Rehberi – İstanbul Modeli) Projesi, AB NetZeroCities İklim Nötr ve Akıllı Şehirler Misyonu çerçevesinde yürütülen Pilot Şehirler programı kapsamında, mali ve teknik destek almaya hak kazanmıştır.

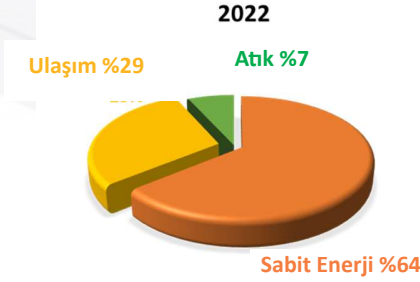
İstanbul'un karbon nötr bir şehir olma çabalarını hızlandırmak amacıyla İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı İklim Değişikliği Şube Müdürlüğü koordinasyonunda hazırlanmıştır. Proje, proje ortakları ÇEDBİK (Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği), Demir Enerji ve Florawise (Smarte) ile birlikte tamamlanmış ve 2 yıl sürmüştür.

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) ile uyumlu olarak, sürdürülebilirliğin inşaat ve kentsel planlamaya entegre edilmesiyle daha yeşil ve sürdürülebilir uygulamalara yönelik sistemik bir değişim teşvik edilmektedir.

Rehberin SKH'lere Katkıları	Rehberin Bağlantılı Olduğu Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Tablosu
Build4GreenIST, enerji verimli inşaat ve yenilenebilir enerji çözümlerini teşvik ederek, yapı sektöründe enerji tüketimi ve karbon emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır.	7 ERİŞİLEBİLİR VE TEMİZ ENERJİ 
Proje, yeşil bina teknolojilerinde yeniliği teşvik ederek, daha sürdürülebilir bir endüstriye katkıda bulunan sürdürülebilir altyapıyı ve çevre dostu malzemelerin kullanımını desteklemektedir.	9 SANAYİ, YENİLİKÇİLİK VE ALT YAPI 
Build4GreenIST, sürdürülebilir kentsel gelişime odaklanarak, dayanıklı, kapsayıcı ve enerji verimli şehirler ve topluluklar yaratmayı ve kentsel nüfusun yaşam kalitesini iyileştirmeyi amaçlamaktadır.	11 SÜRDÜRÜLEBİLİR ŞEHİRLER VE TOPLULUKLAR 
Proje, döngüsel ekonomi ilkelerini teşvik ederek, atıkları azaltarak ve inşaat süreçlerinde malzemelerin yeniden kullanımını ve geri dönüşümünü artırarak sorumlu kaynak kullanımını desteklemektedir.	12 SORUMLU ÜRETİM VE TÜKETİM 
Build4GreenIST, inşaat faaliyetlerinin çevresel etkisini azaltarak, enerji verimliliğini artırarak ve iklim değişikliğini hafifletmek için sürdürülebilir uygulamaları teşvik ederek iklim eylemine doğrudan katkıda bulunmaktadır.	13 İKLİM EYLEMİ 

Tablo 1. Rehberle bağlantılı sürdürülebilir kalkınma hedefleri

İBB İklim Değişikliği Şube Müdürlüğü, şehir bazında yıllık sera gazı emisyon envanterini hesaplayarak yayınlamaktadır. Pilot Şehir projemizin temel motivasyonu, şehirdeki sera gazı emisyonlarının %64'ünün sabit enerji kaynaklarından kaynaklanması ve bu nedenle binalarda enerji kullanımının azaltılmasının gerekliliğidir.



Şekil 5. İstanbul sera gazı emisyon envanterinin sektörel dağılımı (2022)

Bu projede şehrimizde dayanıklılık gerektiren en temel iki sorun dikkate alınmıştır: deprem ve iklim değişikliği. Yüksek deprem riski ve eski bina stoğu, binaların hızlı bir şekilde yenilenmesini gerektirmektedir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, kentsel dönüşüm planlarının geliştirilmesi amacıyla iletişim, tanıtım, organizasyon faaliyetleri, kentsel dönüşüm uygulama modelleri, finansman modelleri, yasal yol haritaları vb. konularda araştırma ve geliştirme faaliyetleri yürütmektedir.

İBB Kentsel Dönüşüm Şube Müdürlüğü, bağlı şirketleri KİPTAŞ, İPA A.Ş. (eski adıyla BİMTAŞ) ve İmar A.Ş. ile işbirliği içinde, 1999 Marmara Depremi öncesinde inşa edilen binaların yenilenmesine yönelik toplu çalışmalarını hızlandırmıştır. Bu amaçla kurulan “İstanbul Yenileniyor Platformu”, eski ve riskli binalara sahip vatandaşların başvurularını almakta ve uzlaşma yoluyla bu binaların güvenli ve mali açıdan planlı bir şekilde yenilenmesini sağlamaktadır.

2020 yılında hazırlanan İstanbul Kentsel Analiz Raporu, İstanbul’da 1,13 milyon konut olduğunu ve İstanbul’daki binaların %67,8’inin 2000 yılından önce inşa edildiğini ortaya koymaktadır^[2]. İstanbul Deprem Çalıştayı Raporu’na (2019 sonunda yayınlanmıştır) göre, 7,5 büyüklüğünde bir depremde 194.000 binanın orta ve çok ağır hasar görebileceği, 48.000 binanın ise ağır ve çok ağır hasar görebileceği tahmin edilmektedir^[3]. Bu durum şehirdeki mevcut binaların yaklaşık yüzde 20’sinin deprem riski nedeniyle acilen yenilenmesi gerektiği anlamına gelmekte olup, yeniden yapılanma sürecindeki bir şehrin yeşil ve karbon nötr seçeneklere ve yeni teknolojilere yönelmesi için de fırsat doğurur. Şehri depreme dayanıklı hale getirme çabaları yürütülürken, aynı zamanda iklim

değişikliğine dayanıklı ve verimli enerji kullanımını destekleyen binalarla şehrin yeniden inşası için bir kaynak oluşturmak amacıyla yola çıkmıştır. Tüm bunlara ek olarak, yaşam kalitesini iyileştirmek amacıyla şehirdeki eski binaların yenilenmesi çalışmaları da yürütülmektedir. Kentin gelecekteki kentsel dönüşümünde Yeşil ve Karbon Nötr Binalara Geçiş Rehberi önemli bir etki potansiyeline sahiptir.

Build4GreenIST, İstanbul'da çevre dostu, enerji verimli ve sürdürülebilir binaların inşasına odaklanan ve şehri iklim açısından nötr bir geleceğe taşımayı amaçlayan önemli bir projedir. Şehirlerin artan karbon ayak izini azaltmak ve sürdürülebilir yaşam alanları yaratmak, günümüzün en büyük çevresel ve ekonomik zorluklarından biridir.

Proje kapsamında hazırlanan bu Rehber, şehrin yeşil inşası için yapılabilecek çalışmalardan sektördeki tüm paydaşların bilinçlendirilmesine yönelik eğitimlere kadar geniş bir yelpazedeki faaliyetleri kapsamaktadır. Ana hedef, proje ve rehber aracılığıyla binaların yeşil ve karbon nötr dönüşümü için teşviklerin ve çalışmaların artırılması, bu alandaki işbirliği faaliyetlerinin hızlandırılması ve çevreye duyarlı bir şehir altyapısının temellerinin desteklenmesidir.

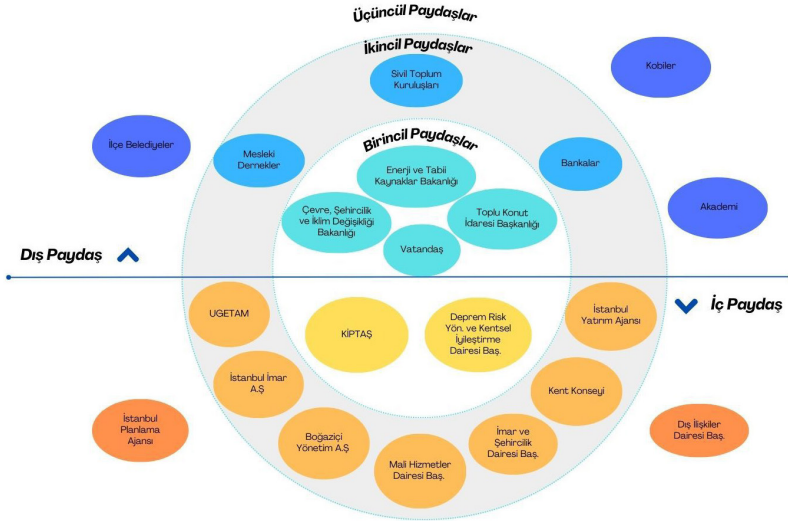
Build4GreenIST projesinin motivasyonları arasında çevresel sürdürülebilirlik, enerji verimliliği, ekonomik kazançlar ve sosyal farkındalık yer almaktadır. İstanbul'un iklim nötr olma hedefi doğrultusunda, projenin ana hedefi karbon emisyonlarını azaltmak ve doğa dostu bir şehir inşa etmektir. Binalarda tüketilen enerji miktarının azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasıyla enerji verimliliği sağlanmaktadır. Buna ek olarak, yeşil binaların uzun vadede sağladığı enerji tasarrufu ve düşük işletme maliyetleri de ekonomiye katkıda bulunmaktadır.

Proje, yenilenebilir enerji teknolojilerinin iklim değişikliği çabaları üzerindeki etkisine ilişkin toplumsal farkındalığı artırmanın yanı sıra yeşil bina pazarının büyümesini ve bu alandaki yatırımların artmasını teşvik etmeyi hedeflemiştir. Kapsayıcı bir yaklaşımla eğitim ve iletişim faaliyetlerinin yürütüldüğü proje, gelecekteki uygulama çalışmalarının temelini oluşturmayı amaçlamaktadır. Build4GreenIST, İstanbul'un daha yeşil, yaşanabilir ve sürdürülebilir bir şehir haline gelmesini ve iklim nötr olma hedefine ulaşmasını destekleyecek önemli bir rehber olacaktır.

1.3. Build4GreenIST Rehberini Destekleyen Çalışmalar

Proje, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından tüm proje ortakları (ÇEDBİK, Demir Enerji ve Florawise (Smarte)) ile birlikte koordine edilmiştir. İBB ve tüm ortaklar, uzmanlık ve yetkinlik alanlarına göre ilgili proje faaliyetlerini profesyonelce yürütmüştür.

Proje kapsamında, şehrin kilit paydaşlarını önceliklendirmek için bir paydaş analizi gerçekleştirilmiştir. Şekil 6'da gösterildiği gibi, yeşil ve karbon nötr bir şehir inşa etme yolculuğu çok katmanlı bir yaklaşım gerektirir.



Şekil 6: Paydaş haritalaması

Düzenlenen Lansman Etkinliği ile projemiz, şehrin kilit ve önemli paydaşlarına başarıyla tanıtılmıştır. Etkinlik sırasında projenin amaçları ve İstanbul'a katkıları ayrıntılı olarak açıklanmış, paydaşlar proje hakkında bilgilendirilmiş ve sürece dahil edilmiştir. Böylece geniş bir kitleye ulaşılması ve projenin etkin bir şekilde tanıtılması hedeflenmiştir.



Şekil 7. Build4GreenIST lansman etkinliği

İBB ve ÇEDBİK işbirliğiyle Bahçelievler, Üsküdar Aziz Mahmut Hüdayi, Ümraniye Atatürk, Sultangazi İsmetpaşa, Sultangazi Sultançiftliği, Kağıthane Hamidiye ve Kağıthane Seyrantepe Enstitü İstanbul İSMEK kursiyerlerine “Yeşil Binalar, Şehirler ve Enerji Verimliliği” konulu eğitimler verilmiş ve toplam 255 vatandaşa ulaşılmıştır. Bu eğitim serisi, vatandaşların yeşil binalar, enerji verimliliği ve sürdürülebilir şehirler konusunda farkındalıklarını artırmayı amaçlamıştır. Katılımcılar günlük yaşamlarında enerji tasarrufu yapma, çevre dostu alışkanlıklar edinme ve kaynakları daha verimli kullanma konusunda bilgilendirilmiştir. Eğitimle artırılan farkındalık, bireylerin kendi yaşam alanlarında yeşil dönüşümü desteklemelerini ve bu dönüşümün bir toplumsal harekete dönüşmesini sağlayacaktır.



Şekil 8. İstanbul İSMEK Enstitüsünde ‘Yeşil Binalar, Şehirler ve Enerji Verimliliği’ eğitimi

İstanbul Büyükşehir Belediyesi’nin ilgili birimlerinden, ilçe belediyelerden ve STK’lardan uygulayıcıların katılımıyla ‘Yeşil Bina ve Yenilenebilir Enerji’, ‘Yeşil Şehirler ve Katılımcı Geçiş’ ve ‘Yeşil Finans’ temalarında, toplam 165 katılımcıya eğitim verilmiştir. Bu eğitimlerde, şehirlerin yeşil ve karbon nötr bir şekilde dönüşümünü sağlamak için literatür ve iyi uygulama örnekleri aracılığıyla şehirlerin sürdürülebilir, enerji verimli ve çevre dostu bir şekilde nasıl dönüştürülebileceği açıklanmıştır. Eğitimlere ek olarak, bu paydaşlar Kapasite Geliştirme konulu çalıştaylar için de bir araya getirilmiş ve 68 katılımcıya ulaşılmıştır.



Şekil 9. Uygulayıcı eğitimleri

Ara Dönem Konferansı'nda, şehrin iklim değişikliğiyle mücadele ve kentsel dönüşüm çabalarına katkı sunan birçok paydaş bir araya gelmiş, uzmanlar ve yerel yönetim temsilcilerinin katılımıyla paneller düzenlenmiş ve toplamda 126 katılımcıya ulaşılmıştır.



Şekil 10. Ara dönem konferansında proje ekibi

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Balkan Şehirleri Ağı'nın (B40) kurucusudur ve ağın daimi sekreterliğini yürütmektedir. İBB, İklim Eylemi İşbirliği konusu da dahil olmak üzere farklı çalışma gruplarında B40 şehirleriyle yakın ilişkiler içinde

olmaya önem vermektedir. Balkan Şehirler Ağı (B40) üyesi olan Hırvatistan'ın Zagreb, Bosna Hersek'in Saraybosna, Türkiye'nin İzmir ve Muğla Büyükşehir Belediyelerine teknik ziyaretler düzenlenmiştir. Belediyelerin iklim ve çevre konularına ilişkin yaklaşımları ve faaliyetleri hakkında bilgi alışverişinde bulunulmuştur. Pilot şehir projesinin uygulama aşaması, süreçleri, kente olası etkileri, karşılaşılmaması planlanan riskler ve engeller hakkında bilgilendirme yapılırken, benzer projelerin şehirlerde uygulanabilirliği ve olası yeşil ve karbon nötr dönüşümü hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.



Şekil 11. B40 şehirleri ziyaretleri kapsamında Saraybosna şehrine yapılan ziyaret

Avrupa şehirlerine öncülük etmek ve projemizi daha fazla şehirle paylaşmak amacıyla, İkiz Şehir Öğrenme Programına katılmış ve Yunanistan'ın Midilli şehriyle eşleşilmiştir. Program kapsamında, Midilli Belediyesi belediye temsilcisi ile karşılıklı teknik ziyaretler ve deneyim/bilgi paylaşımı gerçekleştirilerek, şehirlerin benzer ve farklı sorunları/çözümleri hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.



Şekil 12. İkiz şehirler öğrenme programı kapsamında Midilli Belediyesi temsilcisinin İstanbul ziyareti

Rehberin hazırlanması için gerekli tüm çalışmalar titizlikle yürütülmüş ve projenin her adımı dikkatli bir şekilde planlanmış ve organize edilmiştir. Projenin hedeflerine ulaşması için, proje ortakları ve diğer ilgili paydaşlarla çevrimiçi ve yüzyüze olarak toplamda yaklaşık 100 toplantı düzenlenmiş ve bu toplantılarda her ayrıntı derinlemesine tartışılmıştır. Böylece, rehberin içeriği proje hedeflerine en uygun şekilde şekillendirilmiştir.



Şekil 13. Proje ortaklarıyla yapılan rutin koordinasyon toplantısı

Tüm bu çalışmalar boyunca yapılan görüşmeler ve deneyim paylaşımları, rehberin içeriğinin şekillenmesinde önemli bir rol oynamıştır. Proje boyunca, paydaşların geri bildirimleri ve farklı bakış açıları rehberin kapsamını zenginleştirerek daha etkili ve kapsamlı bir sonuç elde etmemizi sağlamıştır. Buna ek olarak, tüm paydaşların görüşlerini dikkate alan kapsayıcı bir yaklaşım benimsenerek çalışmalarımız sonuçlandırılmıştır.



YEŞİL BİNA KONSEPTİ



2. Bölüm

Yeşil Bina Modülü

2.1. Kavramlar

2.1.1. Yeşil Binalar Kavramı

Ekolojik mimari kavramı 1960’larda ortaya çıkmış ve 1970’lerde enerji krizi nedeniyle önemli bir ivme kazanmıştır. Bu dönemde güneş, rüzgar ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmış ve daha verimli bina tasarımlarının geliştirilmesi teşvik edilmiştir. 1980’li yıllarda “sürdürülebilir kalkınma” kavramı daha yaygın bir şekilde kabul görmeye başlamış ve gelişmiş ülkeler enerji tasarrufunu teşvik eden bina sistemlerini büyük ölçekte uygulamaya başlamıştır. 1990 yılında Birleşik Krallık dünyanın ilk yeşil bina standardını uygulamaya koymuş ve 1993 yılında ABD Yeşil Bina Konseyi (USGBC) kurulmuştur.

Yeşil bina uygulamalarına bir çerçeve ve doğrulama sağlamak için USGBC, 1990’ların sonlarında Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik (LEED) yeşil bina derecelendirme sistemini geliştirmiştir. Başlangıçta Amerika Birleşik Devletleri’nde geliştirilmiş olmasına rağmen, sağlam yapısı ve kapsamlı içeriği onu hızlı bir şekilde uluslararası bir ölçüt haline getirmiştir.

1990’lardan bu yana çok sayıda ülke ve kuruluş kendi yeşil bina programlarını ve standartlarını oluşturmuştur. Kullanılan sistemler değişebilirken, yeşil binalar kavramı küresel olarak önemini korumuş ve inşaat sektöründe temel bir ilke haline gelmiştir. Ek olarak, hem akademik hem de endüstriyel araştırmaların merkezi bir odağı olmuştur ve küresel enerji zorluklarına çözümlerin geliştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır.

Farklı Kuruluşlara Göre Yeşil Binaların Tanımları:

- **ABD Yeşil Bina Konseyi (USGBC):** Yeşil binaların çeşitli tanımları olsa da, genellikle enerji verimliliği, su kullanımı, iç mekan çevre kalitesi, malzeme seçimi ve çevredeki alan üzerindeki etki dikkate alınarak tasarlanan, inşa edilen ve işletilen yapılar olarak anlaşılmaktadır^[4].

- **ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA):** Yeşil bina; oturma, tasarım, inşaat, işletme ve bakımdan yenileme ve yıkıma kadar tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel olarak sorumlu ve kaynak açısından verimli bir yapıdır. Bu uygulama; ekonomi, kullanışlılık, dayanıklılık ve konfor gibi geleneksel bina tasarımına

ilişkin hususları genişletir ve tamamlar. Yeşil binalar aynı zamanda sürdürülebilir veya yüksek performanslı binalar olarak da adlandırılır^[5].

- **Ulusal Yeşil Sertifika Sistemi (YeS-TR):** Yeşil bina; doğa ile uyumlu, yer seçimi ve yıkım dahil olmak üzere tüm yaşam döngüsü boyunca değerlendirilen, iklim verilerine ve yerel koşullara uygun, sadece ihtiyaç duyduğu kadar enerji ve su tüketen, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan ve bütüncül bir yaklaşımla tasarlanmış bina olarak tanımlanır^[6].

- **Avustralya Yeşil Bina Konseyi:** Yeşil bir bina, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan mevcut ihtiyaçları karşılamak için sürdürülebilir kalkınma ilkelerini bünyesinde barındırır^[7].

2.1.2.Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar Kavramı (NSEB)

Neredeyse Sıfır Enerjili Binaların Tanımı (NSEB)

2 Ağustos 2016 tarihinde Avrupa Birliği Resmi Gazetesinde yayınlanan Binaların Enerji Performansı Yönergesinin (BEPY) 2. maddesine göre, Neredeyse Sıfır Enerjili Bina (NSEB), Ek l'de belirtilen kriterleri karşılayan çok yüksek enerji performansına sahip bir bina olarak tanımlanmaktadır. Bu çerçevede, binanın ihtiyaç duyduğu enerjinin neredeyse sıfır veya çok düşük seviyelerde olması beklenmektedir. Ayrıca, bu enerji talebinin önemli bir kısmı, tercihen yerinde veya binanın yakınında üretilen yenilenebilir enerji kaynakları tarafından karşılanmalıdır.

Tanımın ilk kısmı, enerji performansının NSEB konseptinin temel belirleyicisi olduğunu vurgulamaktadır. Bu performans seviyesi, BEPY'nin Ek l'inde belirtilen kriterlere uygun olmalıdır. Tanımın ikinci kısmı, bu yüksek enerji performansına ulaşma yöntemlerine odaklanarak, gereken enerjinin mümkün olduğunca yenilenebilir kaynaklardan sağlanması gerektiğini vurgulamaktadır.

NSEB konsepti, yenilenebilir enerji kullanımının enerji verimliliği önlemleriyle bütünleştirilmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Yenilenebilir enerji sistemleri doğrudan binaya dahil edildiğinde, yapının net enerji talebi önemli ölçüde azalır. Bununla birlikte, çoğu durumda, yerinde yenilenebilir enerji üretimi, ek enerji verimliliği önlemleri veya saha dışı yenilenebilir enerji kaynakları için birincil enerji faktörlerinde önemli düşüşler olmadan sıfır enerji talebine yaklaşmak için tek başına yetersizdir.

Bunedenle, yerinde yenilenebilir enerji kullanımını artırmayı amaçlayan yüksek verimli NSEB binaları için daha katı ve daha iddialı kriterler oluşturulmaktadır. Aynı zamanda, enerji taşıyıcıları için birincil enerji faktörlerinin, binanın ötesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını sağlayacak şekilde uyarlanması gerektiği vurgulanmaktadır^[8].

2.1.3. Sıfır Enerjili Binalar Kavramı

Avrupa Komisyonu, yeni inşa edilen tüm binaların 2030 yılına kadar sıfır emisyonlu olmasını öngörüyor. Kamu sektörünün dönüşümünü hızlandırmak için, 2027’den itibaren yeni kamu binalarının bu standarda uyması gerekecektir.

Bu gerekliliklere uygun olarak, sıfır emisyonlu binalar:

- Minimum enerji tüketimine sahip olmalı,
- Enerji ihtiyaçlarını ağırlıklı olarak yenilenebilir kaynaklardan karşılamalı,
- Fosil yakıtlardan doğrudan karbon emisyonu yaymamalı,
- Enerji Performans Sertifikaları, tüm yaşam döngüleri boyunca küresel ısınma potansiyelini içermelidir.

Farklı Kuruluşlara Göre Sıfır Enerjili Binaların Tanımları:

- **Avrupa Komisyonu:** Sıfır emisyonlu bir bina, hala gerekli olan minimum enerji miktarının tamamen yenilenebilir kaynaklardan sağlandığı ve fosil yakıtlardan yerinde karbon emisyonunun meydana gelmediği çok yüksek enerji performansına sahip bir yapı olarak tanımlanır^[9].

- **Massachusetts Enerji Kaynakları Departmanı:** Sıfır Net Enerji Binası (NSEB), temiz, yenilenebilir kaynaklar aracılığıyla bir yıl boyunca tükettiğinden eşit veya daha fazla miktarda enerji üreten optimal verimli bir yapıdır^[10].

- **Dünya Yeşil Bina Konseyi (WorldGBC):** Bir bina, enerji talebinin %100’ü yerinde yenilenebilir enerji kaynakları tarafından karşılanırsa net sıfır enerji olarak sınıflandırılabilir^[11].

2.1.4. Karbon Nötr Kavramı

Karbon nötrlük, atmosferdeki karbondioksit (CO₂) artışını durdurmayı ve küresel ısınmanın etkilerini azaltmayı amaçlayan bir kavramdır. Bu hedefe ulaşmak için karbon emisyonlarının en aza indirilmesi ve kalan emisyonların dengelenerek net sıfır CO₂ salımına ulaşılması gerekmektedir.

Şubat 2021 itibarıyla 124 ülke, 2050 veya 2060 yılına kadar karbon nötrlük hedefine ulaşmayı taahhüt etmiştir. Bu gelişme, Kyoto Protokolü (1997), Bonn Anlaşmaları (2001), Bali Yol Haritası (2007) ve Paris Anlaşması (2015) dahil olmak üzere Birleşmiş Milletler İklim Konferansları çerçevesinde iklim değişikliğiyle mücadeleyle yönelik devam eden uluslararası çabaların somut bir sonucu olarak değerlendirilmektedir. Özellikle, ülkelerin yasal olarak bağlayıcı ve belirli emisyon azaltım hedefleri belirleme konusundaki artan taahhüdü, uluslararası iklim politikalarında önemli bir ilerleme olarak görülmektedir^[12]. Bu bağlamda, Eylül 2021 itibarıyla Türkiye de Paris Anlaşması'na uygun olarak 2053 yılına kadar karbon nötrlüğünü gerçekleştirmeyi taahhüt ederek, iklim değişikliğiyle mücadeleyle yönelik küresel çabalarda ülkenin artan sorumluluğunu yansıtmaktadır.

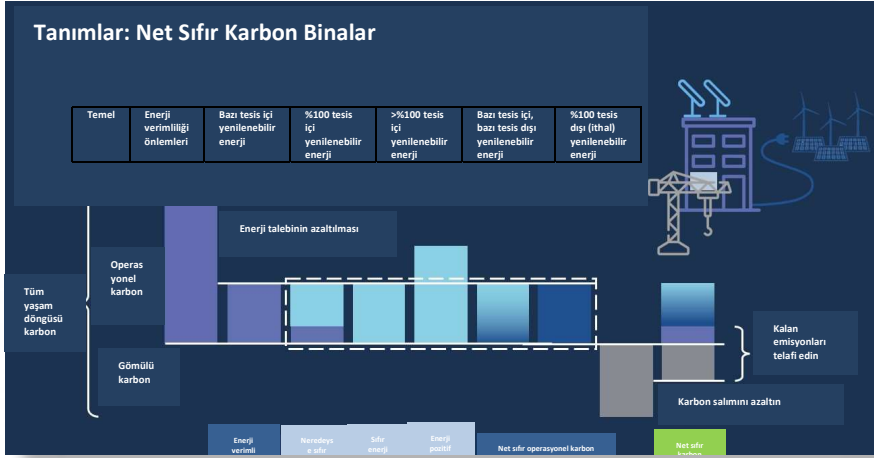
Avrupa Birliği (AB), 2050 yılına kadar karbon nötrlüğünü sağlayan ilk kıta olmayı hedeflemektedir. Bu hedef, AB Yeşil Mutabakatı'nın bir parçasıdır ve 2021 yılında Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından kabul edilen İklim Yasası ile yasal olarak oluşturulmuştur.

Kısa vadede AB, emisyon azaltım hedefini 2030 yılına kadar %40'tan en az %55'e çıkarmayı hedeflemektedir. Bunu başarmak için AB, mevcut iklim düzenlemelerini revize etmekte ve "Fit for 55" yasama paketi kapsamında yeni önlemler almaktadır. Fit for 55 paketi, Avrupa'nın karbon nötrlüğüne geçişini hızlandırmayı amaçlayan emisyon ticareti, ulusal emisyon azaltım hedefleri, arazi kullanımı sektöründeki karbon giderimi ve ulaşım ile ilgili emisyon politikalarına ilişkin düzenlemeleri içermektedir^[13].

Farklı Kuruluşlara Göre Binalarda Karbon Nötrlüğü Tanımları:

- **New York Eyaleti Enerji Araştırma ve Geliştirme Kurumu:** Karbon nötr bina, tasarımı, inşası ve işletimi sera gazı emisyonları yoluyla iklim değişikliğine katkıda bulunmayan binadır. İnşaat sektöründen kaynaklanan zararlı sera gazı emisyonlarının azaltılması, devletin iklim hedeflerine önemli ölçüde destek sağlar.

• **Dünya Yeşil Bina Konseyi:** Net sıfır emisyon hedefine doğru ilerleyen binaları tanımlamak için çeşitli terimler kullanılır. WorldGBC, yapıli çevrenin tamamen karbonsuzlaştırılmasını savunurken, sektöre, hem operasyonel enerji kullanımından hem de yapı malzemeleri, inşaat ve yenileme süreçlerinden kaynaklanan karbon emisyonlarını ele alan, tüm yaşam döngüsü boyunca karbon yaklaşımını benimseme çağrısında bulunuyor^[14].



Yukarıdaki diyagram, bir binanın yaşam döngüsü boyunca karbon emisyonlarının net sıfır karbon elde etmek için nasıl azaltılabileceğini göstermektedir. Süreç, enerji verimliliği önlemleri yoluyla operasyonel karbonun azaltılmasıyla başlar. Daha sonra binanın enerji talebi, saha içi yenilenebilir enerji kaynakları ve ardından saha dışı yenilenebilir enerji seçenekleri ile karşılanmaktadır. Operasyonel karbon en aza indirildikten sonra, çabalar inşaat ve malzemelerle ilişkili somutlaştırılmış karbon emisyonlarını azaltmaya kayar. Son aşamada, kalan emisyonlar telafi mekanizmalarıyla dengelenir ve nihayetinde net sıfır karbona ulaşılır. Bu bütüncül yaklaşım hem net sıfır operasyonel karbon hem de net sıfır tüm yaşam karbonu hedeflerini kapsamaktadır^[16].

2.2. Yeşil Binaların Çevresel, Sosyal ve Ekonomik Açılardan Faydaları

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından yayınlanan son rapora göre, küresel karbon azaltım hedeflerine ulaşmak, arazi kullanımı, enerji, binalar, ulaşım ve şehir planlamasında hızlı ve kapsamlı bir dönüşüm gerektirmektedir. Özellikle binalar, küresel enerjiye bağlı karbon emisyonlarının yaklaşık %40'ını oluşturmakta ve bu sektördeki sürdürülebilir dönüşümü, iklim değişikliği ile mücadele açısından çok önemli hale getirmektedir.

Yeşil binalar; şehirler, mahalleler ve topluluklar için küresel ölçekte önemli bir çözüm sunar. Bununla birlikte, sağladıkları çevresel ve ekonomik faydalar her zaman bireyler tarafından doğrudan algılanmaz. Sürdürülebilir tasarım, inşaat ve operasyonel süreçler sayesinde yeşil binalar karbon emisyonlarını azaltır, enerji ve su tüketimini optimize eder, atıkları en aza indirir ve insan sağlığını tehdit eden toksinlere maruz kalmayı azaltır. Bu etkiler, yeşil bina sektörünün hızlı küresel büyümesine katkıda bulunmuştur. 2018 Dünya Yeşil Bina Trendleri SmartMarket Raporu'na göre, inşaat sektöründeki birçok profesyonel, gelecekteki projelerinin büyük bir kısmının yeşil bina standartlarına uygun olarak geliştirileceğini öngörmektedir. Bu dönüşüm sürdürülebilir kalkınmayı destekler, çevresel etkileri azaltır ve aynı zamanda insan sağlığını ve ekonomik büyümeyi teşvik eden yeni fırsatlar yaratır.

Yeşil binalar da umut verici uzun vadeli bir yatırım olarak kabul edilir. Başlangıç maliyetleri daha yüksek olsa da, yeni yeşil bina projelerinin ve mevcut binalarda sürdürülebilirlik iyileştirmelerinin zaman içinde işletme maliyetlerinde tasarruf sağladığı gösterilmiştir. Araştırmalar, yeşil binaların geleneksel binalara göre yaklaşık %20 daha düşük bakım maliyetine sahip olduğunu ve sadece bir yıl içinde işletme giderlerini yaklaşık %10 oranında azaltabileceğini göstermektedir^[17]. Ek olarak, yeşil binalara yapılan ilk yatırımlar mülk değerlerini artırarak uzun vadeli finansal faydalar sağlamaktadır. Örneğin, Austin-Round Rock Metropolitan İstatistik Bölgesi'nde yapılan bir araştırma, 2008 ile 2016 yılları arasında LEED sertifikasına sahip evlerin değerinin %8 artarken, daha geniş yeşil standartları karşılayan evlerin değerinin %6 arttığını ortaya koymuştur^[18].

Yeşil bina sektörü sadece çevresel ve ekonomik faydalar sağlamakla kalmaz, aynı zamanda büyük ölçekli istihdam fırsatları yaratma konusunda da önemli bir potansiyele sahiptir. Yeşil inşaat, bugüne kadar milyonlarca kişiye istihdam sağlamış, ekonomilere yüz milyarlarca dolar katkı sunmuştur. 2011-2014 yılları arasında, ABD'nin ulusal yeşil inşaat sektörü 167,4 milyar dolarlık gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) yarattı. Aynı dönemde, yalnızca Teksas'ta 720.000'den fazla iş yeşil inşaat sektörüyle bağlantılıydı ve 2014 itibarıyla, LEED sertifikasyonu ile ilgili istihdam, eyalet hükümetlerine bireysel gelir vergisi gelirinde 1.09 milyar dolar katkı sunmuştu^[19].

Yeşil binaların ayrıca insan sağlığı ve refahı üzerinde önemli olumlu etkileri vardır. USGBC tarafından yapılan bir kamuoyu araştırması, katılımcıların üçte birinin kötü yaşam ve çalışma koşullarıyla ilgili sağlık sorunları yaşadığını bildirmiştir. İnsanlar zamanlarının yaklaşık %90'ını iç mekanlarda geçirdiğinden, iç mekan hava kalitesini artıran, toksinlere maruz kalmayı azaltan ve genel yaşam konforunu artıran yeşil binalar, bireysel sağlığı olumlu yönde etkiler. İyileştirilmiş iç mekan hava kalitesinin astım, solunum yolu alerjileri, depresyon ve stres gibi sağlık sorunlarını azalttığı ve böylece işgücü verimliliğini artırdığı gösterilmiştir. Araştırmalar, yeşil binalarda yaşayan veya çalışan bireylerin kendilerini daha sağlıklı, daha mutlu ve daha üretken hissettiklerini ve bu geçişin önemini vurguladığını göstermektedir.

Çevresel sürdürülebilirlik açısından bakıldığında, yeşil binalar enerji tüketiminin azaltılmasına, suyun korunmasına ve atıkların en aza indirilmesine önemli ölçüde katkıda bulunur. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), inşaat sektöründe enerji talebinin azaltılmasının, elektrifikasyonun artırılmasının ve yüksek verimli ekipman kullanımının teşvik edilmesinin önemini vurgulamaktadır^[20]. ABD Enerji Bilgi İdaresi'ne (EIA) göre, ısıtma ve soğutma sistemleri toplam konut enerji tüketiminin yaklaşık %52'sini oluşturarak sera gazı emisyonlarına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır^[21]. Yeşil binalar, enerji verimliliğini artırarak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik ederek bu emisyonların azaltılmasına yardımcı olur. Ek olarak, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki ortalama bir kişi günde yaklaşık 80-100 galon (300-380 litre) su kullanırken^[22] binalar ülkenin toplam su tüketiminin yaklaşık %12'sinden sorumludur^[23]. Yeşil binalar, hem çevresel sürdürülebilirliği hem de kentsel su direncini destekleyen yağmur suyu hasadı, gri su yeniden kullanımı ve su verimli sıhhi tesisat sistemleri gibi stratejiler aracılığıyla bu talebin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır^[24].

Yeşil Binalar Aşağıdaki Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine Doğrudan Katkı Sağlar:

- **Sağlık ve Kaliteli Yaşam (Hedef 3):** Sağlıklı ve konforlu yaşam ortamları oluşturarak halk sağlığını destekler.
- **Temiz Su ve Sanitasyon (Hedef 6):** Su verimliliğini artırır, su kaynaklarının korunmasını teşvik eder ve güvenli suya erişimi geliştirir.
- **Erişilebilir ve Temiz Enerji (Hedef 7):** Yenilenebilir enerji kullanımını genişletir, enerji verimliliğini artırır ve karbon emisyonlarını azaltır.
- **İnsana Yakınsır İş ve Ekonomik Büyüme (Hedef 8):** Yeşil inşaat sektörü aracılığıyla istihdam yaratır ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi teşvik eder.
- **Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı (Hedef 9):** Düşük karbon ekonomisine geçişi destekleyen sürdürülebilir ve dayanıklı altyapı geliştirir.
- **Eşitsizliklerin Azaltılması (Hedef 10):** Enerji yoksulluğunu azaltarak herkes için adil ve eşit bir yaşam standardına katkıda bulunur.
- **Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar (Hedef 11):** Daha dayanıklı, kapsayıcı ve çevre dostu şehirlerin geliştirilmesini destekler.
- **Sorumlu Üretim ve Tüketim (Hedef 12):** Kaynak verimliliğini artırmak ve israfı azaltmak için döngüsel ekonomi ilkelerini benimser.
- **İklim Eylemi (Hedef 13):** Sera gazı emisyonlarını azaltarak küresel iklim değişikliğiyle mücadeleye yardımcı olur.
- **Karasal Yaşam (Hedef 15):** Doğal ekosistemlerin korunmasını teşvik eder, biyolojik çeşitliliği artırır ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini sağlar.
- **Amaçlar için Ortaklıklar (Hedef 17):** Sürdürülebilir inşaat ve kentleşme için güçlü küresel ortaklıkların geliştirilmesini destekler.

Birçoğu için binalar sadece fiziksel yapılar olarak görülebilir. Bununla birlikte, sürdürülebilir yapılar sadece enerji ve su tasarrufu için değil, aynı zamanda insan sağlığını desteklemek, ekonomiyi canlandırmak, eğitim fırsatlarını artırmak ve sosyal hayatı iyileştirmek için de fırsatlar sunmaktadır. Yeşil bina sektörü, dünyanın en acil sorunlarından bazılarının ele alınmasında gerçek bir katalizör görevi görmektedir. Gelecekte, sürdürülebilir yapılar çevrelerin yaygın olarak benimsenmesi sadece çevresel etkileri azaltmakla kalmayacak, aynı zamanda ekonomik büyümeyi teşvik edecek ve dönüştürücü bir değişim yoluyla toplumsal refahı artıracaktır.

2.3. Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemleri

Yeşil bina sertifikasyon sistemleri, binaların çevresel etkilerini azaltmayı, enerji ve kaynakların kullanımındaki verimliliği artırmayı ve kullanıcı sağlığını korumayı amaçlayan değerlendirme araçlarıdır. Bu sistemler, binaları belirli sürdürülebilirlik kriterlerine göre puanlayarak çevre dostu performans seviyelerine göre derecelendirir. Sertifikalar, tasarımdan inşaata, işletmeden yıkıma kadar tüm yaşam döngüsü boyunca alınan çevresel kararları teşvik eder ve belgeler.

Farklı coğrafi, iklimsel ve sosyal koşullara göre şekillenen bu sistemler, enerji tüketimi, su yönetimi, atık azaltma, iç mekan kalitesi, malzeme seçimi ve ulaşım gibi birçok alanda bütünsel bir değerlendirme sunmaktadır. LEED (ABD), BREEAM (İngiltere), DGNB (Almanya) gibi uluslararası örneklerin yanı sıra ülkeler yerel ihtiyaçlarına göre ulusal sertifikasyon sistemleri de geliştirmektedir.

Türkiye’de bu alanda geliştirilen ana sistemler arasında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından geliştirilen YeS-TR (Yeşil Sertifika Türkiye) ve Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK) tarafından geliştirilen B.E.S.T (Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım) yer almaktadır.

YeS-TR (Yeşil Sertifika Türkiye), Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından geliştirilen ulusal olarak uygulanabilir ilk yeşil bina sertifikasyon sistemidir. Binaların ve yerleşim yerlerinin çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik performansını değerlendirmek için tasarlanan sistem, yerel koşullara göre uyarlanmış bütünsel, yaşam döngüsü tabanlı bir yaklaşım benimser. Yer seçiminden tasarım, inşaat, işletme ve yıkıma kadar tüm aşamaları kapsayan YeS-TR, doğal kaynakların verimli kullanımını teşvik etmeyi, çevresel etkiyi azaltmayı ve kullanıcı sağlığını ve refahını önceliklendirmeyi amaçlamaktadır.

Sistem, enerji verimliliği, su yönetimi, malzeme seçimi ve iç mekan çevre kalitesi gibi temel alanlarda performansa dayalı kriterler sağlarken, yenilikçi çözümleri teşvik etmektedir. Değerlendirmeler, entegre tasarım, iç mekan konforu, enerji performansı, su ve atık yönetimi, sürdürülebilir malzemeler ve

yeniliği kapsayan altı ana modül aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Elde edilen toplam puana dayanarak, projeler dört seviyeden biri altında sertifikalandırılır: Geçerli, İyi, Çok İyi ve Ulusal Üstünlük.

YeS-TR, çevresel performansı iyileştirmenin ötesinde, yerel kimliğe saygı duyan, sosyal refahı destekleyen ve ekonomik olarak sürdürülebilir çözümlere öncelik veren bir yapı kültürünü teşvik etmektedir. Konuttan kamu binalarına ve eğitim tesislerinden sağlık merkezlerine kadar çok çeşitli bina türleri için geçerli olan sistem, Türkiye'nin küresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunan uluslararası sertifikasyon çerçeveleriyle de uyumludur. YeS-TR, sürdürülebilir inşaatı ulusal bir standart haline getirme yolunda önemli bir adımı temsil etmektedir.

Yeşil bina sertifikasyon sistemleri, binaların sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda tasarlanmasını, inşa edilmesini ve sürdürülmesini sağlamak için minimum gereksinimleri ve ön koşulları belirler. Bu gereksinimler, sertifikasyona uygun projeleri belirlemek için bir rehber görevi görür ve sürdürülebilir bina tasarımını teşvik eden standartlar sağlar.

Bu kapsamda LEED BD+C, LEED ND, LEED Şehirleri ve Toplulukları, BREEAM Yeni Yapılar, BREEAM Toplulukları, DGNB Yeni Yapılar, DGNB İlçeleri, YeS-TR Binaları, YeS-TR Yerleşmeler ve B.E.S.T Yeni Konut Kılavuzları incelenmiştir. Bu sertifikasyon programlarının analizi, temel gereksinimleri ile ilgili aşağıdaki temel bulgulara yol açmıştır.

2.3.1. Minimum Gereksinimler

Yeşil bina sertifikası almak isteyen binalar için belirli temel kriterlerin karşılanması esastır. Örneğin, LEED BD+C kapsamında, projelerin değerlendirmeye uygun olması için mevcut bir sahada kalıcı olarak bulunması gerekir. Geçici yapılar LEED sertifikasyonu için uygun olmasa da, prefabrik veya modüler binalar kalıcı olarak yerleştirildikleri takdirde hak kazanabilirler.

Ayrıca, LEED proje sınırları belgelendirme süreci yönetmeliklerine göre tanımlanmalıdır. Proje sınırı, kredi avantajları elde etmek için belirli alanları hariç tutamaz. Sertifikasyon sürecine dahil edilen tüm alanların, doğrudan projeye ilişkili olması ve proje faaliyetlerini desteklemesi gerekmektedir.

LEED sertifikası almak isteyen projeler ayrıca minimum alan gereksinimlerini karşılamalıdır:

- LEED BD+C ve EB:O&M: Minimum 93 m² (1.000 ft²) alan
- LEED ID+C: Minimum 23 m² (250 ft²) alan

LEED BD+C dışında, B.E.S.T. Konut Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu, projelerin sertifikasyondan önce bir kullanım izni alması gerektiğini belirtmektedir. Ayrıca, tüm bina ve bölge ölçekli sertifikasyon sistemleri, projelerin temel bir ön koşul olarak ulusal yasalara, standartlara ve düzenlemelere uymasını gerektirir.

2025 yılı itibarıyla Türkiye’de yeşil bina sertifikasına sahip bina sayısı 700’ü aşmıştır. Bu artış, ülke genelinde çevreye duyarlı ve sürdürülebilir inşaat uygulamaları konusunda artan bir farkındalığı yansıtmakta ve bu alanda önemli bir geçiş dönemine işaret etmektedir. Karbon emisyonlarını azaltma, enerji verimliliğini artırma ve daha sağlıklı yaşam ve çalışma ortamlarını teşvik etme ihtiyacının artması, hem kamu hem de özel sektörden sürdürülebilir kalkınma hedeflerine olan ilgiyi artırmış ve yeşil bina ilkelerinin kentsel dönüşüm projelerine stratejik entegrasyonuna yol açmıştır.

Ancak, bu olumlu gelişmelere rağmen, Türkiye hala kişi başına düşen yeşil bina açısından Avrupa ve Kuzey Amerika’daki birçok ülkenin gerisinde kalmaktadır. Almanya, Hollanda ve Kanada gibi ülkeler, daha olgun düzenleyici çerçeveler ve kapsamlı teşvik mekanizmaları sayesinde, çeşitli bina türleri ve ölçeklerinde yeşil bina uygulamalarını başarıyla yaygınlaştırmıştır.

Bu alandaki ilerlemesini hızlandırmak için Türkiye, sadece yeni inşaatları değil, mevcut binaları da kapsayan daha geniş ve daha erişilebilir ulusal teşvik mekanizmaları uygulamalıdır.

2.3.2. Ön Koşullar ve Krediler

LEED BD+C, BREEAM Yeni Yapılar, DGNB Yeni Yapılar, , YeS-TR Binalar ve B.E.S.T Konut Sertifikasyon Sistemleri aşağıdaki kategorilerde ön koşullar içermektedir:

- **Entegre Tasarım Yaklaşımı:** Sürdürülebilir binalar, izole edilmiş yapılar olarak değil, bütünsel bir süreç içinde düşünülmelidir. Projenin başlangıcından itibaren tüm paydaşlar sürece dahil edilmeli, yüksek performanslı tasarım öncelikli olmalı ve proje entegre bir yönetim yaklaşımı izlemelidir.

- **Su Verimliliği:** Su Tüketiminin İzlenmesi ve Azaltılması ön koşulu, suyun verimli kullanımını sağlar. Tatlı su kaynaklarındaki küresel düşüş ve bozulan su kalitesi göz önüne alındığında, binaların su kullanımlarını izlemesi ve sürdürülebilir su yönetimi stratejileri uygulaması beklenmektedir.

- **Enerji Verimliliği:** Enerji Ölçümü ve Bina Performansının İyileştirilmesi ön koşulu, binaların enerji talebini en aza indirmesini ve yenilenebilir enerji çözümlerini dikkate almasını gerektirir. Bu, enerji verimliliği iyileştirmelerini vurgulayarak hem yeni binalar hem de güçlendirme projeleri için geçerlidir.

- **Malzemeler ve Kaynak Kullanımı:** İnşaat Ürünlerinin Sorumlu Kaynak Kullanımı ön koşulu, inşaat malzemelerinin çevresel, ekonomik ve sosyal etkiler dikkate alınarak seçilmesini zorunlu kılar. Özellikle, BREEAM ve DGNB, sertifikalı binalarda kullanılan ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin sürdürülebilir kaynaklardan gelmesini gerektirmektedir.

- **Atık Yönetimi:** İnşaat ve Yıkım Atık Yönetimi Planlaması ön koşulu, inşaat sırasında malzeme geri kazanımını artırmayı, çöp sahasına giden atıkları azaltmayı ve çevresel etkileri en aza indirmeyi amaçlamaktadır.

Yeşil bina sertifikasyon sistemleri, çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliği teşvik eden standartlar sağlayarak, sürdürülebilir kentsel gelişimin şekillenmesinde hayati bir araç görevi görmektedir.

SLL Akıllı Konum ve Bağlantı		NPD Mahalle Deseni ve Tasarımı		GİB Yeşil Altyapı ve Binalar	
Ön Koşul/ Kredi	Konsept	Ön Koşul/ Kredi	Konsept	Ön Koşul/ Kredi	Konsept
SLL P1	Akıllı Konum	NPD P1	Yürünebilir Sokaklar	GIB P1	Sertifikalı Yeşil Bina
SLL P2	Tehlike Altındaki Türlerin ve Ekolojik Toplulukların Korunması	NPD P2	Kompakt Geliştirme	GIB P2	Minimum Bina Enerji Performansı
SLL P3	Sulak Alan ve Su Kütellerinin Korunması	NPD P3	Bağlantılı ve Açık Topluluk	GIB P3	Kapalı Alan Su kullanımının Azaltılması
SLL P4	Tarimsal Arazilerin Korunması	NPD C1	Yürünebilir Sokaklar	GIB P4	İnşaat Faaliyeti Kirilliliğinin Önlenmesi
SLL P5	Taşkın Alanlarından Kaçınma	NPD C2	Kompakt Geliştirme	GIB C1	Sertifikalı Yeşil Binalar
SLL C1	Terch Edilen Yerler	NPD C3	Karma Kullanımlı Mahalleler	GIB C2	Bina Enerji Performansının Optimize Edilmesi
SLL C2	Terkedilmiş Endüstriyel Alan İyileştirme	NPD C4	Konut Türleri ve Uygun Fiyat	GIB C3	Kapalı Alan Su kullanımının Azaltılması
SLL C3	Kaliteli Ulaşım	NPD C5	Azaltılmış Park Alanı Ayak İzi	GIB C4	Açık Alan Su kullanımının Azaltılması
SLL C4	Bisiklet Tesisleri	NPD C6	Bağlantılı ve Açık Topluluk	GIB C5	Bina Yeniden Kullanımı
SLL C5	Konut ve İş Yakınlığı	NPD C7	Ulaşım Tesisleri	GIB C6	Tarihi Kaynak Koruma ve Uyarlanabilir Yeniden Kullanım
SLL C6	Dik Yamaç Koruması	NPD C8	Ulaşım Talebi Yönetimi	GIB C7	Azalan Alan Rahatsızlığı
SLL C7	Habitat veya Sulak Alan ve Su Kütlesi Korunması İçin Saha Tasarımı	NPD C9	Medeni ve Karmusal Alana Erişim	GIB C8	Yağmur Suyu Yönetimi
SLL C8	Habitat veya Sulak Alan ve Su Kütellerinin Restorasyonu	NPD C10	Rekreasyon Tesislerine Erişim	GIB C9	Isı Adası Azaltma
SLL C9	Habitat veya Sulak Alan ve Su Kütellerinin Uzun Vadeli Koruma Yönetimi	NPD C11	Görülebilirlik ve Evrensel Tasarım	GIB C10	Güneş Yönlendirmesi
		NPD C12	Topluluk İletişimi ve Katılımı	GIB C11	Yenilenebilir Enerji Üretimi
		NPD C13	Yerel Gıda Üretimi	GIB C12	Bölgesel Isıtma ve Soğutma
		NPD C14	Ağaçlı ve Gölgeli Sokak Manzaraları	GIB C13	Akıllı Enerji Verimliliği
		NPD C15	Mahalle Okulları	GIB C14	Atık Su Yönetimi

Tablo 2. Örnek kontrol listesi, ön koşulların ve kredilerin özetlenmiş bir sınıflandırmasını sunmaktadır. Ayrıca tablo, mevcut planlama veya uygulama süreçlerinin sürdürülebilirlik performansı açısından analizini kolaylaştırmaktadır^[25].

2.3.3. Türkiye’deki Yeşil Sertifikalı Binalar

Sürdürülebilir inşaat yaklaşımı, çevresel etkiyi azaltan, enerji ve su verimliliğini artıran ve kullanıcı konforunu artıran tasarım ve uygulama uygulamalarına öncelik vermektedir. Bu bağlamda, yeşil bina sertifikasyon sistemleri (LEED ve EDGE gibi) binaların çevresel performansının bağımsız olarak değerlendirilmesini sağlar. Son yıllarda, Türkiye’de, özellikle sürdürülebilir tasarım ilkelerinin daha yaygın olarak benimsendiği büyük ölçekli ve kamu binalarında sertifikalı proje sayısı artmıştır. Aşağıdaki bölüm, Türkiye’deki sertifikalı yeşil binaların iki önemli örneğini incelemektedir: Ziraat Bankası Kule 1 ve Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi.



Şekil 15. Ziraat Bankası Kule 1^[26].

Ziraat Bankası Kule 1

İstanbul Ümraniye’de yer alan Ziraat Bankası Kule 1, LEED Platinum sertifikasını alan önemli bir yeşil bina olarak öne çıkıyor. Proje, 81 puan alan ve toplam 65.032 m² alanı kapsayan LEED 2009 BD+C Yeni İnşaat kategorisi altında değerlendirilmiştir. Sertifika 20 Ekim 2023 tarihinde verilmiştir.

Bina, sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda hem enerji hem de malzeme verimliliğinde önemli gelişmeler göstermektedir. Genel bina performansı %32 oranında iyileşti ve enerjinin %35’i yeşil kaynaklardan sağlandı. Ayrıca, inşaat malzemelerinin %20’si geri dönüştürülmüş içerikten oluşur ve diğer

%20'si bölgesel olarak çıkarılır, hasat edilir, geri kazanılır veya üretilir. Ek olarak, kullanılan ahşap ürünlerin %50'si FSC sertifikalıdır.

Proje ayrıca etkili atık yönetimi ve su verimliliği stratejilerini de içermektedir. İnşaat sırasında, inşaat ve yıkım atıklarının %75'i depolama alanlarından uzaklaştırılmıştır. İç mekan su tüketimi %40, atık su üretimi ise %50 oranında azaltılmıştır. Peyzaj düzenlemesinde içme suyu kullanımı tamamen ortadan kaldırılmıştır.

Ayrıca, düzenli olarak işgal edilen alanların %75'i gün ışığından yararlanır ve bu alanların %90'ı kaliteli manzaralara erişim sunarak kullanıcı konforunu ve refahını artırır.

Ziraat Bankası Kule 1, LEED standartlarına uygunluğu, enerji verimliliği, sürdürülebilir malzeme kullanımı ve kullanıcı merkezli tasarımı ile Türkiye'de yeşil bina uygulamalarının önde gelen bir örneği olarak hizmet vermektedir^[27].



Şekil 16. Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi^[28].

Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi

İstanbul Kartal'da bulunan Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi, Türkiye'nin en büyük sağlık tesislerinden biridir ve hem LEED Gold hem de EDGE sertifikalarına sahiptir. Bu, hastaneyi Türkiye'nin ilk ve dünyanın en büyük yeşil bina sertifikasına sahip hastane binası haline getirmektedir.

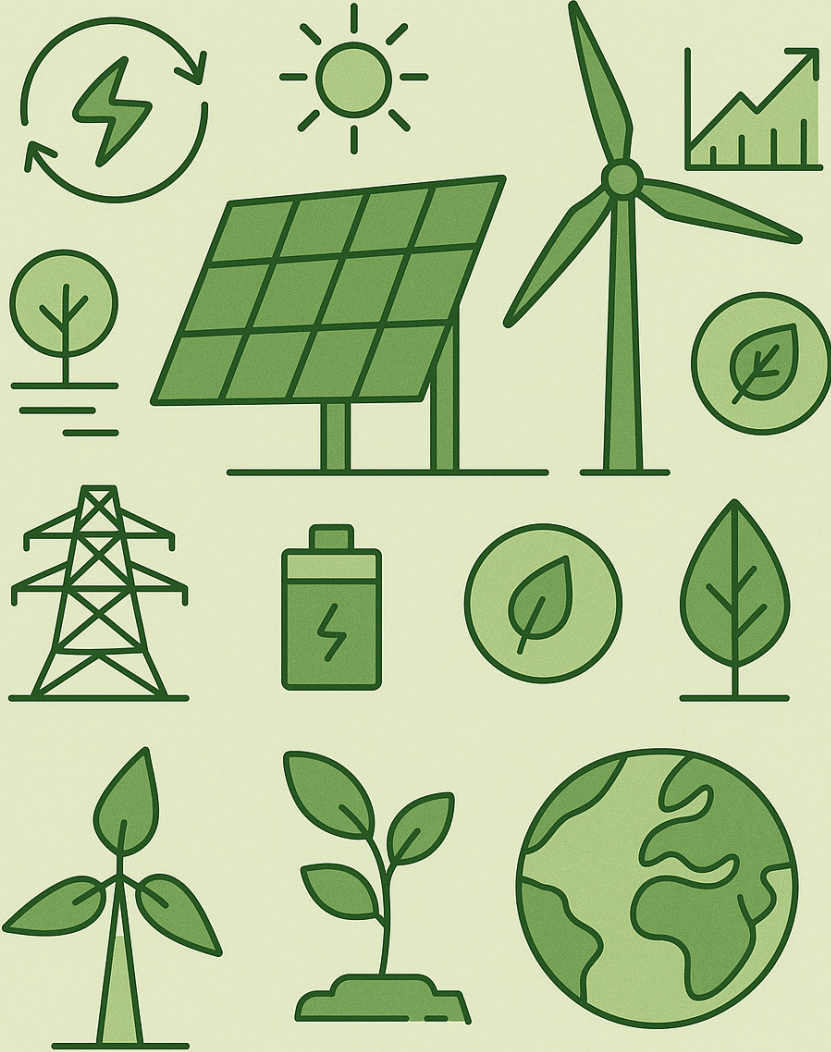
Kavramsal aşamadan itibaren sürdürülebilirlik ilkeleriyle tasarlanan hastane, toplu taşıma ve sosyal olanaklara yakın bir mesafede, mevcut bir sağlık tesisi alanına inşa edilmiştir. İnşaat süreci boyunca erozyon ve tortu kontrol planları uygulanarak, toz, su ve inşaat kaynaklı kirliliği en aza indirecek önlemler alınmıştır.

Proje, yüksek verimli mekanik ve elektrik sistemlerinin kullanımı, optimize edilmiş cephe katmanlaması ve uygun cam seçimi yoluyla uluslararası kriterlere kıyasla %42 enerji tasarrufu sağlamıştır. Evsel sıcak su talebinin bir kısmı güneş kolektörleri ile karşılanmakta ve tüm sistemlerin enerji performansı özel otomasyon altyapısı ile takip edilmektedir.

Su verimliliği, düşük akışlı sıhhi tesisat armatürleri kullanılarak ele alınırken, iç mekan çevre kalitesi, artan temiz hava temini ve boyalar, yapıştırıcılar ve sızdırmazlık maddeleri dahil olmak üzere düşük VOC malzemeleri ile iyileştirilmiştir. Cephe tasarımı ayrıca doğal gün ışığının kullanımını en üst düzeye çıkararak daha sağlıklı ve daha konforlu bir iç ortam yaratılmasına katkıda bulunmaktadır.

Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi, Türkiye'deki sürdürülebilir sağlık mimarisinin en kapsamlı örneklerinden biri olup, çevresel performans hedeflerinin kamu altyapısına entegre edilmesi için bir model görevi görmektedir^[29].

YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİSİ



3. Bölüm

Yenilenebilir Teknoloji Modülü

3.1. Türkiye ve Avrupa’da Yenilenebilir Enerji Perspektifleri

Avrupa, hem Avrupa Birliği (AB) hem de ulusal düzeydeki iddialı politikalar tarafından yönlendirilen yenilenebilir enerji geçişinde uzun zamandır küresel bir lider olmuştur. Bu liderlik, küresel iklim hedefleri belirleyen ve AB de dahil olmak üzere ülkeleri sera gazı emisyonlarını azaltmada cesur adımlar atmaya teşvik eden Paris Anlaşması ile daha da güçlendirilmiştir^[30]. BM İklim Değişikliği Konferansı (COP21) sırasında 2015 yılında kabul edilen Paris Anlaşması, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir küresel taahhüdü temsil etmektedir. Temel amacı, küresel ısınmayı 2°C’nin çok altında, tercihen 1,5°C ile sanayi öncesi seviyelerin üzerinde sınırlamaktır; ülkeler sera gazı emisyonlarını azaltmayı ve iklim değişikliğini azaltma çabalarını artırmayı taahhüt etmektedir. Bu anlaşma, dünyadaki hemen hemen her ülkenin iklim hedeflerini belirlemek ve toplu eylem için bir çerçeve oluşturmak üzere bir araya geldiği uluslararası işbirliğinde tarihi bir adım oldu.

Paris Anlaşması doğrultusunda, 2019 yılında Avrupa Birliği tarafından tanıtılan Avrupa Yeşil Mutabakatı, AB’nin iklim hedeflerine ulaşmak için kapsamlı bir strateji görevi görmektedir^[31]. Avrupa Yeşil Mutabakatı, Avrupa Birliği tarafından 2050 yılına kadar Avrupa’yı ilk iklim nötr kıta haline getirmeyi amaçlayan kapsamlı bir plandır. Bu iddialı planın bir parçası olarak AB, sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerine kıyasla 2030 yılına kadar %55 oranında azaltım hedefi belirledi. Bu güncellenmiş hedef, daha önce belirlenen %40’lık bir azaltım hedefinin yerini aldı. Avrupa Birliği, iklim değişikliğini hafifletme önlemlerinin hızlandırılması gerekliliğini kabul ederek, küresel sıcaklık artışını 1,5°C ile sınırlama hedefine uyum sağlamak için emisyon azaltım hedefini %55’e yükseltmiştir. Avrupa İklim Yasası’nda yer alan bu hedef, AB’nin iklim çerçevesinin merkezi unsuru olup, üye devletlere 2050’ye kadar karbon nötrlüğüne ulaşma yükümlülüğü getirmektedir. Bu hedefe ulaşmak için AB, yenilenebilir enerjiye geçiş, enerji verimliliğinin iyileştirilmesi, fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılması ve döngüsel bir ekonominin teşvik edilmesi gibi çeşitli önlemlere odaklanmaktadır. Bu geçiş sadece iklim değişikliğini azaltmayı değil, aynı zamanda yeni istihdam olanakları yaratmayı, yeşil teknolojileri teşvik etmeyi ve Avrupa için sürdürülebilir bir gelecek sağlamayı hedeflemektedir.

Avrupa ülkelerinde, Almanya'nın enerji geçiş stratejisi rüzgar ve güneş enerjisinin genişlemesinin hızlandırılmasına katkıda bulunurken, Danimarka rüzgar türbini teknolojisi ve rüzgar enerjisi üretiminde dünyaya öncülük etmektedir. Geniş güneşli manzaraları ile İspanya, Avrupa'nın önde gelen güneş enerjisi üreticilerinden biri olarak öne çıkarken, dahası, İsveç ve Norveç gibi Kuzey Avrupa ülkeleri büyük ölçüde hidroelektrik ve jeotermal enerjiye dayanmaktadır. Bu ülkeler önemli doğal kaynaklara sahiptir ve yenilenebilir enerjili bir enerji sistemine geçişi kolaylaştırmak için güçlü bir altyapı oluşturmuştur. Ayrıca, Avrupa'nın akıllı şebekeler, enerji depolama teknolojileri ve sınır ötesi enerji piyasalarına odaklanması, yenilenebilir enerji kaynaklarının aralıklı doğasının üstesinden gelmeye ve istikrarlı ve öngörülebilir bir enerji kaynağı sağlamaya çalışmaktadır.

Öte yandan, Türkiye yenilenebilir enerjiyi enerji karışımına dahil etme konusunda önemli ilerleme kaydetmiştir. Ülkenin fiziksel konumu, bol güneş ışığı, kuvvetli rüzgarlar ve jeotermal potansiyel gibi yenilenebilir kaynaklar açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Son yıllarda Türkiye, rüzgar ve güneş enerjisi kapasitesinin genişletilmesinde Avrupa'nın liderlerinden biri olarak ortaya çıkmıştır. Türkiye'nin mükemmel iklimi nedeniyle, güneş enerjisi özellikle güney ve batı bölgelerinde (Antalya, İzmir ve İstanbul şehirleri gibi) önemli ölçüde büyümüştür. Türkiye ayrıca, özellikle ortalama rüzgar hızlarının daha yüksek olduğu Ege ve Marmara bölgelerinde önemli rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir. Ayrıca, Türkiye önemli jeotermal kaynaklara sahiptir ve bu da onu jeotermal enerji gelişiminde öncü haline getirmektedir. Türkiye'de geleneksel olarak önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektrik, enerji talebinin karşılanmasında önemli bir rol oynamaya devam etmektedir. Hidroelektriğe ek olarak, enerji karışımını çeşitlendirmek için çeşitli bölgelerde biyogaz tesisleri geliştirilmiştir.

Türkiye'nin Paris Anlaşmasına dahil olması, iklim politikası seyrinde önemli bir yer teşkil etmiştir. Türkiye, küresel iklim çabalarına bağlılığının bir göstergesi olarak Paris Anlaşmasını resmi olarak onaylamıştır. Hükümetin, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik dirençlilik açısından iklim eyleminin artan önemini kabul etmesiyle birlikte, bu onay süreci yoğun iç tartışmalar ve siyasi müzakerelerin ardından gerçekleşmiştir.

Türkiye, Paris Anlaşması'nı onaylamasından bu yana iklim hedeflerine uyum sağlamak için çeşitli adımlar atmıştır. Anlaşmanın küresel ısınmayı 2°C'nin çok altında tutma hedefi doğrultusunda Türkiye, 2053 yılına kadar net sıfır emisyon hedefine ulaşmayı taahhüt etmiştir.

Türkiye'nin 12. Kalkınma Planı (2024 -2028), sürdürülebilir kalkınma, iklime dayanıklı kentsel dönüşüm ve temiz enerjiye geçişe odaklanan kapsamlı bir strateji sunmaktadır. Plan, yerinde kentsel yenileme, yeşil alanların genişletilmesi ve artan enerji verimliliğine odaklanarak afete dayanıklı, iklim dostu ve akıllı şehirlerin inşasını vurgulamaktadır. Yeni binaların en az "B" düzeyinde bir enerji performansına ulaşması beklenmekte, "Neredeyse Sıfır Enerjili Binalara" geçiş teşvik edilmektedir. Türkiye, yenilenebilir enerji ve enerji verimli binaların daha geniş bir şekilde benimsenmesini teşvik ederken, 2023 yılında 11.350 MW olan güneş enerjisi kapasitesini 2028 yılına kadar 30.000 MW'a çıkarmayı hedeflemektedir. Bu girişimler, 2053 yılına kadar net sıfır emisyon elde etme ulusal hedefi ile uyumludur. Bununla birlikte, bazı eleştirilenler planın ekolojik dengiyi yeterince koruyamayabileceğini ve sermaye odaklı sektörleri destekleyebileceğini savunmaktadır^[32].

Öte yandan, 2030 için Enerji Verimliliği Stratejisi ve Türkiye'nin İkinci Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı, enerji verimliliğini artırmayı, kentsel dönüşüm içindeki sürdürülebilir yapıları teşvik etmeyi ve net sıfır emisyona ulaşmak için ulusal çabanın bir parçası olarak yenilenebilir enerji kullanımını genişletmeyi amaçlamaktadır. Plan, yeni inşa edilen kamu binaları için yeşil bina sertifikasyonunu desteklemekte ve "Neredeyse Sıfır Enerji Binaları" (NSEB) kavramını genişletmeye vurgu yaparak mevcut binaların enerji performansında iyileştirmeleri teşvik etmektedir. Strateji, kentsel ulaşımdan kaynaklanan emisyonları azaltmak için elektrikli araç altyapısının, bisiklet yollarının ve yaya odaklı alanların geliştirilmesini içermektedir. Ayrıca, 2030 yılına kadar enerji verimliliği projelerine 20 milyar dolarlık bir yatırım ve 2040 yılına kadar 46 milyar dolarlık bir enerji tasarrufu öngörmektedir. Bu kapsamlı çerçeve, iklim dirençli kentleşme, yenilenebilir enerjiye geçiş ve uzun vadeli çevresel sürdürülebilirlik için ulusal hedefleri desteklemektedir^[33].

Ayrıca Türkiye, İklim Değişikliğinin Azaltılması ve Uyum Stratejisi Eylem Planları^[34] gibi ulusal stratejileri uygulamaya koymuş ve yenilenebilir enerji kullanımını genişletmek, enerji verimliliğini artırmak ve yeşil bir ekonomiyi teşvik etmek için adımlar atmıştır. Türkiye Eylem Planları, SEİEP (Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı) yapısı ile uyumludur. SEİEP, AB'deki ve ötesindeki şehirlere ve yerel makamlara sera gazı emisyonlarını azaltmak ve iklim değişikliğine uyum sağlamak için kapsamlı planlar geliştirmelerine yardımcı olmak için İklim ve Enerji Belediye Başkanları Sözleşmesi^[35] tarafından getirilen bir çerçevedir. Türkiye için SEİEP, Paris Anlaşması hedeflerini karşılamak ve emisyonları azaltmak için daha geniş ulusal stratejisinin bir parçasıdır. SEİEP'in hazırlanması, Türk şehirlerine ve belediyelerine yerel düzeyde enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve iklim direncine odaklanarak yerel iklim eylem planlarını uygulamada yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, Türkiye hala kömüre olan yoğun bağımlılığı ve temiz enerji teknolojileri ve altyapısına önemli yatırımlara olan ihtiyacı ile ilgili zorluklarla karşı karşıyadır. Bu zorluklara rağmen, Türkiye'nin Paris Anlaşmasını onaylaması, ülkenin daha sürdürülebilir ve iklime dayanıklı bir geleceğe geçişinde çok önemli bir adımdır.

Son yıllarda Türkiye, büyük ölçekli yenilenebilir enerji projelerini teşvik eden Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı (YEKA) modeli de dahil olmak üzere yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik etmek için çeşitli teşvikler ve hükümet politikaları uygulamaktadır. Bu çabalar hem yerel hem de uluslararası yatırımları başarıyla çekmiş ve Türkiye'yi yenilenebilir enerji sektöründe önemli bir oyuncu olarak konumlandırmıştır. Türkiye, YEKA'nın ötesinde, Ege ve Akdeniz kıyılarındaki rüzgar enerjisi yatırımları ve temiz enerji üretiminin temel kaynakları haline gelen güney ve batı şehirlerindeki güneş enerjisi projeleri gibi projelerle yenilenebilir enerji çabalarını da genişletmiştir.

Ayrıca, çeşitli bölgelerde biyokütle ve hidroelektrik santralleri geliştirilmiştir.

İstanbul, Türkiye'de yenilenebilir enerji geçişinde benzersiz bir role sahiptir. İstanbul'un büyük nüfusu ve kentsel peyzajı göz önüne alındığında, şehir daha yerelleştirilmiş yenilenebilir enerji girişimlerinden yararlanabilir. İstanbul için özel örnekler arasında şunlar yer almaktadır:

- **Artırılmış Güneş Paneli Entegrasyonu:** Özellikle yüksek güneş potansiyeline sahip ilçelerde, konut ve ticari binalardaki çatı güneş panellerinin kullanımının genişletilmesi, İstanbul'un enerji ihtiyacına önemli ölçüde katkıda bulunabilir.

İstanbul’da güneş paneli entegrasyonunun birkaç özel örneği uygulanmıştır. Örneğin, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, enerji tüketimini azaltma ve yenilenebilir enerjiyi teşvik etme çabalarının bir parçası olarak, spor kompleksleri, kültür merkezleri ve çeşitli belediye ofisleri de dahil olmak üzere yıllık 4416 MWp enerji üretim kapasitesine sahip birkaç kamu binasının çatısına güneş panelleri kurmuştur. Kadıköy ilçesinde yer alan Kadıköy Evlendirme Dairesi’ne toplam 12 kW kapasiteli güneş panelleri entegre edilmiş olup, bu paneller binanın yıllık enerji ihtiyacının yaklaşık %40’ını karşılamaktadır. Ek olarak, İstanbul Havalimanı, havalimanı operasyonlarına enerji sağlamak için büyük ölçekli güneş panelleri kurarak karbon ayak izini önemli ölçüde azaltmıştır. Bu girişimler, İstanbul’un hem kamu hem de özel sektörde güneş enerjisi kullanımını genişletme taahhüdünü göstermektedir.

- **Enerji Depolama Çözümleri:** Güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynakları kesintili olduğundan, İstanbul’daki enerji depolama sistemlerine yatırım yapmak, düşük üretim dönemlerinde bile şebekenin dengelenmesine ve istikrarlı bir elektrik arzının sağlanmasına yardımcı olacaktır. Bunun önemli bir örneği, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegre enerji depolama projeleri geliştiren İstanbul Elektrik Dağıtım A.Ş. (İEDAS) şirkettir. Bir örnek, yerel şebekeye daha güvenilir ve tutarlı bir enerji kaynağı sağlamak için güneş enerjisini enerji depolamasıyla birleştiren İstanbul Büyükçekmece Güneş Enerjisi Depolama Tesisindeki güneş ve batarya depolama sistemidir. Ayrıca İSKİ (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi), su arıtma tesislerinde enerji depolama çözümlerini kullanmayı, güneş paneli sistemlerinin ürettiği fazla enerjiyi en yoğun üretim sürelerinde depolamayı ve düşük güneş enerjisi üretimi dönemlerinde kullanmayı da araştırmıştır. Enerji depolamadaki bu çabalar, İstanbul’un yenilenebilir enerji altyapısının güvenilirliğini ve verimliliğini artırma kararlılığını yansıtır.

- **Akıllı Şebeke Altyapısı:** İstanbul’un enerji altyapısının akıllı şebeke teknolojileriyle iyileştirilmesi, enerji verimliliğini artıracak, yenilenebilir enerjinin dağıtımını optimize edecek ve enerji kayıplarını azaltacak ve şehri enerji taleplerine karşı daha dayanıklı hale getirecektir. İstanbul Elektrik Dağıtım A.Ş. (İEDAS), konut ve ticari binalarda enerji tüketiminin gerçek zamanlı izlenmesi ve kontrolünün iyileştirilmesi amacıyla, Gelişmiş Ölçüm Altyapısı (AMI) dahil olmak üzere, şehir genelinde akıllı şebeke çözümlerinin uygulanması üzerinde çalışmaktadır. Ek olarak, akıllı şebeke teknolojileri, şebekenin

artık güneş ve rüzgar kaynaklarından yenilenebilir enerji tedarikini daha verimli bir şekilde dengeleyebildiği ve kesintileri hızlı bir şekilde tespit edip yanıtlayabildiği Üsküdar ve Kadıköy ilçelerine entegre edilmiştir. Bu yükseltmeler, enerji dağıtımının genel verimliliğini artırmakta, enerji kayıplarını azaltmakta ve şehir genelinde daha güvenilir bir enerji kaynağı sağlamaktadır.

- **Toplu Taşıma Elektrifikasyonu:** İstanbul, emisyonları azaltmak ve hava kalitesini iyileştirmek için yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışan otobüs ve feribot gibi toplu taşıma ağlarının elektrifikasyonuna da yatırım yapabilir. İstanbul, emisyonları azaltmak ve hava kalitesini iyileştirmek için toplu taşıma sistemini elektrikli hale getirmede önemli ilerleme kaydetmektedir. Adalar ilçesinde sunulan toplu taşıma hizmeti kapsamında, Ada Taksi olarak kullanılacak 60 adet E-JEST model elektrikli araç, 10 adet CLEANVAC EMICRO ve 10 adet PILOT CAR PREMIUM PC-4 SL elektrikli araç satın alınmıştır^[36].

Şehir, İstanbul Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı (SUMP) ve 2. Aşama Uygulama Planı gibi stratejik planlarda belirtildiği gibi toplu taşımayı güçlendirmek, metro hatlarını genişletmek ve elektrikli araç kullanımını artırmak için çalışıyor. Bu master planlar doğrultusunda, 2019 yılında 233 km olan raylı sistem hattının uzunluğu 2024 yılına kadar 381 km'ye ulaştı.

SpeedRail Projesi olarak adlandırılan yeni nesil ekspres metro hattı ile İstanbul Demiryolu Sistemi Ağı'nın hedeflenen uzunluğu 2030 yılından sonra yaklaşık 740 km olarak planlanmaktadır. Sürdürülebilir taşımacılığa olan bu bağlılık çerçevesinde, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) aynı anda 10 yeni metro hattı inşa etmekte olup, metro hattı inşaatı açısından küresel bir rekor kırmaktadır.

İETT, 2006 model bir dizel otobüsü tamamen elektrikli bir araca dönüştürerek %63 oranında yakıt tasarrufu sağlamış olup, yıl içinde 50 otobüsü daha dönüştürmeyi planlamaktadır. Ayrıca şehir, 420 yolcu kapasiteli ve otonom sürüş desteği ile panoramik kamera sistemleri gibi özelliklere sahip 40 metre uzunluğundaki elektrikli metrobüsleri de hizmete sunmaktadır. Bu girişimler, İstanbul'un sürdürülebilir hareketliliğe olan bağlılığını ve ulaşım altyapısının temiz enerji teknolojileri aracılığıyla modernizasyonunu ortaya koymaktadır^[37].

İstanbul, bu özel önlemlere odaklanarak, Türkiye'nin yenilenebilir enerji dönüşümünde lider olarak rolünü daha da sağlamlaştırabilir ve şehrin benzersiz enerji zorluklarını ele alırken ulusal iklim hedeflerine katkıda bulunabilir.

3.2. Yenilenebilir Enerji Sistemlerine Genel Bakış

Yenilenebilir Enerji Sistemleri (YES), yakıt, ısı ve enerji üretmek için jeotermal ısı, rüzgar, su, biyokütle ve güneş gibi doğal kaynakları kullanan enerji üretim sistemleridir. YES, geleneksel fosil yakıt bazlı enerji kaynaklarının aksine sera gazı emisyonlarını ve sınırlı kaynakların tükenmesini azalttığı için sürdürülebilir ve çevre dostu enerji kaynakları olarak kabul edilmektedir. İklim değişikliği ve enerji güvenliği ile ilgili endişeler arttıkça, YES'in benimsenmesi sürdürülebilir bir enerji geleceği için giderek daha fazla gerekli görülmektedir.

Ana Enerji sistemlerinden bazıları:

- Güneş enerjisi sistemleri, güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürmek için fotovoltaik (PV) hücreler kullanır. Güneş enerjisi, erişilebilirliği ve sürdürülebilirliği nedeniyle dünya çapında en yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Güneş panelleri çatılara, büyük güneş enerji santrallerine monte edilebilir veya yapı malzemelerine entegre edilebilir. Güneş ışığının yüksek olduğu bölgelerde oldukça etkilidirler, bu da onları Türkiye gibi ülkeler için ideal hale getirir.

İstanbul'da güneş enerjisi kullanımı istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Elektrik maliyetlerini ve karbon ayak izini azaltmak amacıyla, güneş panellerinin konut binalarına, ticari yapılara ve kamu binalarına entegre edilmesine yönelik çeşitli girişimler başlatılmıştır. Şehrin bol güneş ışığına sahip iklimi, güneş enerjisinin benimsenmesi için elverişli bir ortam sunmaktadır. Ayrıca, ev sahiplerini güneş enerjisi sistemleri kurmaya teşvik eden devlet teşvikleri ve sübvansiyonları (KOSGEB) ile desteklenen programlar da bulunmaktadır^[38].

- Rüzgar enerjisi sistemleri, rüzgar türbinlerini kullanarak rüzgarın kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. Rüzgar enerjisi, özellikle rüzgarın sürekli estiği bölgelerde, dünya çapında en umut verici yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Özellikle rüzgar hızlarının daha yüksek olduğu kıyı ve açık alanlarda etkilidir. Rüzgar türbinleri karada veya açık denizde kurulabilmekte olup, açık deniz rüzgar enerji santralleri daha yüksek enerji verimliliği nedeniyle, giderek daha fazla tercih edilmektedir. Türkiye, özellikle Ege ve Marmara bölgeleri gibi kıyı bölgelerinde, önemli bir rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir.

İstanbul’da, kentsel yoğunluk ve düşük rüzgar hızları nedeniyle rüzgar enerjisi o kadar baskın değildir, ancak Marmara Denizi gibi yakın kıyı bölgelerinde devam eden projeler vardır. Bu projeler, Türkiye’nin hızla genişleyen genel rüzgar enerjisi kapasitesine katkıda bulunmaktadır. İstanbul büyümeye devam ettikçe, çevredeki rüzgar enerjisi tesisleri şehrin yenilenebilir enerji karışımını daha da artırabilir.

- Jeotermal enerji sistemleri, elektrik üretmek veya doğrudan ısıtma sağlamak için Dünya yüzeyinin altındaki ısıyı kullanır. Bu enerji biçimi, volkanik alanlar gibi önemli jeotermal aktiviteye sahip bölgelerde özellikle değerlidir. Türkiye, özellikle batı bölgelerinde jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyanın önde gelen ülkelerinden biridir.

İstanbul önemli bir jeotermal enerji santraline sahip olmasa da, şehir daha geniş bir ulusal jeotermal enerji üretim ağından yararlanmaktadır. Türkiye’de jeotermal enerji sektörü genişlemektedir. Bu sistemler, binaları ısıtmak için temiz ve verimli bir yol sunarak ısıtma için fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltır.

- Biyokütle enerjisi, yakılabilen veya biyoyakıt olarak işlenebilen bitki ve hayvan atıkları gibi organik malzemelerden elde edilir. Biyokütle, özellikle ısıtma ve elektrik üretimi için çok yönlü ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olabilir. Organik atıkların bol olduğu tarım veya ormancılık açısından zengin bölgelerde kullanıldığında etkinliği en yüksek seviyeye ulaşır.

İstanbul’da, özellikle atıktan enerji projelerinde biyokütle enerjisi giderek daha fazla araştırılmaktadır. Şehrin büyük nüfusu ve atık üretimi, biyokütle tesislerinin organik atıkları enerjiye dönüştürmesi için fırsatlar sunmaktadır. İstanbul ayrıca, biyokütlenin ısıtma ve elektrik üretimi için kullanımını teşvik eden ve şehrin sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunan atık yönetimi politikaları uygulamaktadır (İSTAÇ ve İBB Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı)^{[39], [40]}. İBB’nin Enerji Üretim Tesisleri, karbon nötr atık yönetimi hedeflerini desteklemek ve dışa bağımlı enerji kullanımını azaltmak amacıyla yapılan yeni yenilenebilir enerji yatırımları sayesinde, 2,5 milyon kişinin yıllık elektrik ihtiyacına eşdeğer elektrik üretmekte ve atmosfere 4,5 milyon ton CO₂ eşdeğeri emisyonun salımını önlemektedir.

- Hidroelektrik, tipik olarak nehirler veya diğer su kütleleri üzerinde barajlar inşa ederek suyun hareketi yoluyla elektrik üretimini içerir. Bu, yenilenebilir

enerjinin en eski ve en yaygın kullanılan biçimlerinden biridir. Büyük ölçekli hidroelektrik santralleri önemli miktarda elektrik üretebilir ve özellikle su kaynakları bol ve yükseklik farkları olan bölgelerde oldukça etkilidir. Türkiye önemli bir hidroelektrik potansiyeline sahiptir ve ülke genelinde bulunan birkaç büyük baraj, ulusal elektrik talebinin büyük bir kısmını karşılamaktadır.

İstanbul hidroelektrik için önemli bir merkez olmasa da, şehrin yakınındaki nehirler üzerinde yerel enerji şebekesine katkıda bulunan daha küçük ölçekli projeler bulunmaktadır. Hidroelektrik, güvenilir ve tutarlı bir güç kaynağı sağlayarak Türkiye'nin yenilenebilir enerji stratejisinin önemli bir parçası olmaya devam etmektedir.

Türkiye'de güneş, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle enerji sistemlerinin tümü fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmak, iklim değişikliği ile mücadele etmek ve enerji güvenliğini teşvik etmek için kullanılmaktadır. İstanbul'da yenilenebilir enerji sistemlerinin benimsenmesi hala büyürken, şehir güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal ısıtma ve biyokütle enerjisine yapılan önemli yatırımlarla Türkiye'nin daha geniş yenilenebilir enerji politikalarından yararlanmaktadır. İstanbul genişlemeye ve modernleşmeye devam ettikçe, YES'in entegrasyonu daha temiz, daha yeşil ve daha enerji verimli bir geleceğin şekillenmesinde önemli bir rol oynayacaktır.

3.3. Yenilenebilir Enerji Sistemlerinin Zorlukları

Yenilenebilir Enerji Sistemleri (YES), çevresel tahribatın azaltılması ve enerji güvenliğinin artırılması gibi birçok fayda sağlamaktadır. Bununla birlikte, özellikle Türkiye ve Avrupa gibi bölgelerde önemli zorluklarla da karşılaşmaktadır. Temel zorluklardan biri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kesintili doğasıdır. Güneş ve rüzgâr enerjisi, hava koşullarına bağlı olduğundan enerji üretimi değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin, bulutlu veya rüzgârsız günlerde güneş panelleri ve rüzgâr türbinleri çok az enerji üretebilmekte veya hiç üretim yapamamaktadır. Yenilenebilir enerji üretimindeki bu kesiklilik, özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının yüksek oranda entegre olduğu elektrik şebekelerinde, şebeke kararlılığı ve enerji arzının sürekliliği açısından sorun teşkil etmektedir. Bu sorunu çözmek için bataryalar ve pompaj depolamalı hidroelektrik sistemler gibi enerji depolama çözümleri araştırılmaktadır. Ancak, her iki seçenek de halen yüksek maliyetlidir ve daha fazla geliştirilmesi gerekmektedir.

Özellikle Türkiye’de, bir diğer önemli zorluk, yenilenebilir enerjiyi şebekeye tam olarak entegre etmek için altyapı eksikliğidir. Artan yenilenebilir enerji oranının üstesinden gelmek için, ülkenin iletim ve dağıtım ağlarında önemli değişiklikler yapılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerjinin ülke çapında etkili ve güvenilir dağıtımını garanti etmek için gelişmiş şebeke yönetimi teknolojileri de gereklidir.

Ayrıca, yenilenebilir enerji projeleri, özellikle rüzgar ve güneş enerjisi projeleri için ilk finansal yatırımlar çok yüksek olabilir. İşletme maliyetleri genellikle minimum düzeyde olsa da, ilk harcamalar, özellikle küçük işletmeler veya yerel geliştiriciler için giriş engeli oluşturabilir. Türkiye’de, bu engellerin aşılmasına yardımcı olmak için devlet teşvikleri ve finansman programları uygulanmaktadır, ancak daha küçük ölçekli ve merkezi olmayan yenilenebilir enerji girişimlerini teşvik etmek için ek çabalar gerekmektedir.

Türkiye ve Avrupa için bir diğer sorun, büyük ölçekli yenilenebilir enerji projelerinin çevresel etkisidir. Örneğin, rüzgar enerji santrallerinin ve güneş panellerinin kurulumu habitatlara zarar verebilir, fotovoltaik paneller ve rüzgar türbinleri gibi yenilenebilir enerji ekipmanlarının üretimi, genellikle hassas alanlardan çıkartılan hammaddelerin kullanılmasını gerektirir. Bu sonuçları azaltmak için sürdürülebilir kalkınma yöntemleri ve teknolojileri vurgulanmaktadır, ancak çevrenin korunmasını temiz enerji talebi ile dengelemek zor bir görev olmaya devam etmektedir.

Türkiye’de biyogaz ve biyokütle enerji tesisleri, özellikle su ve hava kirliliği konusunda önemli çevresel sorunlar yaratmaktadır. Anaerobik çürütme sırasında ortaya çıkan sıvı yan ürün (çürütme ürünü), yüksek düzeyde besin maddeleri, ağır metaller ve patojenler içerebilir ve uygun şekilde arıtılmadığında yeraltı sularına ve yakındaki su kaynaklarına risk oluşturabilir. Ek olarak, biyokütle yanması Partikül Madde (PM), Azot Oksitler (NOx) ve Karbon Dioksit (CO₂) gibi hava kirleticileri yayarak hem hava kalitesinin bozulmasına hem de sera gazı birikimine katkıda bulunur. Bu çevresel riskler, ekosistemlerin ve halk sağlığının oldukça savunmasız olduğu tarım bölgelerinde özellikle önemlidir.

Bu sorunları çözmek için tesisler, çürümüş atıkların güvenli bir şekilde yönetilmesini sağlamak ve toprak ve su sistemlerine sızmasını önlemek için gelişmiş atık su arıtma teknolojilerini uygulamalıdır. Kumaş filtreler, gaz yıkayıcılar

ve gerçek zamanlı emisyon izleme gibi etkili hava kirliliği kontrol önlemleri de atmosferik emisyonları sınırlamak için gereklidir. Kamu raporlaması ve aktif yerel paydaş katılımı yoluyla daha fazla şeffaflıkla birlikte ulusal çevre düzenlemelerinin geliştirilmesi, Türkiye’de biyogaz ve biyokütle enerjisinin sürdürülebilir ve sosyal olarak sorumlu büyümesini teşvik etmek için çok önemli olacaktır.

Ek olarak, jeotermal enerji bazı çevresel ve sosyal sorunlara da neden olabilir. Jeotermal enerji santralleri genellikle tarımsal faaliyetin yoğun olduğu bölgelerde bulunmaktadır. Bu santrallerin saldıgı kimyasal atıklar, toprak kalitesini ve yeraltı suyunu olumsuz yönde etkileyerek tarımsal verimliliğin azalmasına ve bazı durumlarda mahsullerin zarar görmesine neden olabilir. Ayrıca, koku sorunları, gürültü kirliliği ve zemin çökmesi, yerel topluluklar tarafından sıklıkla bildirilen diğer çevresel etkilerdir. Jeotermal kaynakların sürdürülebilir ve çevre ile uyumlu bir şekilde kullanılmasını sağlamak için daha etkili izleme sistemlerine, kapsamlı çevresel etki değerlendirmelerine ve şeffaf kamu bilgilendirme süreçlerine ihtiyaç vardır.

Toplumda fikir birliği sağlanması konusunda önemli sosyo-politik engellerle karşılaşılması muhtemeldir. Yenilenebilir enerji için yaygın bir destek olsa da, bazı topluluklar rüzgar enerji santrallerinin görsel etkisi veya büyük ölçekli güneş enerjisi kurulumlarının yerel ekosistemler üzerindeki olası etkileri konusunda endişe duymaktadır. Planlama sürecinde katılımcılık ilkelerine uyumlu bir şekilde hareket etmek, yenilenebilir enerji projelerini halkın benimsemesini kolaylaştırmaya yardımcı olabilmektedir.

Sonuç olarak, Türkiye ve Avrupa, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın olarak benimsenmesinin önünde önemli engellerle karşı karşıya kalırken, bu engeller aşılamaz değildir. Sürekli teknik yenilikler, düzenleyici destek ve altyapı yatırımları ile yenilenebilir enerji kaynakları, daha sürdürülebilir ve dayanıklı bir enerji geleceğine geçişte hayati bir rol oynayabilir.

3.4. Enerji Verimliliği, Enerji Tüketiminin İzlenmesi ve Davranış Değişikliği Çalışmaları

Enerji verimliliği, sürdürülebilir bina tasarımının ve işletmesinin temel bir yönüdür ve hem çevresel korumaya hem de ekonomik tasarruflara katkıda bulunur. Gelişmiş izleme teknolojilerinin ve davranışsal müdahalelerin entegrasyonu, binalarda enerji kullanımını optimize etmek için kilit bir strateji

olarak ortaya çıkmıştır. Bu proje, bina sakinleri arasında daha verimli enerji uygulamalarını teşvik etmek için gerçek zamanlı enerji tüketimi izleme ile yapay zeka destekli davranışsal içgörülerini birleştiren yenilikçi bir yaklaşım getirmiştir.

Gelişmiş sensör ağlarından ve yapay zeka algoritmalarından yararlanarak, sistem enerji kullanım modellerinin ayrıntılı olarak izlenmesini sağlar ve enerji tüketimini optimize etmek için kişiselleştirilmiş öneriler sunar. Bu ikili yaklaşım sadece enerji verimliliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda bina sakinlerinin katılımını da teşvik eder ve bu da onu çeşitli bina türlerinde uzun vadeli enerji tasarrufu elde etmek için önemli bir araç haline getirir.

3.4.1. Küresel İçerik: Enerji Verimliliği, İzleme Teknolojileri ve Davranış Değişikliği

Son yıllarda, akıllı bina teknolojileri; karbondan arındırma, enerji dayanıklılığı ve sürdürülebilir kentsel dönüşüme yönelik küresel çabalarda çok önemli hale gelmiştir. Binalar, küresel nihai enerji kullanımının ve emisyonlarının yaklaşık %30-40'ından sorumludur^[41]. Bu da onları enerji verimliliği müdahaleleri için kilit bir hedef haline getirmektedir. Bunu ele almak için, dünya çapındaki şehirler, gerçek zamanlı sensör ağları, kablosuz iletişim teknolojileri (örneğin, LoRaWAN, NB - IoT) ve Bina Otomasyon Sistemleri (BAS) dahil olmak üzere dijital altyapıya giderek daha fazla yatırım yapmaktadır. Bu altyapılar, çevresel ve operasyonel parametrelerin (sıcaklık, HVAC çalışma süresi, hava kalitesi, doluluk) ayrıntılı olarak izlenmesini sağlar ve hem sistem hem de kullanıcı düzeyinde verilere dayalı müdahaleleri destekler. Buna paralel olarak, fiziksel iyileştirmelere tamamlayıcı bir strateji niteliğinde davranış değişikliğinin önemi giderek daha fazla kabul görmektedir. European Renovation Wave (Avrupa Yenilenme Dalgası), EN 15232^[42] (bina otomasyonunun enerji performansına etkisi) ve Uluslararası Performans Ölçüm ve Doğrulama Protokolü (IPMVP) ^[43] gibi çerçeveler; yapay zeka destekli yönlendirme mekanizmaları (nudging), kullanıcı katılım platformları ve geri bildirim döngülerinin, önemli sermaye yatırımları gerektirmeden genellikle %10–20 oranında ek enerji tasarrufu sağlama potansiyeline sahip olduğunu vurgulamaktadır.

Bayrampaşa pilot bölgesi, gerçek kentsel koşullar altında uygulanan teknolojik altyapı ve yapay zekâ temelli davranışsal müdahalelerin etkinliğinin değerlendirilmesi için önemli bir örnek teşkil etmektedir. İstanbul'un yoğun

nüfuslu ve sosyoekonomik açıdan heterojen yapıya sahip bölgelerinden biri olan Bayrampaşa, eski altyapısı nedeniyle enerji verimsizliğinin belirgin bir sorun oluşturduğu, Türkiye'nin yüzyıl ortası konut ve ticari bina stokunun temsil edici bir örneğini sunmaktadır.

Akıllı termostatik vanalar, HVAC^[44] (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme) kontrolörleri, IAQ (İç Mekan Hava Kalitesi) sensörleri ve birden fazla bina tipindeki enerji sayaçlarından toplanan gerçek zamanlı veriler, bu bölgeye özgü enerji kullanım modellerinin ayrıntılı bir analizine olanak sağlamıştır.

Bayrampaşa sitesinden birkaç önemli bilgi elde edilmiştir:

- **Boş Saatlerde Yüksek HVAC Kullanımı:** Analiz, alanların kullanılmadığı dönemlerde HVAC sistemlerinde önemli enerji tüketimini ortaya çıkarmış ve büyük bir davranışsal verimsizliği vurgulamıştır.

- **Sıcaklık Ayar Noktası Paternleri:** Birçok kullanıcının, dış hava koşullarından bağımsız olarak, sürekli yüksek iç mekân sıcaklıklarını koruma eğilimi sergilediği gözlemlenmiş olup, bu durum farkındalık temelli müdahalelere olan ihtiyacı işaret etmektedir.

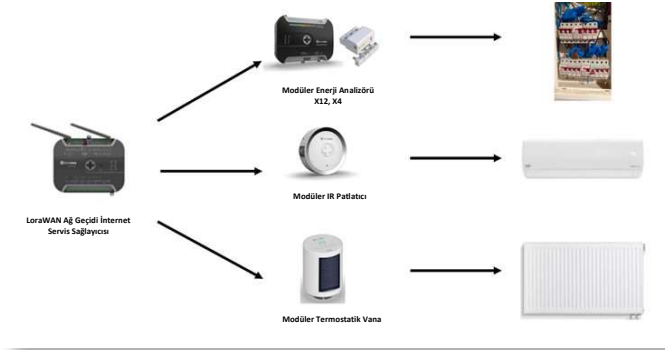
- **Enerji Tasarruf Potansiyeli:** GreenIST platformu üzerinden sunulan yapay zeka destekli öneriler, özellikle gerçek zamanlı uyarılar ve haftalık özetlerle etkileşime giren kullanıcılar arasında ölçülebilir davranış değişikliklerine yol açtı. Bayrampaşa'daki enerji tasarrufu oranları, bina tipine ve kullanıcı etkileşim düzeyine bağlı olarak %12 ile %20 arasında değişiklik gösterdi.

- **Kullanıcı Uyum Sağlama İsteği:** Bayrampaşa'daki etkileşim oranı, test alanları arasında en yüksek seviyelerden birindeydi. Bu da, kişiselleştirilmiş öneriler ve sezgisel geri bildirim mekanizmaları sağlandığında, davranış değişikliği girişimlerinin ölçeklenmesi açısından güçlü bir potansiyele işaret etmektedir.

Genel olarak, Bayrampaşa'dan elde edilen bulgular, gelişmiş sensör altyapısını yerelleştirilmiş, davranış odaklı rehberlik ile birleştirmenin kritik rolünün altını çizmektedir. Bu entegre yaklaşım sadece teknik optimizasyonu sağlamakla kalmaz, aynı zamanda bina sakinlerinin enerji kullanımlarını sahiplenmelerini sağlar ve böylece daha geniş kentsel sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunur.

Proje kapsamında binalar arasında gerçek zamanlı veri toplamayı sağlayan kapsamlı bir sensör ağı uygulanmıştır. Bu altyapı, enerji kullanımının ölçeklenebilir

ve verimli bir şekilde izlenmesine olanak tanıyan LoRa (Uzun Menzilli) düşük güçlü kablosuz teknoloji üzerine kurulmuştur. Sensör ekosistemi, bilinçli davranışsal müdahalelerin temelini oluşturan sıcaklık, nem ve HVAC kullanımı gibi çeşitli enerji tüketim parametreleri hakkında değerli bilgiler sağlar.



Şekil 17. Proje sensörleri bağlantı şeması

Sistemin merkezinde, sahadaki tüm cihazları internete bağlayan LoRaWAN Ağ Geçidi bulunmaktadır. Bu ağ geçidi, proje bölgesi içinde güvenilir, uzun menzilli iletişim için LoRaWAN teknolojisini kullanır ve toplanan verileri depolama ve analiz için bulut tabanlı platformlara göndermek için yerleşik bir LTE/4G SIM kart ile donatılmıştır.

Enerji tüketimi verileri, bireysel dairelerin elektrik kesici kutularına monte edilen Modüler Enerji Analizörleri ile toplanır. Birincil işlevleri, her dairenin elektrik tüketiminin doğru ve sürekli olarak izlenmesini sağlamaktır. Tüketim verilerini gerçek zamanlı olarak kaydeden analizörler, hane halkının enerji davranışını yansıtan ayrıntılı günlük raporlar oluşturur. Zamanla, bu veriler enerji tasarrufu stratejilerinin etkinliğini değerlendirmek için kullanılabilecek kullanım kalıplarını ortaya koymaktadır. Kullanıcılar ve bina yöneticileri, en yüksek kullanım sürelerini, verimsizlik alanlarını ve enerji ve maliyet tasarrufuna yol açan davranışsal ayarlamalar için fırsatları belirlemeye yardımcı olduğu için bu ayrıntılı içgörülerden yararlanır.

Bunu tamamlayan Modüler IR Blaster, her dairede bölünmüş tip klima sistemlerine bağlanan kompakt, akıllı bir cihazdır. Kullanıcıların klima ünitelerini uzaktan kontrol etmelerini sağlar ve ayrıca ortam oda sıcaklığını izleyen sensörlerle donatılmıştır. Bu ikili işlev, soğutmanın yalnızca gerektiğinde ve verimli koşullar

altında uygulanmasını sağlayarak genel enerji optimizasyon stratejisine katkıda bulunurken gelişmiş iklim kontrolünü destekler.

Aynı zamanda, her konut birimindeki radyatörlere Akıllı Termostatik Vanalar kurulmuştur. Bu vanalar, mevcut oda sıcaklığına ve kullanıcının belirlediği sıcaklık tercihinin göre sıcak suyun radyatöre akışını otomatik olarak düzenler. Böylece, aşırı ısınma veya gereksiz çalışmadan kaynaklanan enerji israfı olmadan istenilen konfor seviyesi korunur.

Bu akıllı ısıtma kontrolü, özellikle soğuk mevsimlerde ısıtma ihtiyacının yüksek olduğu dönemlerde, enerji verimliliğini önemli ölçüde artırır.

IR Blaster ve Termostatik Vana birlikte çalışarak, yalnızca konforu artırmakla kalmayıp aynı zamanda daha akıllı enerji kullanımı yoluyla çevresel etkiyi azaltmaya katkı sağlayan duyarlı bir ısı yönetim sistemi oluşturur.

Cihaz	Fonksiyon	Toplanan Önemli Veriler
Akıllı Termostatik Vanalar	Radyatör ısıtması için bölge bazlı kontrol	Sıcaklık, vana konumu
HVAC Kontrolörleri	Merkezi optimizasyon için VRF/VRV ve split AC sistemleri ile entegrasyon	Sıcaklık, nem, çalışma süresi
Enerji Tüketimi Ölçerler	Cihaz/bölge düzeyinde enerji kullanımının gerçek zamanlı ölçümü	Güç, tüketim, reaktif yük
İç Mekan Hava Kalitesi (IAQ) Sensörleri	İç mekan hava kalitesinin izlenmesi ve havalandırmanın optimize edilmesi	Hava kalitesi metrikleri, nem, sıcaklık

Tablo 3. Cihaz işlevleri ve toplanan temel veriler

Bu sistem, enerji kullanımının detaylı ve dinamik bir şekilde anlaşılmasını sağlar; böylece verimsizliklerin tespiti ve iyileştirme fırsatlarının belirlenmesi mümkün olur. Toplanan veriler, enerji tüketimini azaltmayı ve genel bina performansını iyileştirmeyi hedefleyen yapay zeka destekli davranışsal müdahale sistemlerinin temelini oluşturur.

Pilot uygulamanın bir parçası olarak, davranışsal müdahale sistemi Bayrampaşa'daki toplam 75 konut dairesinde devreye alındı. Bu birimler, ilçe genelinde farklı kullanım alışkanlıklarını, ısıtma davranışlarını ve bina tipolojilerini temsil edecek şekilde seçildi. Sistem kurulumu kapsamında; akıllı termostatik vanalar, HVAC kontrol cihazları, iç hava kalitesi sensörleri ve enerji sayaçları kuruldu ve tüm bu ekipmanlar yapay zeka destekli GreenIST platformu

ile entegre edildi. Bu uygulama, davranış profillemesi için sağlam bir veri seti sağladı ve müdahalelerin etkinliğinin istatistiksel olarak anlamlı bir kullanıcı kitlesi üzerinde doğrulanmasına imkân tanıdı.



Şekil 18. Bayrampaşa’da akıllı termostatik vana kurulumu



Şekil 19. Bayrampaşa’daki IAQ sensörleri ve HVAC kontrolörleri



Şekil 20. Bayrampaşa’daki enerji tüketim sayaçları

3.4.2. Davranışsal Müdahaleler ve Yapay Zeka Odaklı Kullanıcı Rehberliği

Davranışsal müdahaleler, konut binalarında enerji verimliliğini artırmada kilit bir strateji olarak ortaya çıkmıştır. Akıllı sensörler ve otomasyon sistemleri gibi teknolojik çözümler enerji yönetiminin merkezinde yer alırken, insan davranışları bu sistemlerin etkinliğini belirlemede önemli bir faktör olmaya devam etmektedir. Enerji tasarrufunu en üst düzeye çıkarmak ve karbon ayak izlerini azaltmak için, bireylerin çevreleri ve enerji tüketen cihazlarla olan etkileşimlerini yönlendirmek çok önemlidir. Yapay zeka teknolojileri, gerçek zamanlı verilerden, makine öğreniminden ve tahmine dayalı analitikten yararlanarak, bina sakinlerinin daha fazla enerji bilincine sahip kararlar almasına yardımcı olan kişiselleştirilmiş yönlendirmeler ve öneriler sağlayabilir.

Bu bölüm, bina sakinlerine hedefli, gerçek zamanlı geri bildirim sağlamak için AI kullanımına odaklanarak, enerji verimliliğini artırmada davranışsal müdahalelerin rolünü araştırmaktadır. Bu müdahalelerin, ısıtma ve soğutma ayarlarını yapmak, gereksiz cihaz kullanımını azaltmak ve genel enerji tüketim modellerini optimize etmek gibi günlük davranışları değiştirme potansiyelini inceler. Bayrampaşa pilot çalışması; GreenIST gibi yapay zeka destekli platformların entegrasyonunun ve kişiselleştirilmiş yönlendirmelerin anlamlı davranış değişikliklerini teşvik edebileceğini ve önemli enerji tasarruflarına yol açabileceğini göstermektedir. Bu teknoloji ve davranışsal içgörü kombinasyonu sayesinde, bina sakinleri enerji kullanımlarını yönetmede, daha geniş sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunmada ve çevresel etkiyi azaltmada daha aktif bir rol alabilirler.

3.4.2.1. Enerji Verimliliğinde Davranışsal Müdahalelerin Rolü

Teknolojik güncellemeler ve bina otomasyon sistemleri modern enerji verimliliği stratejilerinin omurgasını oluştururken, artan sayıda araştırma ve politika, kullanıcı davranışının gerçek enerji sonuçlarını şekillendirmede kritik bir rol oynadığını kabul etmektedir. Çalışmalar, binalardaki enerji tasarrufunun %30'una kadarının, büyük sermaye yatırımı olmadan, yalnızca davranış değişikliği yoluyla elde edilebileceğini göstermektedir^{[45], [46]}.

3.4.2.2. GreenIST Uygulaması: Yapay Zeka Yoluyla Yerelleştirilmiş Davranışsal Müdahaleler

Bayrampaşa pilot alanında, bina sakinlerine gerçek zamanlı, kişiselleştirilmiş enerji rehberliği sağlamak için tasarlanmış yapay zeka destekli bir sanal asistan olan GreenIST App'in entegrasyonu yoluyla davranışsal müdahaleler uygulanmıştır.

GreenIST uygulaması, çok dilli bir mobil uygulama ve web arayüzü üzerinden çalışır ve fiziksel sensör altyapısının üzerinde davranışsal zeka katmanı olarak işlev görür.

Davranışsal Profil Oluşturma Yetenekleri

GreenIST uygulaması, aşağıdakileri analiz ederek bireysel daireler için dinamik enerji kullanım profilleri oluşturmuştur:

- Günlük sıcaklık ayar noktası eğilimleri (örneğin, kullanıcıların geceleri sıcaklığı düşürüp düşürmediği)
- Termostatlarda veya HVAC kontrol uygulamalarında manuel geçersiz kılma sıklığı
- Boş olmayan dönemlerde HVAC faaliyeti
- İç mekan iklim tercihleriyle ilişkili en yoğun kullanım saatleri ve kalıpları

Bu davranış kalıpları daha sonra tanınan verimsizlikler ve tasarruf fırsatları ile eşleştirildi.

Bayrampaşa'da Gerçek Zamanlı Yapay Zeka Yönlendirme Örnekleri

GreenIST uygulaması, bina kullanıcılarını enerji tasarrufu sağlayan davranışlara teşvik etmek amacıyla gerçek zamanlı yönlendirme (nudge) tekniklerini kullandı. Bu yönlendirmeler, binadaki LoRaWAN bağlantılı sensör ekosisteminden elde edilen gerçek zamanlı telemetri verilerine dayanıyordu ve her dairenin kendine özgü kullanım alışkanlıklarına ve bağlamsal koşullarına göre özelleştirildi.

Aşağıdaki tablo, Bayrampaşa pilot projesi kapsamında kullanıcılara sunulan temel gerçek zamanlı yapay zeka yönlendirme türlerinden bazılarını özetlemektedir. Bu yönlendirmeler, bina sakinlerine kişiselleştirilmiş ve bağlama özgü mesajlar ileterek enerji verimliliğini artırmayı hedeflemiştir. Her yönlendirme türü; farkındalık yaratmak, enerji israfını önlemek ve kullanıcı etkileşimini sürdürülebilir kılmak gibi farklı amaçlara hizmet etmektedir.

Tür	Örnek Mesaj	Hedef
Sıcaklık Önerisi	"Yatak odanızın sıcaklığını geceleri 1°C düşürmek yılda 350 kWh tasarruf sağlayabilir."	Farkındalığı artırın, düşük efor gerektiren eylemleri teşvik edin.
Anında Uyarı	"Oda boşken klima hala açık. Şimdi kapatır mısınız?"	Enerji israfını önleyin.
Aylık Özet	"Bu hafta %12 daha az enerji harcadınız-iyi çalışmaya devam edin!"	Olumlu pekiştirme, motivasyon.
Oyunlaştırma Rozeti	"Eko Modunda 5 günü tamamladınız. Bir Yeşil Şampiyon rozeti kazandın!"	Sürekli katılımı teşvik edin.

Tablo4. Bayrampaşa'daki kullanıcılara gerçek zamanlı yapay zekâ yönlendirmeleri

Bu yönlendirmeler, binanın LoRaWAN bağlantılı sensör ekosisteminden gelen gerçek zamanlı telemetri verilerine dayanarak tetiklendi ve her dairenin bağlamı ve kullanım modeli için yerelleştirildi.

Sahada Gözlemlenen Sonuçlar

Bayrampaşa pilotundan birkaç önemli sonuç bildirildi:

- Yüksek Etkileşim Oranı: Kullanıcıların %65'inden fazlası düzenli olarak GreenIST mesajlarıyla etkileşime girdi.
 - Belgelenmiş Enerji Tasarrufu: Haftada en az 3 yönlendirici teşvik ile etkileşime giren kullanıcılar, referans verisine göre %12-20 enerji azalması gösterdi.
 - Artırılmış Farkındalık: Kullanıcı anketleri, günlük eylemleri ile enerji maliyetleri arasındaki bağlantıya ilişkin farkındalıkta güçlü bir iyileşme olduğunu göstermiştir.
 - Davranış Değişiklikleri: Aktif kullanıcılar arasında sıcaklık ayar noktalarında ölçülebilir bir değişiklik (tipik olarak geceleri 1–1.5° C daha düşük) gözlenmiştir.
- Sonuç: Farkındalıktan Etkiye

Bayrampaşa deneyimi, yapay zeka destekli davranışsal müdahalelerin sensör tabanlı otomasyonu şu şekilde tamamlayabileceğini göstermektedir:

- Pasif kullanıcıları aktif enerji yöneticilerine dönüştürme
- Düşük maliyetli, ölçeklenebilir enerji tasarrufunun kilidini açma

- Kentsel hanelerde dijital okuryazarlık ve iklim vatandaşlığının temelini atma

Bu sonuçlar, akıllı teknoloji ile desteklendiğinde insan davranışının, özellikle eskimekte olan kentsel bina stoklarında sürdürülebilir dönüşüm için güçlü bir araç olabileceğine dair küresel bulguları güçlendirmektedir.

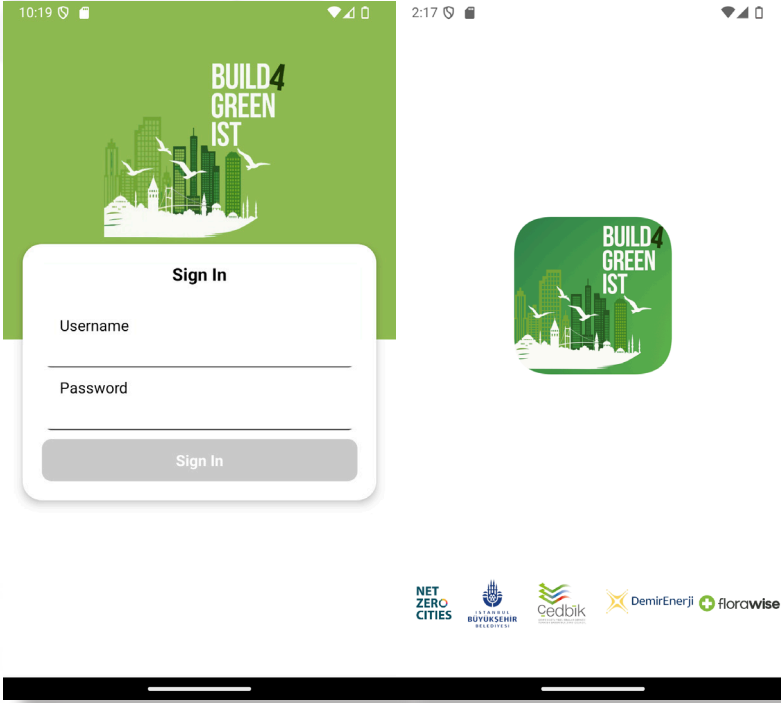
Temel kavramlar ve küresel uygulamalar aşağıda listelenmiştir:

- Davranışsal Enerji Verimliliği (BEE), insanların farkındalık, geri bildirim ve teşvik yapıları aracılığıyla enerjiyi nasıl kullandıklarını etkileyen stratejileri ifade eder.
- Gerçek zamanlı geri bildirim (mobil uygulamalar, akıllı ekranlar veya web panoları aracılığıyla), periyodik faturalardan veya genel tavsiyelerden daha etkilidir^[47].
- Yönlendirme (nudging), kullanıcıların tercih özgürlüğünü kısıtlamadan, onları enerji verimli eylemlere nazıkçe yönlendiren ince bir davranışsal müdahale biçimidir^[48].
- AB'nin Yenileme Dalgası, ABD Enerji Bakanlığı Better Plants Programı girişimi ve İngiltere'nin Davranışsal İlgörü Ekibi, dijital katılımı enerji talebinin azaltılmasının temel bir unsuru olarak vurgulamıştır.

Yapay zeka güdümlü rehberlik aşağıdakileri sağlar:

- Yapay zeka, büyük ölçekte davranış kalıplarının tanınmasını sağlayarak son derece kişiselleştirilmiş geri bildirim sunar.
- Yapay zeka sistemleri bireysel tercihleri öğrenebilir, enerji israfı rutinlerini tespit edebilir ve mesajlaşmayı gerçek zamanlı olarak optimize edebilir.
- Gelişmekte olan bina standartları^[49], bina sakinlerinin duyarlılığını ve davranışsal arayüzleri giderek daha fazla hesaba katmaktadır.

Teknolojik altyapıya ek olarak, proje, enerji verimliliğini artırmayı amaçlayan davranışsal müdahaleler sağlamak için yapay zeka destekli sanal asistan GreenIST uygulamasını entegre etti. GreenIST, kullanıcılara kişiselleştirilmiş geri bildirim ve rehberlik sunarak, gerçek zamanlı öneriler yoluyla enerji tüketimini optimize etmelerine yardımcı olur.



Şekil 21. GreenIST uygulama arayüzleri

3.4.3. Davranışsal Müdahalelerin Etki Değerlendirmesi

Davranışsal müdahalelerin etkisinin değerlendirilmesi, enerji tüketim kalıplarını ne kadar etkili bir şekilde etkilediklerini ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaştıklarını anlamak için çok önemlidir. Bayrampaşa konut binaları bağlamında, sakinler arasında enerji verimli davranışları teşvik etmek amacıyla davranışsal müdahaleler uygulanmıştır. Bu bölüm, enerji kullanımındaki değişiklikler, kullanıcı davranışlarındaki değişiklikler ve uzun vadeli enerji tasarrufunun sağlanmasındaki genel etkinlik dahil olmak üzere bu müdahalelerin sonuçlarını değerlendirmek için kullanılan metodolojileri araştırmaktadır. Toplanan verilerin dikkatli bir şekilde analiz edilmesi yoluyla, etki değerlendirmesi bu davranış stratejilerinin başarısı ve benzer kentsel ortamlarda ölçeklendirilme potansiyeli hakkında içgörüler sağlamayı amaçlamaktadır.

3.4.3.1. IPMVP Seçenek D Kullanarak Ölçüm ve Doğrulama Çerçevesi: Bayrampaşa Konutlarında Uygulama

Enerji tasarrufunun ölçülmesi ve doğrulanması (M&V), enerji verimliliği projelerinin başarısını değerlendirmede kritik bir bileşendir. Uluslararası Performans Ölçüm ve Doğrulama Protokolü (IPMVP), enerji tasarrufunun güvenilir bir şekilde ölçülmesini ve doğrulanmasını sağlayan standart bir çerçeve sunmaktadır. Bayrampaşa konut binaları için IPMVP Option D, çok kullanıcıli konut ortamlarına uygunluğu nedeniyle ölçme ve doğrulama (M&V) için yöntem olarak seçilmiştir. Bu seçenek, tasarrufların doğru bir şekilde ilişkilendirilmesini sağlayarak, bireysel daireler arasında enerji kullanımının kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. IPMVP Seçenek D'nin uygulanmasıyla Bayrampaşa projesinde enerji tasarrufunun doğru biçimde ölçülmesi ve doğrulanması sağlanmakta; böylece değerlendirme sürecinde şeffaflık ve güvenilirlik garanti altına alınmaktadır. Ayrıca, bu yaklaşım enerji performansının sürekli izlenmesini kolaylaştırır ve binalarda enerji verimliliği uygulamalarında devam eden iyileştirmeleri destekler.

3.4.3.2. IPMVP Seçenek D'ye Giriş – Kalibre Edilmiş Simülasyon

Uluslararası Performans Ölçüm ve Doğrulama Protokolü (IPMVP), enerji verimliliği müdahalelerinin etkinliğini değerlendirmek için küresel olarak tanınan metodolojiler sağlar. Hava durumu ve doluluk gibi değişkenlere göre ayarlanmış temel (güçlendirme öncesi) ve raporlama dönemi (güçlendirme sonrası) tüketimini karşılaştırarak enerji tasarruflarını ölçmek için standartlaştırılmış prosedürleri tanımlar.

Dört ana yöntemi arasında, Seçenek D: Kalibre Edilmiş Simülasyon, özellikle aşağıdaki durumların söz konusu olduğu projeler için uygundur:

- Güçlendirme öncesi enerji tüketimi verileri eksik, eksik veya güvenilmezdir.
- Karmaşık veya çeşitli binalarda bireysel sistemler veya bileşenler izlenmektedir.
- Senaryo modellemesi gerektiren büyük ölçekli iyileştirmeler veya davranışsal müdahaleler söz konusudur.
- Hava durumu, doluluk veya operasyonel programlar gibi değişkenleri farklı zaman dilimlerinde normalleştirmek için bir ihtiyaç vardır.

Seçenek D kapsamında, binanın ayrıntılı bir simülasyon modeli, genellikle izleme altyapısının kurulmasından sonraki dönemde, ancak tam optimizasyon veya müdahale öncesinde, gerçek ölçüm verileri kullanılarak geliştirilir ve kalibre edilir. Bu yaklaşım, müdahale gerçekleşmemiş olsaydı binanın mevcut koşullar altında ne kadar enerji tüketeceğini yansıtan normalleştirilmiş bir temel çizginin (düzeltilmiş temel çizgi) oluşturulmasına olanak sağlar.

Temel referanslar arasında Verimlilik Değerleme Örgütü (EVO) tarafından yayınlanan IPMVP Temel Kavramları 2016 ve enerji ve talep tasarruflarının ölçülmesine odaklanan ASHRAE Kılavuzu 14 -2014 yer almaktadır.

3.4.3.3. Bayrampaşa Konutlarında IPMVP D Seçeneğinin Uygulanması

İstanbul Bayrampaşa’da uygulanan akıllı enerji verimliliği projesi kapsamında, IPMVP Seçenek D, aşağıdakilerin bir kombinasyonu yoluyla elde edilen enerji tasarruflarını ölçmek için birincil metodoloji olarak seçilmiştir:

- **Yapay zeka destekli HVAC optimizasyonu:** Yapay Zeka (AI), gerçek zamanlı verileri analiz etmek ve ısıtma, havalandırma ve klima (HVAC) sistemlerinin çalışmasını optimize etmek için kullanılır ve bunları enerji kullanımını en aza indirirken bina sakinlerinin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde ayarlar.

- **Akıllı termostatik vana entegrasyonu:** Akıllı termostatik vanalar, bir bina içindeki farklı oda veya bölgelerdeki sıcaklığın hassas bir şekilde kontrol edilmesine izin vererek, ısıtma veya soğutmanın yalnızca nerede ve ne zaman ihtiyaç duyulursa uygulanmasını sağlayarak enerji verimliliğini artırır.

- **Radar sensörleri ile doluluk temelli kontrol:** Radar sensörleri, çeşitli odalarda veya alanlarda insanların varlığını tespit ederek, sistemin gerçek doluluğa göre ısıtma, soğutma ve aydınlatmayı ayarlamasına olanak tanır ve odalar boşken enerji israfını azaltır.

- **LoRaWAN özellikli sensör ağı:** LoRaWAN (Uzun Menzilli Geniş Alan Ağı) sensör ağı, bina genelinde çeşitli çevresel sensörleri birbirine bağlayarak sıcaklık, nem ve doluluk hakkında gerçek zamanlı veriler toplar ve daha sonra enerji kullanımını optimize etmek için kullanılabilir.

- **GreenIST asistanı aracılığıyla davranışsal yönlendirme:** Yapay zeka destekli sanal bir asistan olan GreenIST, kullanıcılara kişiselleştirilmiş geri bildirimler ve öneriler sunarak enerji verimli davranışlar benimsemelerini teşvik eder. Bu öneriler arasında gece saatlerinde termostatın düşürülmesi veya kullanılmayan cihazların kapatılması gibi basit ama etkili eylemler yer alır.

Bu ileri teknolojileri IPMVP Option D ile birleştirerek, proje sadece enerji tasarrufunu izlemekte ve doğrulamakla kalmamakta, aynı zamanda alınan önlemlerin uzun vadede hem etkili hem de sürdürülebilir olmasını sağlamaktadır. Bu kapsamlı yaklaşım, her bir müdahalenin genel enerji verimliliği iyileştirmelerine nasıl katkıda bulunduğunun daha doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlar.

Bu metodoloji adım adım aşağıdaki şekilde uygulanmıştır:

Adım 1: Temel Enerji Modunun Geliştirilmesi

Çekirdek simülasyon motoru olarak EnergyPlus kullanılarak her bir konut bloğu için bir bütün bina enerji modeli oluşturulmuştur. Dahil edilen model:

Mimari özellikler (duvar/çatı/pencere U - değerleri, sızma oranları)

Sistem düzeyinde HVAC verileri (radyatör kapasiteleri, kontrol programları)

Dahili yükler ve kullanım profilleri (ortalama doluluk verilerine göre)

İstanbul'un tarihi Tipik Meteorolojik Yıl (TMY) ve fiili 2024 verilerine özgü hava durumu dosyaları

Bazı birimler için ayrıntılı tarihsel tüketim verileri bulunmadığından, simülasyon modeli müdahale öncesi performansı tahmin etmek amacıyla kullanılmıştır.

Adım 2: Enerji Modelinin Kalibrasyonu

LoRaWAN sensörleri ve Modüler Max cihazları aracılığıyla toplanan ölçülen enerji tüketimi verileri kullanılarak, simülasyon modeli tanımlanmış bir izleme döneminde (Şubat - Nisan 2024) gözlemlenen gerçek enerji kullanımına uyacak şekilde kalibre edilmiştir.

Kalibrasyon Metrik	Eşiği (ASHRAE Guideline 14)	Bayrampaşa Modeli
NMBE (Normalleştirilmiş Ortalama Sapma Hatası)	±5%	2.8%
CV(RMSE) (RMSE Varyasyon Katsayısı)	<15% (aylık)	11.2%

Tablo 5. ASHRAE 14 Performans Hedeflerine Uygun Kalibrasyon

Termostat çizelgeleri, dahili kazanlar ve zarf performansı gibi girdilerin yinelemeli olarak ayarlanması yoluyla, model ölçülen değerlerle yakından hizalanana kadar ayarlanmıştır.

Adım 3: Hava Durumu Normalize Edilmiş Düzeltilmiş Referans Değeri Üretimi
Enerji tasarrufu sağlayan müdahalelerin etkisini izole etmek için, kalibre edilmiş model, raporlama dönemindeki (Mayıs - Eylül 2024) gerçek hava durumu verileri kullanılarak yeniden simüle edilmiştir. Bu, “düzeltilmiş bir referans verisi” yani herhangi bir müdahale olmasaydı aynı hava koşulları altında ne kadar enerji tüketileceğini üretmiştir.

Proje için hava durumu verileri iki temel kaynaktan alınmıştır:

- MGM Türkiye Meteorolojik Veriler^[50]: Bu veriler, Türkiye Devlet Meteoroloji Servisi (MGM) tarafından sağlanmaktadır ve Bayrampaşa bölgesi ile ilgili doğru, yerelleştirilmiş hava durumu bilgileri sunmaktadır. Yerel iklim koşullarını anlamak ve enerji tüketim stratejilerini optimize etmek için gerekli olan sıcaklık, nem ve diğer meteorolojik parametreleri içerir.

- NOAA/ASHRAE IWEK Veri Kümeleri: Enerji Hesaplamaları için Uluslararası Hava Durumu (IWEK) Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) ve Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (ASHRAE) tarafından sağlanan veri kümeleri, enerji modellemesi için standartlaştırılmış hava durumu verileri sunmaktadır. Bu veri kümeleri, enerji verimliliği iyileştirmelerini değerlendirmek için kıyaslama ve simülasyonlar için kullanılan tarihsel hava durumu bilgilerini içerir.

Proje, bu hava durumu veri kaynaklarını kullanarak, enerji optimizasyon stratejilerinin hem mevcut hem de geçmiş iklim koşullarına göre uyarlanmasını sağlayarak, enerji tasarruflarının daha doğru bir şekilde modellenmesine ve doğrulanmasına katkıda bulunur.

Adım 4: Müdahale Sonrası Ölçüm ve Karşılaştırma

Yapay zekâ destekli kontrol sisteminin devreye alınmasının ardından gerçek zamanlı tüketim verileri kaydedilmiş ve belirlenen referans verileri ile karşılaştırılmıştır. Müdahale sonrası veriler aşağıdakileri içermektedir:

- Odadan odaya termal talep
- HVAC valf modülasyonu (açılma yüzdeleri)
- Doluluk paternleri
- GreenIST asistanı ile kullanıcı etkileşimleri
- Düzeltilmiş refeans verisi ile ölçülen tüketim arasındaki fark, müdahaleye atfedilebilen net enerji tasarrufu olarak hesaplanmıştır.

Adım 5: Atıf Analizi – Davranışsal ve Sistem Tasarrufu

Davranışsal tasarruflar ve otomatik kontrol tasarrufları arasında ayırım yapmak için, aşağıdakiler kullanılarak bir kontrol grubu oluşturulmuştur:

- Akıllı vanaların takıldığı ancak davranışsal yönlendirmelerin gönderilmediği üniteler

- GreenIST uyarılarına ve ipuçlarına kullanıcı katılımı olan birimler

Davranışla ilgili azalmalar (örneğin, yönlendirmelerden sonra geceleri ayar noktalarını azaltan kullanıcılar), sistem mesajları ve tüketim düşüşleri arasındaki zaman serisi korelasyonu kullanılarak izole edilmiştir.

Adım 6: Örnek Sonuçlar ve Emisyon Etkisi

Bu adım, Bayrampaşa projesinde uygulanan enerji verimliliği yatırımlarının sonuçlarını sunarak enerji tüketimi ve emisyon azaltımı üzerindeki etkilerini vurgulamaktadır. Çeşitli ölçüm ve doğrulama yöntemleriyle toplanan veriler analiz edilerek, bu müdahalelerin enerji kullanımını azaltma ve karbon emisyonlarını azaltma üzerindeki etkisi açıkça ortaya konmuştur. Bulgular, uygulanan stratejilerin etkinliği hakkında değerli bilgiler sağlayarak, önemli çevresel faydalar elde etmek için bu çözümleri diğer kentsel ortamlarda ölçeklendirme potansiyelini ortaya koymaktadır. Tablo 6. Enerji Tasarrufu ve Emisyon Azaltma Metrikleri, enerji tasarrufu, ölçülen tüketim ve CO₂ emisyonlarındaki ilgili azalmalar dahil olmak üzere projenin temel sonuçlarını sunmaktadır. Veriler Tablo 6'da gösterilmektedir.

Metrik	Değer
24 apartman bloğunu modelleyen bina sayısı	24 apartman bloğu
Kalibre edilmiş simülasyon motoru	EnergyPlus + LoRaWAN verileri
Düzeltilmiş referans verisi (Mayıs - Eylül 2024)	2.850 kWh elektrik, 1200 kWh Doğal gaz
Fiili ölçülen tüketim (aynı dönem)	2.285 kWh, 960 kWh Doğal gaz
Net yıllık tasarruf	(~20.2%)
(Örnek veriler) ilişkili CO ₂ emisyon azaltımı	0.254 ton/yıl (0.4 kg/kWh bazında)

Tablo 6. Enerji tasarrufu ve emisyon azaltma ölçütleri

3.4.3.4. Çalışmanın Sonuçları

Bayrampaşa’da IPMVP Option D’nin uygulanması, mevcut veri altyapısının sınırlı olduğu karmaşık konut ortamlarında enerji verimliliği kazanımlarının nicelenmesine yönelik sağlam ve standartlaştırılmış bir yol sundu. Kalibre edilmiş simülasyon yöntemi, yüksek güven düzeyine sahip tasarruf tahminlerini mümkün kılarak politika düzeyinde kararları destekledi ve şu katkıları sağladı:

- İstanbul’daki diğer ilçeler için tekrarlanabilir bir çerçeve
- Yeşil finansman mekanizmaları için bir doğrulama metodolojisi (örneğin, karbon kredileri, ESCO sözleşmeleri)
- Mevcut konut stokundaki davranış odaklı emisyon azaltma potansiyeli için kanıtlar

Sistemin ilk pilot testleri hem enerji tasarrufu hem de kullanıcı katılımı açısından umut verici sonuçlar göstermiştir:

Enerji tasarrufu aşağıdaki gibidir:

- Yapay zeka odaklı önerilerle ilgilenen kullanıcılar, ortalama %10 ila %20 enerji tasarrufu sağlamıştır.
- Enerji tüketimindeki en önemli düşüşler, boş dönemlerde HVAC ayarlamalarında gözlenmiştir.

Kullanıcı etkileşimi aşağıdaki gibidir:

- Kullanıcıların yüksek bir yüzdesi, haftalık raporlara erişmek ve önerilere yanıt vermek gibi GreenIST özellikleriyle aktif olarak etkileşime girmiştir.
- Kullanıcı geri bildirimleri, sistemin enerji tüketiminin daha kolay yönetilmesini kolaylaştırdığını ve enerji kullanımı konusundaki genel farkındalığı artırdığını göstermiştir.

Bu sonuçlar, bina sakinleri arasında bir enerji verimliliği kültürünü teşvik ederken, enerji tasarrufu sağlamada sensör ve yapay zeka kombinasyonlu yaklaşımın etkinliğini doğrulamaktadır.

3.4.4. İklim Nötr İstanbul için Akıllı Enerji Yönetimi

İstanbul'un kentsel yapısına ölçekli şekilde uygulandığında, bu enerji yönetim sistemi şehir genelinde anlamlı düzeyde enerji tasarrufu potansiyeli sunmaktadır. İlk projeksiyonlara göre, yalnızca davranış temelli enerji verimliliği önlemleriyle yıllık yaklaşık 240 GWh enerji tasarrufu sağlanabileceği öngörülmektedir. Ayrıca, bu sistemin kamu binalarında yaygın olarak benimsenmesi, yıllık 13.000 tonun üzerinde karbon emisyonunun azaltılmasına katkı sağlayarak kentin iklim nötr hedeflerine anlamlı bir destek sunacaktır. Kent sakinlerinin enerji tasarrufu uygulamalarına daha fazla katılım göstermesi ise, daha sürdürülebilir bir kentsel çevreye geçişi daha da hızlandıracaktır.

Gerçek zamanlı enerji izleme teknolojileri ile yapay zeka destekli davranışsal değişim stratejilerinin eşgüdümlü şekilde uygulanması, bina işletmelerinde enerji performansının iyileştirilmesinde yüksek etkinlik göstermiştir. Projenin öne çıkan çıktıları şunlardır:

- Kişiselleştirilmiş kullanıcı etkileşimi yoluyla optimize edilmiş enerji kullanımı.
- Bağlamsal geri bildirim ve davranış değişikliği ile sağlanan uzun vadeli enerji tasarrufu.
- Enerji tasarrufu çabalarına artan toplum katılımı.

Yapılandırılmış kullanıcı katılımı ve sürekli geri bildirim döngüleri ile desteklenen GreenIST uygulamasının şehir çapında kullanıma sunulması, İstanbul'un daha enerji verimli ve sürdürülebilir bir geleceğe geçişini hızlandırabilir. Daha fazla araştırma ve pilot program, sistemi iyileştirecek, faydalarını farklı sektörlerde genişletecek ve sonuçta şehrin iklim nötr geçişini destekleyecektir.

3.4.5. Politika Rehberi: İstanbul Yapı Stokunda Akıllı Enerji Verimliliği Sistemlerinin Ölçeklendirilmesi

İçerik ve Gerekçe

İstanbul'un 1,6 milyondan fazla binadan oluşan kentsel dokusu, kentin iklim nötrlüğü hedefleriyle uyumlu enerji verimliliği önlemlerinin uygulanması için kritik bir fırsat temsil etmektedir. Binalar, yıllık yaklaşık 24 TWh'lik enerji tüketiminden sorumlu olup, yalnızca HVAC sistemleri bu kullanımın kabaca %45'ini oluşturmaktadır. Hızlı kentleşme, eski altyapı ve davranışsal verimsizlikler, büyük ölçekte enerji israfına ve karbon emisyonlarına katkıda bulunmaktadır.

Davranışsal ve yapay zeka destekli enerji verimliliği sistemleri, iç mekan konforunu artırırken enerji kullanımını ve emisyonları azaltmak için uygun maliyetli, ölçeklenebilir ve vatandaş merkezli bir yol sunar. Bununla birlikte, yapısal, finansal ve politikayla ilgili engeller nedeniyle yaygın olarak benimsenmesi sınırlı kalmaktadır.

Politika Hedefi

İstanbul'daki kamu ve özel sektör binalarında, gerçek zamanlı izleme ve davranışsal geri bildirim mekanizmalarını içeren akıllı enerji verimliliği sistemlerinin uygulanmasını ve ölçeklendirilmesini teşvik eden destekleyici bir çerçevenin oluşturulmasını sağlamak.

Stratejik Hedefler (2030 Hedefi)

25.000 kamu ve sosyal binanın, gerçek zamanlı enerji izleme ve yapay zeka tabanlı rehberlik sistemleriyle donatılması önerilmektedir. Bu sayede, yenilenen binalarda HVAC kaynaklı enerji tüketiminin en az %20 oranında azaltılması hedeflenebilir. Ayrıca, davranış bazlı enerji tasarrufları yoluyla yılda 500.000 tondan fazla CO₂ emisyonunun önlenmesi mümkün olabilir. Tüm ilçelerde vatandaşların enerji farkındalığı ve talep azaltımı konularında aktif katılım sağlaması teşvik edilmelidir.

Politika Önerileri

- **Düzenleyici ve Kurumsal Reformlar:** Yeni inşa edilen ve yenilenen, belirli bir enerji tüketim eşiğini aşan tüm kamu binalarında enerji izleme sistemlerinin uygulanması önerilmektedir. Mevcut belediye enerji ve iklim eylem planlarına davranışsal enerji verimliliği araçlarının entegre edilmesinin etkinliği artırılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, bina sensörlerinden gelen verileri merkezi bir platformda toplayacak ve şehir genelindeki müdahalelere rehberlik edecek bir Şehir Enerji Dijital Platformu kurulması tavsiye edilmektedir.

- **Mali Teşvikler ve Finansman Araçları:** Uluslararası iklim finans kurumlarıyla iş birliği içinde, belediyeler ve konut kooperatiflerini desteklemek amacıyla Yeşil Yenileme Fonu'nun oluşturulması önerilmektedir. Enerji tasarrufu izlemeleriyle doğrulanan ve %15'in üzerinde enerji tasarrufu sağlayan binalar için performans dayalı sübvansiyonlar veya vergi kredileri sunulması faydalı olabilir. Ayrıca, belediye satın alma süreçlerinde Enerji Hizmet Şirketleri (ESCO) ile sözleşme mekanizmalarının etkinleştirilmesi tavsiye edilmektedir.
- **Teknik Standartlar ve Açık Veri Altyapısı:** Tedarikçiden bağımsız ölçeklenebilirliği sağlamak için birlikte çalışabilir, açık protokol sistemlerin (örneğin BACnet, MQTT) teşvik edilmesi önerilmektedir. Bina verilerinin uyumlu hale getirilmesi amacıyla standartlaştırılmış etiketleme ve ontolojilerin (örneğin Project Haystack, Brick Schema) kullanılması teşvik edilebilir. Ayrıca, araştırma ve inovasyon amaçları için kamuya açık bir sensör ve enerji veri API'sinin geliştirilmesinin desteklenmesi faydalı olacaktır.
- **Kapasite Geliştirme ve Farkındalık:** Okullarda, belediye çalışma alanlarında ve konut kooperatiflerinde enerji davranış eğitim programlarının uygulanması önerilmektedir. Bina yöneticileri ve tesis operatörlerinin, veri odaklı HVAC kontrolü ve davranışsal teşvik stratejileri konusunda eğitilmesi faydalı olabilir. Ayrıca, yenilik ve katılımı ödüllendiren belediye etiketleme sistemi aracılığıyla "Enerji Akıllı Bölgeler" olarak tanınmanın teşvik edilmesi önerilmektedir.

3.5. İstanbul'da Kentsel Dönüşümün Potansiyel Etkileri

Bu bölüm, İstanbul'daki kentsel dönüşüm alanlarının potansiyel etkilerini incelemektedir. Kentsel dönüşüm süreçleri için öncelikli alanları belirlemeye, sürdürülebilir, kullanılabilir ve tekrarlanabilir çözümleri vurgulamaya odaklanmaktadır. İstanbul'un genel kentsel dönüşüm profili, alanları önceliklendirmek için kullanılan sekiz temel kritere vurgu yapılarak sunulacaktır. Bu kriterler arasında alan büyüklüğü, nüfus yoğunluğu ve bina sayısı gibi faktörler yer almaktadır. Ayrıca, İstanbul'daki tüm kentsel dönüşüm alanları bu kriterler temelinde kapsamlı bir şekilde analiz edilmiş ve bu faktörleri toplu olarak değerlendirmek için kapsamlı bir değerlendirme matrisi geliştirilmiştir. Son olarak, analizden yola çıkarak, yeşil/karbon nötr binaların ve bölgelerin geliştirilmesi için beş kentsel dönüşüm alanı öncelik olarak belirlenmiştir.

3.5.1. İstanbul'da Kentsel Dönüşüm Profiline Genel Bakış

İstanbul'da kentsel dönüşüm, dayanıklılığı artırmayı, altyapıyı modernize etmeyi ve sürdürülebilir kentsel büyümeyi sağlamayı amaçlayan şehrin kalkınma stratejisinin önemli bir unsurudur. Kent hızlı kentleşme, yaşlanan bina stoğu ve sismik riskler gibi zorluklarla karşı karşıya kaldığından, dönüşüm çabaları çevresel ve sosyo-ekonomik kaygıları ele alırken yaşam koşullarını iyileştirmek için tasarlanmıştır. Bu süreç, hem İstanbul'un aktif bir fay hattı üzerindeki konumu hem de kentsel yenileme ihtiyacının artması nedeniyle beklenen depremin büyüklüğü nedeniyle son yıllarda giderek daha önemli hale gelmiştir.

II. Dünya Savaşı'nın ardından hızlı sanayileşme ve ekonomik büyümenin yönlendirdiği kırsal nüfusun İstanbul'a göçü, konut ihtiyaçlarında önemli değişikliklere yol açtı. Yasadışı yerleşimler, daha sonra artan göç hareketi nedeniyle gayri resmi yerleşimlere dönüşen konut talebini ele almak için ortaya çıktı. 1. derece deprem bölgesinde yer alan İstanbul, önemli can kayıplarına neden olan ve binlerce binaya zarar veren yıkıcı 1999 Marmara ve Düzce depremlerinden etkilendi. Bu olay, özellikle İstanbul için 2000 sonrası kentsel planlama gündemini şekillendirmede kritik bir kilometre taşı oldu.

İstanbul'daki yoğun kentleşme ve büyük bir deprem riskinin bir sonucu olarak, özellikle son birkaç yılda yoğun bir kentsel dönüşüm süreci devam etmektedir. Yasal çerçevelerle desteklenen bu dönüşüm, İstanbul ve Türkiye'deki çeşitli ekonomik sektörlerin dinamizmini etkileyen merkezi bir faktör haline gelmiştir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) ve bağlı kuruluşlarla birlikte, şehir genelinde yüksek riskli alanlar belirlemiş ve bu da çok sayıda büyük ve küçük ölçekli kentsel dönüşüm bölgesinin belirlenmesine neden olmuştur.

Bu dönüşüm sürecindeki temel hedeflerden biri, 2022-2035 yılları arasında İstanbul'da yaklaşık 242.000 konut binasının yenilenmesinin planlanmasıdır. Bu hedef, 2021 yılındaki İİDEP-İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı^[51] da dahil olmak üzere, İstanbul'un resmi planlama belgelerinde özetlenen daha geniş bir stratejik girişimin parçasıdır. Dönüşüm planı, özellikle yüksek riskli alanlarda yapısal güvenlik açıklarının ele alınmasına ve aynı zamanda enerji verimliliğinin ve iklim direncinin iyileştirilmesine odaklanmaktadır. İİDEP, 2035 yılına kadar, özellikle yüksek riskli bölgelerde bulunan binalara odaklanarak yaklaşık 242.000 konut biriminin dönüştürülmesinin beklendiğini vurgulamaktadır. Bu dönüşüm hem deprem riskini azaltma hem de enerji verimliliği hedefleriyle uyumludur.

Ek olarak, İBB Kentsel Dönüşüm Stratejisi, yapısal olarak savunmasız binaların güçlendirilmesi, iklim adaptasyon önlemlerinin, enerji verimliliğinin ve doğal afetlere karşı dayanıklılığın entegre edilmesi için çok yıllık bir plan ortaya koymaktadır. Boğaziçi Üniversitesi – Kandilli Rasathanesi ile işbirliği içinde geliştirilen İBB Deprem Master Planı, İstanbul’un özellikle 1999’dan önce inşa edilen yapı stokunun kırılganlığını ve yüksek riskli bölgelerde acil güçlendirme ihtiyacını vurgulamaktadır.

242.000 birim hedefi öncelikle sismik ve yapısal dönüşüm ihtiyaçlarını ele alırken, İİDEP çerçevesindeki enerji verimliliği ve iklim hedefleriyle güçlü bir şekilde bağlantılıdır. Bu binaların düşük karbonlu, enerji verimli ve iklime dayanıklı kentsel gelişime katkıda bulunacak dönüşümlerden geçmesi beklenmektedir. Bu büyük ölçekli kentsel dönüşüm, düşük karbonlu teknolojilerin yaygın olarak benimsenmesi için önemli fırsatlar sunarak İstanbul’un sürdürülebilir kentsel büyümeye olan bağlılığını daha da artırmaktadır.

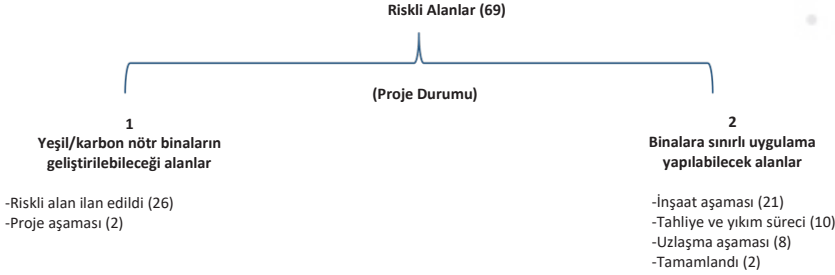
3.5.2. Kentsel Dönüşümün Analiz Kriterleri

Türkiye’de “Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun” (6306 sayılı), Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın yetkisi altında tehlikeli veya modası geçmiş yapılara sahip alanları “risk bölgeleri” olarak belirlemektedir. Bu yasa, bakanlığa kentsel dönüşüm süreçlerini yürütmek için belirli yetkiler vermektedir. Buna paralel olarak, İstanbul’da 69 alan “riskli alan” olarak belirlenmiştir^[52]. Bu alanların bazıları sadece riskli bölge olarak işaretlenmiş olup, kentsel dönüşüm süreci (yıkım, uzlaşma ve yeniden inşa gibi) henüz başlamamıştır. Diğerleri ise inşaat, tahliye, yıkım ve uzlaşma gibi farklı dönüşüm aşamalarında bulunmaktadır.

Durum	Değer	Oran (%)
Riskli bölge ilan edildi *	26	%37,7
İnşaat aşaması	21	% 30,4
Tahliye ve yıkım süreci	10	% 14,5
Uzlaşma aşaması	8	%11,6
Proje aşaması*	2	%2,9
Tamamlandı	2	%2,9
Toplam	69	%100

Tablo 7. İstanbul’daki riskli alanların mevcut durumları

Karbon nötr bina tasarımlarının geliştirilmesi, bu alanlarda kentsel dönüşüm sürecinin başlamamasını gerektirmektedir. Kentsel dönüşümün başladığı yerlerde, yalnızca sınırlı uygulamalar veya entegre sistemler uygulanabilir. Sonuç olarak, bu 69 alan iki kategoriye ayrılır: karbon nötr bina tasarımlarının tam olarak uygulanabileceği alanlar ve sadece sınırlı uygulamanın mümkün olduğu alanlar.



Şekil 22. İstanbul'daki riskli alanların mevcut durumlarının dağılımı

Yeşil/karbon nötr bina tasarımlarının geliştirilebileceği ve çoğaltılabileceği alanlara öncelik verilirken, belirlenen Alan 1'den seçim yapılması uygun görülmüştür. Bu doğrultuda, karbon nötr bina tasarımlarının uygulanabileceği ilgili 28 saha içindeki alanları belirlemek için önceliklendirme kriterleri oluşturulmuştur.

Bu kriterler aşağıdaki gibidir:

- Alan Boyutu
- Nüfus Yoğunluğu
- Mevcut Bina Sayısı
- Karma Kullanım Fonksiyonunun Varlığı
- Kamu Mülkiyeti
- Özel Mülkiyet
- Yenilenebilir Enerji Yatırımları ve Projeleri
- E-mobilite Alanlarına Yakınlık

Proje ortakları, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kentsel Dönüşüm Planlama Şube Müdürlüğü ile birlikte, kriterleri önceliklendirmek üzere Menti programı aracılığıyla ortak bir oturum gerçekleştirdi. Katılımcılardan bu kriterleri puanlamaları istendi.

Çalıştayın sonuçlarına göre, yeşil/karbon nötr bina tasarımlarının uygulanması ve çoğaltılması için uygun alanların belirlenmesinde en önemli seçim kriterleri sırasıyla şunlardır: Nüfus Yoğunluğu, Alan Büyüklüğü, Mevcut Bina Sayısı, Özel Mülkiyetin Varlığı, Kamu Mülkiyetinin Varlığı, Yenilenebilir Enerji Yatırımları ve Projeleri, Karma Kullanım Fonksiyonunun Varlığı ve E-mobilite Alanlarına Yakınlık.

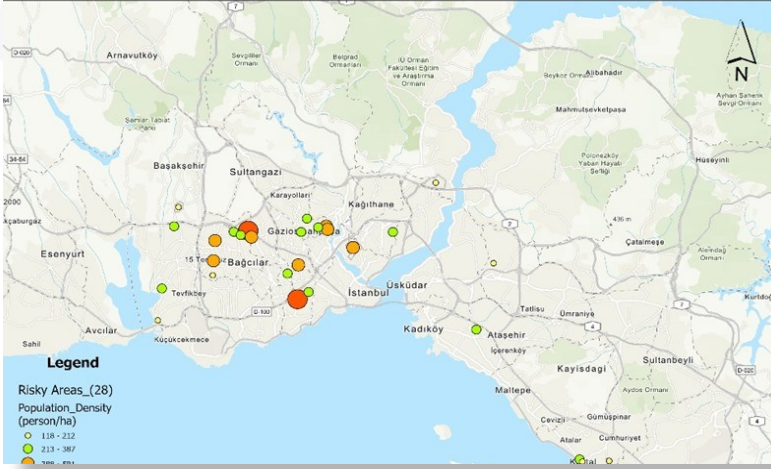
Önceliklendirme Kriterleri	Öncelikli Puan (1- 5)
Popülasyon Yoğunluğu	4,6
Alan Boyutu	4,3
Mevcut Bina Sayısı	3,6
Özel Mülkiyetin Varlığı	3,5
Kamu Mülkiyetinin Varlığı	3,3
Yenilenebilir Enerji Yatırımları ve Projeleri	3,1
Çok Amaçlı Kullanıma Sahip Olma	2,8
E-mobilite Alanlarına Yakınlık	2,6

Tablo 8. Çalıştay sonuçlarına dayalı önceliklendirme kriterlerinin puanları.

3.5.3. Kentsel Dönüşüm Alanlarının Analizi

Karbon nötr/yeşil bina tasarımlarının uygulanması için belirlenen 28 alan, tanımlanan kriterlere göre sistematik olarak incelenmiş ve haritalandırılmıştır. İki kıtaya yayılan geniş bir metropol olan İstanbul, riskli alanlarının çoğunu eski yerleşimlerin ve işçi konutlarının ağırlıklı olarak yoğunlaştığı Avrupa yakasında yer almaktadır.

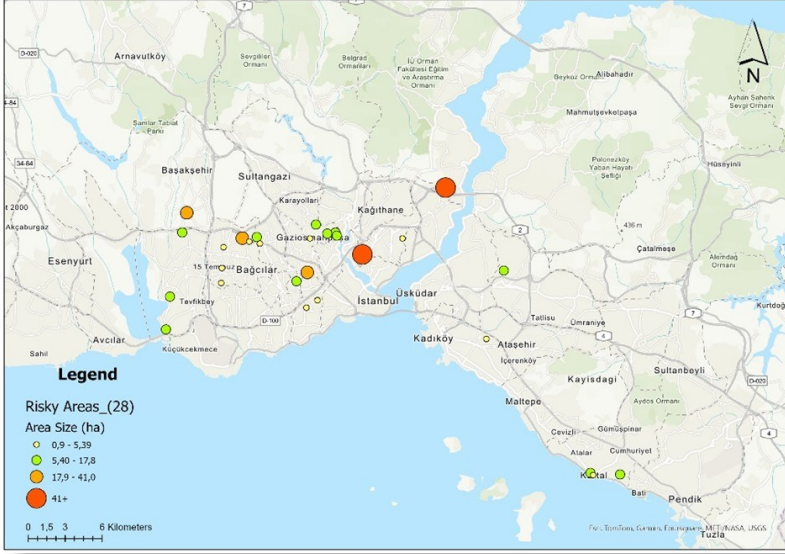
- **Nüfus Yoğunluğu:** Riskli alanlardaki nüfus yoğunlukları incelenmiştir. En düşük nüfus yoğunluğu 118 kişi/ha; en yüksek nüfus yoğunluğu 924 kişi/ha'dır. Yoğun nüfuslu alanlar, dönüşümün daha büyük bir etkisi olacağından, sera gazı emisyonlarını daha fazla azaltım potansiyeline sahiptir^[52].



Şekil 23. İstanbul'daki riskli alanların nüfus yoğunluğu haritası

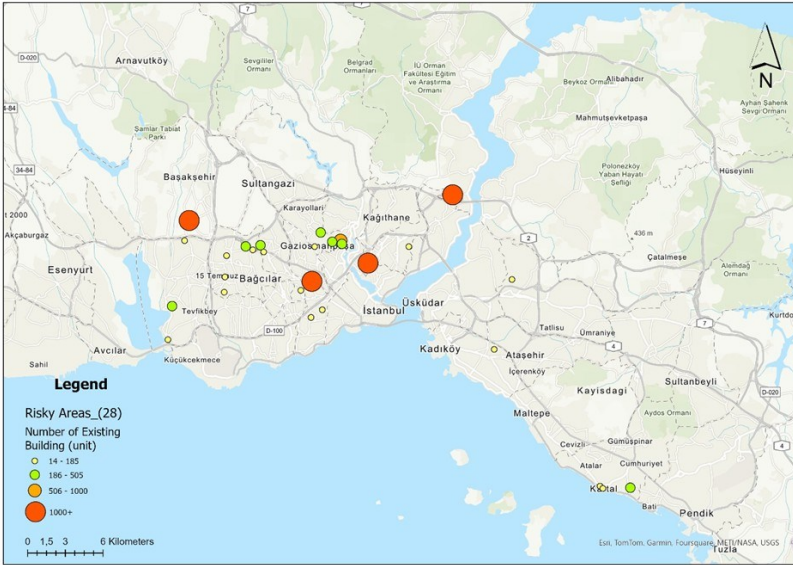
- **Alan Boyutu:** Riskli alanların boyutları 0,9 hektar ile 140 hektar arasında değişmektedir. Bu alanlar incelenmiş ve büyüklüklerine göre dört gruba ayrılmıştır. En büyük riskli alanlar, sırasıyla 123 hektar ve 140 hektarlık alanlarla Beyoğlu ve Sarıyer ilçelerinde (kırmızı ile vurgulanmıştır) bulunmaktadır^[52].

Dönüştürülecek alanın büyüklüğü, dönüşümün çevresel ve ekonomik sonuçları üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Daha büyük alanların, ölçek ekonomilerinden yararlanabilecekleri ve sera gazı emisyonlarında daha fazla azalmaya katkıda bulunabilecekleri için karbon nötr şehirlere geçişe katkıda bulunma potansiyelinin daha yüksek olduğu düşünülmektedir.



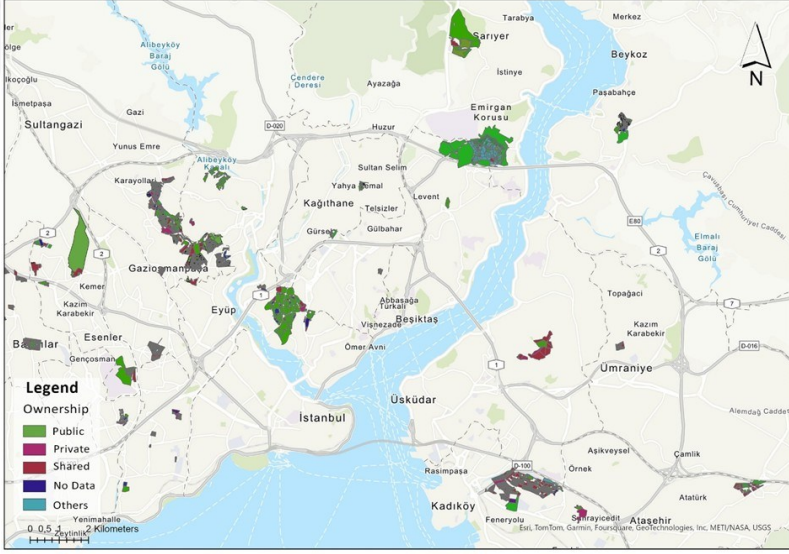
Şekil 24. İstanbul'daki riskli alanların alan büyüklüğü dağılım haritası

- **Mevcut Bina Sayısı:** Riskli alanlarda bulunan ve dönüşüm için planlanan bina sayısı, alanın büyüklüğüne göre değişir. İstanbul'da kentsel dönüşüm sürecine girmesi beklenen alanların 4'ünde 1000'den fazla bina olduğu görülmektedir. Bina yoğunluğu, alanın büyüklüğüne paralel olarak dönüşümün çevresel ve ekonomik etkilerini de önemli ölçüde etkileyebilir. Ölçek ekonomilerinden yararlanmanın yanı sıra, daha fazla binayı kapsayan projelerde toplu taşıma, bisiklet yolları ve yeşil alanlar gibi altyapı yatırımlarına daha fazla fon tahsis edilebilir^[52].



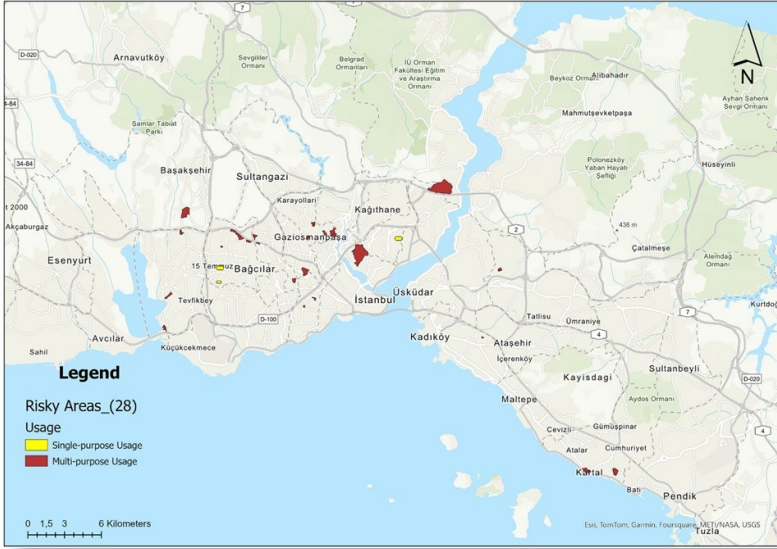
Şekil 25. İstanbul'daki mevcut bina sayısı ve riskli alanların haritası^[52]

- **Mülkiyet:** Kentsel dönüşüm alanları birçok parselin birleşmesi ile oluşmaktadır. Bu parseller çeşitli mülkiyet yapılarına sahip olabilir. İstanbul'daki kentsel dönüşüm alanları incelendiğinde, kamu, özel ve müşterek mülkiyetli gayrimenkullerin bulunduğu görülmektedir. Birden fazla müşterek mülkiyetli parselin bulunduğu alanlar, dönüşüm sürecini bazen olumlu, bazen olumsuz etkileyebilecek özelliklerdir. Kamu mülkiyetinin varlığı, izin almanın kolaylığı açısından dönüşüm sürecini hızlandıran faktörler arasında olabilir. Öte yandan, özel mülkiyetin varlığı da dönüşüm talebini artırarak süreci hızlandıran faktörler arasında yer alabilir.



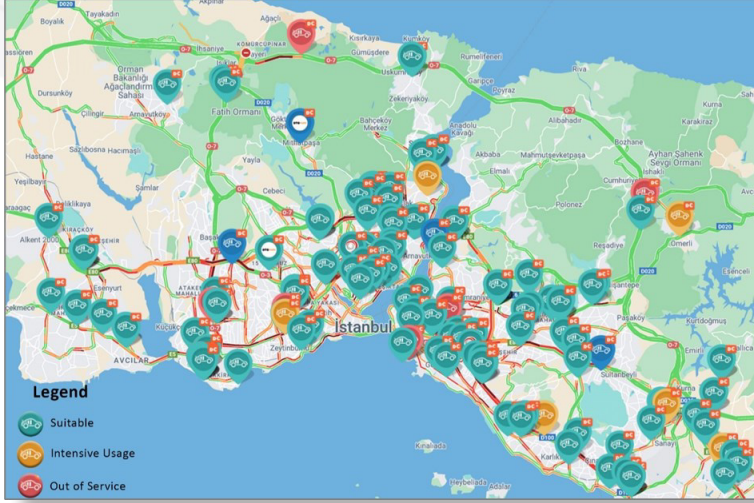
Şekil 26. İstanbul'daki riskli alanların mülkiyet haritası^[52]

• **Çok Amaçlı Kullanım:** Dönüşüm alanlarındaki işlevsel kullanımlar, bazılarının yalnızca konut kullanımı için tasarlandığını, diğerlerinin ise konut, ticari ve kamu işlevlerinin bir karışımını içerdiğini göstermektedir. Farklı işlevlere sahip binaların dönüşümü, değişen çevresel ve ekonomik sonuçlara neden olabilir. Tek işlevli binaların dönüştürülmesi, planlama ve uygulama açısından daha basit olabilir, ancak özellikle topluluk bilinci ve katılımı ile ilgili sosyal etkiler daha az öngörülebilir olabilir. Buna karşılık, çok işlevli alanların dönüşümü daha fazla karmaşıklık ve zorluk sunabilse de, bu alanlar sera gazı emisyonlarını azaltmak ve daha geniş bir sosyal ve ekonomik fayda yelpazesi sağlamak için daha fazla potansiyel sunmaktadır.



Şekil 27. İstanbul'daki riskli alanların kullanım haritası

- **E-mobilite Alanlarına Yakınlık:** İstanbul, Türkiye'nin e-mobilite alanındaki öncü şehirlerinden biridir. Son yıllarda, şehirde e-mobilityi teşvik etmek için önemli adımlar atılmış ve bu alandaki yatırımlar hız kazanmıştır. Türkiye'deki elektrikli araç ve şarj istasyonu sayısındaki artışın önemli bir bölümü İstanbul'dadır. 2024 yılı için hazırlanan Türkiye Cumhuriyeti Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu verilerine göre, İstanbul'da 1411 şarj istasyonu bulunmaktadır. E-mobilite altyapısı, elektrikli araç şarj istasyonları ve bisiklet park alanları gibi olanaklar sağlayarak fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılmasına ve enerji tüketiminin düşürülmesine yardımcı olabilir. Şarj istasyonlarının yaygınlaşması, aynı zamanda elektrikli/hibrit araçların yaygınlaşması için önemli bir teşviiktir. Aşağıdaki harita, İstanbul'daki şarj istasyonlarının dağılımını göstermektedir^[52].



Şekil 28. İstanbul'daki riskli alanların e-mobilite alanlarının dağılımı haritası^[52]

3.5.4. Önceliklendirme Analizi Bulguları

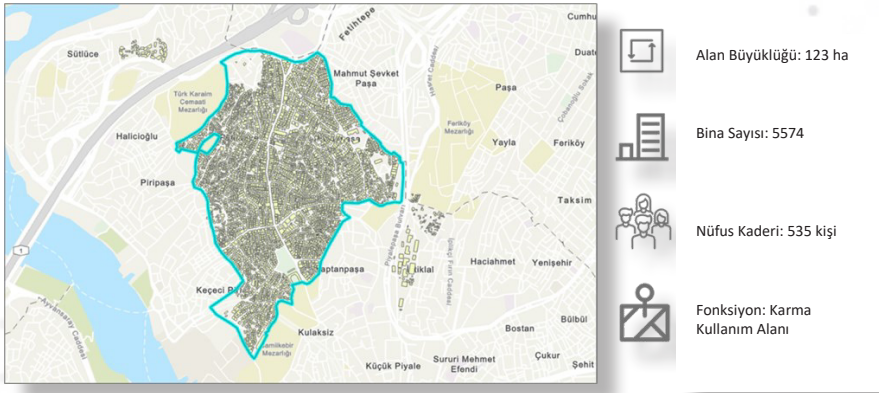
Yukarıda belirtilen kriterlere dayanarak, İstanbul'da karbon nötr binalara geçiş ve kentsel tasarımlar için öncelikli kentsel dönüşüm alanları belirlenmiştir. Bu öncelik alanlarının belirlenmesinde kriterler Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılarak analiz edilmiş ve bir matris oluşturulmuştur. AHP, karmaşık karar verme sorunlarını ele almak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, alternatifleri belirli kriterlere göre değerlendirmeyi ve bu kriterlerin göreceli önemini belirlemeyi içerir. AHP, karar verme sürecine bilimsel bir yaklaşım sağlayarak öznel yargıların ve önyargıların etkisini en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Bu matriste tüm kentsel dönüşüm alanları tanımlanan kriterlerin her birine göre değerlendirilmiş ve buna göre ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıklandırma sonuçları öncelik kriterleri puanları ile çarpılarak öncelik alanları belirlenmiştir. Önceliklendirme matrisinin sonuçları Tablo 9'da gösterilmiştir.

No	İlçe	Mihalle	Alan Boyutu (ha)	K1	K1 (4.3)	Mevcut Bina Sayısı	K2	K2 (0.5)	Nüfus	Nüfus /Bisarmı (kg/ha)	K3	K3 (4.6)	Karşılık Kullanım evet (2-hayır (1))	K4 (2.8)	Sahiplik (Genel evet/hayır)	Emisile Yalınlığı (1-2-3)	SONUÇLAR
17	BETÖLÜ	FETHİYEPAZARI	123.25	7.0	30.2	5037	9.8	35.2	69313	535	1.4	0.7	2	5.0	3.3	3	391.573
13	SARIER	ARILUTLU	140.02	8.0	34.4	3912	6.3	22.5	27033	170	0.5	2.2	2	5.0	3.3	2	62.071
2	BAĞIRMANPAŞA	YATAN	23	1.3	5.6	1093	1.8	6.6	13937	591	1.6	7.4	2	5.0	3.3	2	107.05
14	BAĞIRMANPAŞA	ZİYA GÖRALP	41	2.3	10.0	1013	1.8	6.3	8800	212	0.6	2.6	2	5.0	3.3	1	3.088
28	BAĞIRMANPAŞA	GÖZTEPE	21.84	1.2	5.3	505	0.9	3.2	7063	323	0.9	4.0	2	5.0	3.3	2	25.05
19	BAĞIRMANPAŞA	PAZARCIK KISIM	16.16	0.9	4.0	775	1.3	4.8	7069	471	1.3	5.9	2	5.0	3.3	1	2.071
5	ESENLER	ORLUÇESİ-1	7.23	0.4	1.8	389	0.7	2.4	6881	924	2.5	11.5	2	5.0	3.3	2	1.936
18	BAĞIRMANPAŞA	PAZARCIK KISIM	7.22	0.4	1.8	474	0.8	3.0	3285	456	1.2	5.7	2	5.0	3.3	1	5.48
9	KARTAL	YUKARI	11	0.6	2.7	147	0.3	0.9	4259	387	1.0	4.8	2	5.0	3.3	2	4.40
10	KARTAL	YUNUS	17.8	1.0	4.4	265	0.4	1.6	2982	132	0.4	1.8	2	5.0	3.3	2	4.21
20	BAĞIRMANPAŞA	YENİDOĞAN 1. KISIM	7.12	0.4	1.7	359	0.6	2.1	2702	379	1.0	4.7	2	5.0	3.3	1	3.41
12	KÜÇÜKÇERMECE	KANARYA	9.2	0.5	2.3	302	0.5	1.9	3002	348	0.9	4.3	2	5.0	3.3	1	3.40
6	ESENLER	ÖFTEHALIÇLAR	8.29	0.5	2.0	150	0.3	0.9	2945	343	0.9	4.3	2	5.0	3.3	2	3.00
1	BAĞIRMANPAŞA	KEMLİPAŞA	5.39	0.3	1.3	179	0.3	1.1	1701	316	0.9	3.9	2	5.0	3.3	2	2.27
15	BAĞIRMANPAŞA	BAĞIRMANPAŞA 2	7.99	0.4	1.9	242	0.4	1.5	2208	292	0.8	3.6	2	5.0	3.3	1	1.88
21	ZEYTİNLİ	SEYİTLER	2.26	0.1	0.6	118	0.2	0.7	2023	895	2.4	11.1	2	5.0	3.3	2	1.78
26	KÜÇÜKÇERMECE	İKTİLLİ (ATILIRKI)	6.3	0.4	1.5	183	0.3	1.0	1940	309	0.8	3.8	2	5.0	3.3	1	1.25
7	BAĞIRMANPAŞA	MERKEZ	4.94	0.3	1.2	188	0.3	1.0	1943	312	0.8	3.9	2	5.0	3.3	1	97
3	ZEYTİNLİ	MERKEZİNDİ	3.4	0.2	0.8	128	0.2	0.8	800	271	0.7	3.4	2	5.0	3.3	2	80
4	ESENLER	TUVA	2.96	0.1	0.6	80	0.1	0.5	1151	450	1.2	5.6	2	5.0	3.3	2	69
25	BAĞIRMANPAŞA	MAHİRİ	1.8	0.1	0.4	63	0.1	0.4	941	523	1.4	6.5	2	5.0	3.3	2	69
11	BAĞIRMANPAŞA	FATİH	8	0.5	2.0	123	0.2	0.8	945	118	0.3	1.5	2	5.0	3.3	1	41
27	BAĞIRMANPAŞA	ELMİKENT	6.3	0.4	1.5	110	0.2	0.7	773	123	0.3	1.5	2	5.0	3.3	1	30
16	KARAYİ	MERKEZİNDİ	1.55	0.1	0.4	39	0.1	0.2	454	280	0.8	3.5	2	5.0	3.3	3	19
24	BAĞIRMANPAŞA	GÜNEŞ (İYİ A-C-SİTE)	2.4	0.1	0.6	20	0.0	0.1	1221	509	1.4	6.3	1	2.8	3.3	2	9
8	KARTAL	KORONDOYU	3.2	0.2	0.8	19	0.0	0.1	480	153	0.4	1.9	2	5.0	3.3	2	7
22	ŞİŞLİ	FLUYA	1.5	0.1	0.4	17	0.0	0.1	514	343	0.9	4.3	1	2.8	3.3	3	5
23	BAĞIRMANPAŞA	BAĞIRMANPAŞA	0.9	0.1	0.2	14	0.0	0.1	164	182	0.5	2.3	1	2.8	3.3	2	1

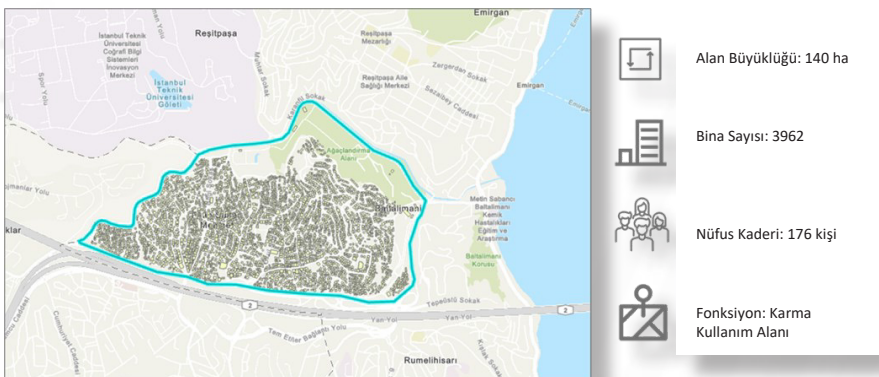
Tablo 9. Öncelikli alanların matrisi^[53]

3.5.5. Çalışmanın Sonuçları

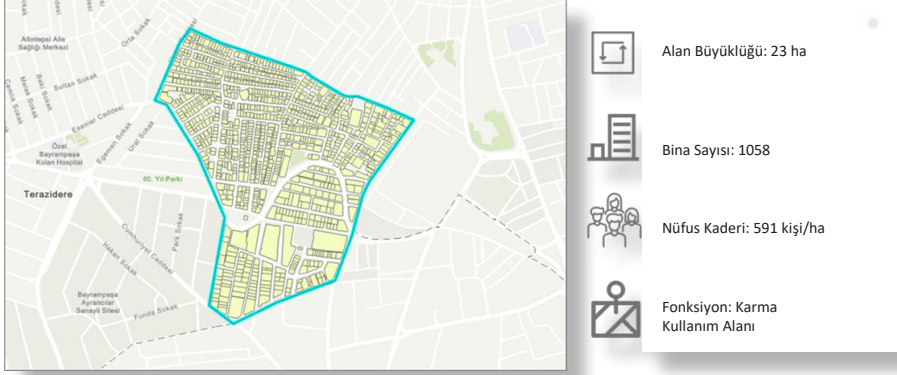
Analize göre karbon-nötr kentlere geçişte yeni karbon-nötr bina tasarımlarının entegre edilebileceği kentsel dönüşüm alanları Beyoğlu, Sarıyer, Bayrampaşa ve ayrıca Başakşehir ve Bağcılar ilçelerinde yer alan kentsel dönüşüm alanlarıdır. Bu alanların bazılarında alan büyüklüğü ve nüfus yoğunluğu kriterleri ön plandayken, bazılarında diğer faktörler etkili olmuştur. Bu 3 alanın özellikleri aşağıda detaylandırılmıştır^[52].



Şekil 29. Beyoğlu ilçesi
(Fetihtepe, Kaptanpaşa, Keçecipiri, Piyalepaşa mahalleleri)



Şekil 30. Sarıyer ilçesi (Armutlu Mahallesi)



Şekil 31. Bayrampaşa İlçesi (Vatan Mahallesi)

Bu bölümde, İstanbul'daki kentsel dönüşüm alanları üzerinde yapılan analizlerin potansiyel etkileri incelenmiştir. Sürdürülebilir, işlevsel ve tekrarlanabilir çözümlere odaklanan çalışma, kentsel dönüşüm sürecine rehberlik edecek öncelikli alanları belirlemeyi amaçlamıştır. Bu bağlamda İstanbul'un genel kentsel dönüşüm profili ana hatlarıyla çizilmiştir. Belediye ile yapılan işbirlikleri ve çalıştaylar yoluyla, alan büyüklüğü, nüfus yoğunluğu ve bina sayısı gibi faktörleri içeren alanları önceliklendirmek için sekiz temel kriter oluşturulmuştur. İstanbul'daki tüm kentsel dönüşüm alanları bu kriterlere göre sistematik olarak analiz edilmiş ve bu faktörleri toplu olarak değerlendirmek için kapsamlı bir değerlendirme matrisi geliştirilmiştir. Matris sonuçlarına dayanarak, yeşil ve karbon nötr binaların ve bölgelerin gelişimi için beş kentsel dönüşüm alanı öncelik olarak belirlenmiştir. Ayrıca, bu çalışmanın bulguları hem kamu hem de özel paydaşlar için gelecekteki politika geliştirme, kentsel planlama girişimleri ve karar alma süreçleri için stratejik bir temel sağlayarak, sürdürülebilir kentsel dönüşüm üzerine daha geniş araştırmalara katkıda bulunmaktadır. Sonuçlar aynı zamanda diğer büyükşehir alanlarındaki benzer dönüşüm projeleri için bir referans görevi görerek bilgi aktarımını ve kentsel sürdürülebilirlikteki en iyi uygulamaları kolaylaştırmaktadır.



YEŞİL FİNANSMAN



4. Bölüm

Yeşil Finansman Modülü

4.1. Yeşil Finansmana Genel Bakış

Yeşil finans, özünde, sermayenin nasıl harekete geçirildiği ve tahsis edildiği konusunda bir paradigma değişikliğini temsil eder ve finansal akışları olumlu çevresel sonuçlar veren proje ve girişimlere yönlendirir^[54]. Geleneksel finans içinde bir niş değil, çevresel hususları finansal kararlara entegre etmeyi amaçlayan bir çerçevedir.

Çevresel zorunluluklar ve ekonomik gerçeklerin kesiştiği noktada iklim finansmanı yatmaktadır. Genellikle birbirinin yerine kullanılsa da, iklim finansmanı, özellikle iklim değişikliğini ele almaya adanmış finansal kaynaklara odaklanan yeşil finansın bir alt kümesi olarak düşünülebilir. Buna, yenilenebilir enerji dağıtımı ve enerji verimliliği iyileştirmeleri gibi azaltma çabalarının yanı sıra dayanıklı altyapı inşa etmek ve kuraklığa dayanıklı tarım geliştirmek gibi uyum önlemleri için finansman da dahildir. Bununla birlikte, yeşil finans, biyoçeşitliliğin korunması, kirlilik kontrolü ve sürdürülebilir kaynak yönetimi de dahil olmak üzere daha geniş bir çevresel kaygı yelpazesini kapsamaktadır. Başka bir deyişle, yeşil finans, yatırımların hem nedenleri hafifletmeye hem de çevresel değişimin sonuçlarına uyum sağlamaya yönelik olarak yönlendirilmesinde hayati bir rol oynamaktadır. Her iki kavram da, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerinden ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlayan kapsamlı sürdürülebilirlik hedefiyle ayrılmaz bir şekilde bağlantılıdır.

Yeşil finans ilkelerinin temelini Çevresel, Sosyal ve Yönetişim (ÇSY) kriterleri oluşturmaktadır. Bu finansal olmayan faktörler, yatırım analizine ve karar vermeye giderek daha fazla entegre edilmektedir. ÇSY'deki "Ç", bir şirketin veya projenin doğal çevreyi nasıl etkilediğini değerlendirerek yeşil finans hedefleriyle doğrudan uyumludur. ÇSY kriterlerinin dahil edilmesi, yatırımcıların çevresel riskleri ve fırsatları değerlendirmelerine, sürdürülebilir yatırımları belirlemelerine ve olumlu çevresel değişime katkıda bulunmalarına olanak tanır.

Yeşil finansmanın potansiyelini gerçekleştirmenin kritik bir yönü, finansmana erişimin sağlanmasıdır. Bu, sermayenin yeşil projelere akışını kolaylaştıran etkin ortamlar yaratmayı içerir. Yeşil tahviller, yeşil krediler ve karma finans mekanizmaları gibi yenilikçi finansal araçlar, kamu ve özel sermayenin harekete geçirilmesinde çok önemlidir. Ayrıca, kapasite geliştirme ve teknik yardım, paydaşları sağlam bir yeşil projeler hattı geliştirmede güçlendirmek için esastır.

Yerel yönetimler, yeşil finans ortamında benzersiz ve önemli bir konuma sahiptir. Yerel çevresel zorluklara yakınlıkları ve yerinde çözümleri uygulama yetenekleri onları vazgeçilmez aktörler haline getirmektedir^[55]. Yerel makamlar birkaç önemli rol oynayabilir:

- **Politika ve Yönetmelik:** Enerji verimliliğini teşvik eden bina kodları, yeşil alanları destekleyen imar yasaları ve döngüsellliği teşvik eden atık yönetimi politikaları gibi yeşil uygulamaları teşvik eden yerel yönetmelikleri ve düzenlemeleri yürürlüğe koyabilirler.

- **Proje Geliştirme ve Uygulama:** Yerel yönetimler, toplu taşımaya yatırım yapmak, yeşil binalar geliştirmek ve yerel yenilenebilir enerji girişimlerini uygulamak gibi yeşil altyapı projelerini başlatabilir ve yönetebilir.

- **Toplumsal Farkındalık ve Etkileşim:** Çevre sorunları ve yeşil finansmanın faydaları hakkında kamuoyunu bilinçlendirebilir, toplumun katılımını teşvik edebilir ve sürdürülebilir girişimlere destek verebilirler.

- **Finansmana Erişimin Kolaylaştırılması:** Yerel yönetimler, potansiyel olarak tahviller gibi özel araçlar aracılığıyla veya yerel yeşil krediler için garantiler sağlayarak yerel yeşil projeleri potansiyel yatırımcılarla bağlamak için platformlar oluşturabilir.

- **Stratejik Planlama ve Entegrasyon:** Yeşil finans konularını genel kalkınma planlarına entegre ederek çevresel sürdürülebilirliğin yerel ekonomik büyümenin merkezi bir ayağı olmasını sağlayabilirler.

Yeşil finans çalışmalarında yerel yönetimlerin aktif katılımı ve liderliğinin faydaları çok önemlidir. İlk olarak, bu katılım, belirli yerel çevresel sorunları ele alan özel çözümlerin geliştirilmesine olanak tanır. İkinci olarak, yeşil istihdam yaratarak ve yeşil yatırımları çekerek yerel ekonomik kalkınmayı teşvik eder. Üçüncüsü, yerel toplulukların çevresel risklere karşı dayanıklılığını artırır. Son olarak, vatandaşları ve işletmeleri sürdürülebilir bir geleceğe aktif olarak katkıda bulunma konusunda güçlendirerek sahiplenme ve sorumluluk duygusunu teşvik eder.

Sonuç olarak, yeşil finans, sadece çevre dostu projelerin finanse edilmesinin ötesine geçen çok yönlü bir kavramdır^[56]. Çevresel hususları finansal sistemin dokusuna entegre etmeye yönelik temel bir değişimi temsil eder. İklim finansmanı ve sürdürülebilirlikle olan bağlantılarını anlayarak, ÇSY kriterlerinden

yararlanarak, sermayeyi azaltma ve uyum çabalarına yönlendirerek, finansmana adil erişimi sağlayarak ve yerel yönetimleri öncü bir rol üstlenmeye teşvik ederek, daha esnek, sürdürülebilir ve müreffeh bir gelecek inşa etmek için yeşil finansmanın dönüştürücü potansiyelinin kilidini açabiliriz.

4.2. Finansman Modelleri ve Kaynakların Harekete Geçirilmesi

Yeşil finansın temel anlayışına dayanarak, bir sonraki önemli adım, bu dönüştürücü değişimi teşvik etmek için harekete geçirilebilecek finansman modellerini ve kaynaklarını keşfetmekte yatmaktadır. Sürdürülebilir bir ekonomiye geçiş, yenilikçi finansal mekanizmalar yoluyla hem kamu hem de özel sermayeden yararlanan çok yönlü bir yaklaşımı gerektirmektedir^[57].

Yeşil finansman alanında, her biri farklı proje özelliklerine ve risk profillerine yönelik bir dizi finansman modeli bulunmaktadır. Kamu maliyesi, genellikle gelişmekte olan teknolojiler ve kamu projeleri için başlangıç sermayesi sağlayarak temel bir rol oynamaktadır. Bu, hükümet bütçeleri, hibeler ve Dünya Bankası ve bölgesel kalkınma bankaları gibi kalkınma finansmanı kurumları (DFI) tarafından sunulan imtiyazlı krediler şeklinde olabilir. Özel finans ise kurumsal yatırımcılardan (emeklilik fonları, sigorta şirketleri, devlet varlık fonları), ticari bankalardan, özel sermaye şirketlerinden ve bireysel yatırımcılardan gelen yatırımları kapsamaktadır. Onların katılımı, yeşil projeleri ölçeklendirmek ve pazara yenilikçi çözümler getirmek için çok önemlidir.

Geleneksel kamu ve özel finansmanın ötesinde, piyasaya dayalı mekanizmalar önem kazanmaktadır. Çevreye yararlı projeleri finanse etmek için özel olarak etiketlenmiş borçlanma araçları olan yeşil tahviller, hem finansal getiri hem de olumlu çevresel etki arayan çok çeşitli yatırımcıları çekerek önemli bir büyümeye tanık olmuştur. Karbon piyasaları, sermaye ve ticaret sistemleri ve karbon ofsetleri gibi mekanizmalar aracılığıyla, emisyonların azaltılması için finansal bir teşvik oluşturur ve yeşil projeler için gelir akışları oluşturabilir. Çevre vergileri ve ücretleri, kirletici faaliyetlere, çevresel maliyetleri içselleştirmeye ve yeşil girişimlere yeniden yatırım yapılabilen fonlar üretmeye de alınabilir.

Bu finansman modellerinin harekete geçirilmesi, hükümet bütçelerinden Yeşil İklim Fonu (GCF) ve Uyum Fonu gibi Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) kapsamında kurulan uluslararası iklim fonlarına ve gelişmekte olan ekonomilerdeki yeşil projeler için imtiyazlı krediler, hibeler ve teknik yardım sunan çok taraflı ve ikili kalkınma bankalarına kadar çeşitli fon kaynaklarından yararlanmaya dayanmaktadır. Bununla birlikte, özellikle kurumsal ve bireysel yatırımcılar tarafından tutulan geniş özel sermaye havuzu, yeşil geçiş için en büyük potansiyel finansman kaynağını temsil etmektedir.

Özel sermayenin kilidini açmak ve yeşil projelerin fizibilitesini artırmak için özellikle güçlü bir yaklaşım harmanlanmış finansdır. Bu, projeleri riskten arındırmak, finansal uygulanabilirliklerini artırmak ve aksi takdirde tamamen piyasa oranı açısından yatırım yapmakta tereddüt edebilecek ticari yatırımcıları çekmek için kamu ve bağış temelli sermayeyi özel sektör yatırımıyla stratejik olarak birleştirmeyi içerir^[58].

Özel sektörün harekete geçirilmesi, yalnızca mevcut fonların miktarını artırmakla sınırlı değildir; aynı zamanda yeşil finans ekosistemine önemli ölçüde uzmanlık, yenilik ve verimlilik kazandırır. Özel sektör katılımı, ticari olarak uygulanabilir yeşil çözümlerin geliştirilmesini teşvik eder, teknolojik ilerlemeleri destekler ve çevresel zorluklara karşı piyasa temelli yaklaşımları güçlendirir. Özel yatırımcılar, net piyasa sinyalleri, destekleyici politikalar ve riskten arındırılmış yatırım fırsatları (genellikle karma finansman mekanizmaları aracılığıyla) gördüklerinde, önemli miktarda sermayeyi yeşil varlıklara tahsis etme olasılıkları artmaktadır. Bu artan özel sektör katılımı, yalnızca mevcut finansal kaynakları genişletmekle kalmaz; aynı zamanda verimli yönetim, teknolojik yenilik ve pazar odaklı ölçeklenebilirlik yoluyla proje başarı olasılığını da yükseltir.

4.3. Paydaşları Motive Etmek

Yeşil finans anlayışından, finansman modellerinden ve özel sektör seferberliğinin önemli rolünden yola çıkarak, çeşitli finansal yaklaşımlar, çeşitli paydaşları bu tür finansmana aktif olarak katılmaya etkili bir şekilde motive edebilir:

- **Riske Göre Ayarlanmış Getiriler ve Rekabetçi Getiriler:** Projeleri, geleneksel yatırımlarla karşılaştırılabilir rekabetçi, riske göre ayarlanmış getiriler sunacak şekilde yapılandırmak önemlidir. Örneğin, Almanya'da KfW (devlete ait bir kalkınma bankası), enerji verimli bina güçlendirmeleri için düşük faizli krediler ve hibeler sağlamaktadır.

- **ÇSY Entegrasyonu ve Performans Metrikleri:** Sağlam ÇSY raporlaması ve standartlaştırılmış etki ölçütleri aracılığıyla, finansal getirilerin yanı sıra, olumlu çevresel ve sosyal etkiler de açıkça gösterilebilir. Yeşil bina derecelendirme sistemleri, binaların çevresel performansını değerlendirmek için standartlaştırılmış metrikler sağlamaktadır.

- **Risk Azaltma Mekanizmaları ve Garantileri:** Kamu veya özel sermayenin teminat, ilk zarar sermayesi veya imtiyazlı krediler sağladığı karma finans yapılarından yararlanmak, riski önemli ölçüde azaltabilir. Kalkınma Finansmanı Kurumları (DFI'lar), yeşil bina projelerini finanse eden bankalara kısmi kredi garantileri sunmaktadır.

- **Vergi Teşvik ve Sübvansiyonları:** Finansal uygulanabilirliklerini artırmak amacıyla, yeşil teknolojilere yapılan yatırımlar için vergi indirimleri, sübvansiyonlar veya tarife beyannameleri uygulanabilir. Örneğin, Fransa enerji verimliliği yenilemeleri yapan ev sahipleri için vergi kredileri sunarak maliyeti doğrudan düşürmekte ve yeşil yükseltmeleri teşvik etmektedir. Fas ise sürdürülebilir inşaatı daha uygun maliyetli hâle getirmek için yeşil bina malzemeleri ve teknolojileri üzerinde sübvansiyonlar veya azaltılmış Katma Değer Vergisi (KDV) uygulamaktadır.

- **Yeşil Tahviller ve Sürdürülebilir Finans Etiketleri:** Açıkça etiketlenmiş yeşil finansal araçlar şeffaflık sağlar ve yatırımcıların sermayeyi doğrudan çevreye yararlı projelere tahsis etmelerine izin verir. Yeşil tahviller tüm dünyada giderek daha fazla ihraç edilmektedir. Yerel yeşil girişimleri finanse etmek için belediye yeşil tahvilleri çıkarmak yaygın bir uygulamadır.

- **Yeşil İnovasyon için Hibeler ve Tohum Finansmanı:** Özellikle yeşil teknolojiler ve sürdürülebilir çözümler kapsamında yürütülen pilot projeler için hibe ve tohum finansmanı sağlanabilir. Avrupa Birliği'nin Horizon Europe programı, sürdürülebilir bina teknolojileri ve malzemelerinde araştırma ve yeniliği destekleyen hibeler sunarak en yeni yeşil bina çözümlerinin geliştirilmesini teşvik etmektedir.

- **Teknik Yardım ve Kapasite Geliştirme:** Projeler geliştirmek ve karmaşıklıkların üstesinden gelmek için teknik uzmanlık ve kapasite geliştirme desteği sağlamak. Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD), enerji tasarruflu bina projeleri tasarımlarına ve uygulamalarına yardımcı olmak için faaliyet gösterdiği bölgelerdeki geliştiricilere ve yerel makamlara teknik yardım sağlamaktadır.

• **Yeşil Çözümleri Destekleyen Kamu İhale Politikaları:** Çevre dostu mal ve hizmetleri önceliklendiren tedarik politikaları, sürdürülebilir uygulamalar için istikrarlı bir talep yaratabilir. Bazı şehirlerde yeni kamu binaları için minimum enerji verimliliği standartlarını zorunlu kılan düzenlemeler vardır.

• **Karbon Fiyatlandırma Mekanizmaları:** Karbon vergileri veya üst sınır ve ticaret sistemlerinin uygulanması doğrudan bir finansal teşvik oluşturabilir. Bu sistemler özellikle binalar için daha az yaygın olsa da, bazı ülkeler karbon vergisi gibi mekanizmalar aracılığıyla dolaylı etkilere sahip olabilecek daha geniş karbon fiyatlandırma mekanizmaları uygulamaktadır.

• **Kolaylaştırılmış İzin ve Düzenleyici Süreçler:** Bürokratik engelleri azaltmak ve yeşil projeler için izin süreçlerini kolaylaştırmak, geliştirme maliyetlerini ve zaman çizelgelerini düşürebilir ve onları daha cazip hale getirebilir.

• **Mali Teşvikler ve İadeler:** Yerel yönetimler yeşil binalar için vergi indirimleri, geliştirme ücreti indirimleri veya diğer mali teşvikler sunabilir. Dünyadaki bazı belediyeler, yeşil bina uygulamalarını uygulayan binalar için emlak vergilerinde indirimler sunmaktadır.

• **Yeşil Odaklı Kamu - Özel Ortaklıkları (PPP'ler):** Yeşil sonuçlara öncelik veren ve özel sektör uzmanlığını harekete geçirmek için cazip risk paylaşım mekanizmaları sunan PPP'lerin yapılandırılması önemlidir. Bazı ülkelerdeki PPP'ler, enerji tasarruflu sosyal konut projeleri geliştirmek için kullanılmıştır ve özel geliştiriciler, mülkleri yüksek çevresel standartlara göre inşa etmek ve korumak için sözleşmeli olarak çalışmaktadır.

• **Yerel Yeşil Girişimler için Tohum Finansmanı ve Hibeler:** Yeşil projeler ve yeşil işletmeler için küçük hibeler veya tohum finansmanı sağlanabilir. Örneğin, Almanya'daki yerel makamlar, mahalle düzeyinde enerji danışma merkezleri gibi konut binalarında enerji verimliliğini teşvik eden topluluk girişimlerine genellikle küçük hibeler sağlamaktadır.

• **Yeşil İpotekler ve Krediler:** Yeşil projeler için kredi limitlerinde uygun şartlar sağlanabilir. Dünya genelinde birçok banka, enerji tasarruflu konutlar veya enerji verimli tadilatları finanse etmek amacıyla tercihi oranlarla yeşil ipotekler sunmaktadır.

• **Bilgi ve Farkındalık Kampanyaları:** Bireyleri yeşil seçimlerin finansal faydaları hakkında eğitmek, davranış değişikliğini ve yatırım kararlarını yönlendirebilir.

Bu finansal yaklaşımları stratejik olarak uygulayarak, politika yapıcılar ve finansal kurumlar tüm paydaşlar için zorlayıcı bir değer önerisi oluşturabilir, onları yeşil finansmanın büyümesine aktif olarak katılmaya ve yönlendirmeye motive edebilir ve nihayetinde sürdürülebilir ve iklimle dayanıklı bir geleceğe geçişi hızlandırabilir.

4.4. Yeşil Finansman Sağlamak

Bu hayati yeşil finansman fonlarının amaçlanan paydaşlara ulaşmasını sağlamak için aşağıdaki etkili sosyal yardım ve dağıtım mekanizması yöntemleri kullanılabilir.

Farkındalığı Artırmak İçin Hedeflenen Bilgi ve Farkındalık Kampanyaları:

- *Segmentasyon:* Farklı paydaşların (özel yatırımcılar, işletmeler, yerel makamlar, bireyler) farklı bilgi ihtiyaçlarına ve tercihlerine sahip olduğunu kabul etmek ve iletişim kanallarını ve mesajlaşmayı buna göre uyarlamak.
- *Dijital Platformlar:* Mevcut yeşil seçenekler, uygunluk, başvuru süreçleri ve başarı hikayeleri hakkında bilgi yaymak için web sitelerini, sosyal medyayı, web seminerlerini ve çevrimiçi portalları kullanmak.
- *Sanayi Dernekleri ve Ağları:* Hedeflenen bilgilendirme oturumları, bültenler ve çalıştaylar ile üyelerine ulaşmak için ilgili endüstri dernekleri, iş ağları ve çevre örgütleri ile ortaklık kurmak.
- *Toplumsal Farkındalık Kampanyaları:* Bireyleri ve küçük işletmeleri yeşil finans seçenekleri ve faydaları hakkında eğitmek için geleneksel medya ve topluluk etkinlikleri aracılığıyla daha geniş çaplı kamuoyu bilinçlendirme kampanyaları başlatmak.
- *Özel Yardım Masaları ve Danışmanlık Hizmetleri:* Süreçler boyunca paydaşlara rehberlik edebilecek ve soruları cevaplayabilecek bilgili profesyonellerden oluşan erişilebilir yardım masaları oluşturmak.

Kolaylaştırılmış Başvuru ve Onay Süreçleri:

- *Basitleştirilmiş Prosedürler:* Kullanıcı dostu uygulama formları ve süreçleri tasarlamak, bürokratik engelleri ve karmaşıklığı en aza indirmek.

- **Net Uygunluk Kriterleri:** Karışıklığı ve boşa harcanan çabayı önlemek için farklı yeşil finans araçlarının kriterlerini açıkça ifade etmek.
- **Özel Yeşil Finans Birimleri:** Yeşil projelerin gözden geçirilmesini ve onaylanmasını hızlandırmak için yeşil finansman konusunda uzmanlığa sahip özel birimler oluşturmak.
- **Standartlaştırılmış Belgeler:** Başvuru sürecini kolaylaştırmak ve başvuru sahipleri üzerindeki yükü azaltmak için standartlaştırılmış dokümantasyon gereksinimleri geliştirmek.

Kapasite Geliştirme ve Teknik Yardım:

- **Atölyeler ve Eğitim Programları:** Yeşil finans, proje geliştirme ve uygulama süreçleri hakkındaki anlayışlarını geliştirmek için işletmeler, yerel makamlar ve proje geliştiricileri için atölye çalışmaları ve eğitim oturumları düzenlemek.
- **Proje Geliştirme Desteği:** Sağlam ve finansal olarak uygulanabilir yeşil seçenekler geliştirmede teknik yardım sağlamak.

Aracılar ve Yerel Ağlardan Yararlanma:

- **Finansal Kurumlar:** Yeşil finansmanın erişimini daha küçük işletmelere ve bireylere genişletmek için bankalar ve finans kurumlarıyla ortaklık kurmak.
- **Sivil Toplum Kuruluşları (STK):** Bilgiyi yaymak ve yeşil finansmana erişimi kolaylaştırmak için STK'larla işbirliği yapmak.
- **Toplayıcılar ve Özel Amaçlı Araçlar (SPV'ler):** Daha küçük yeşil projeleri daha büyük, daha cazip fırsatlara dönüştürmek için toplayıcıları kullanmak. Belirli yeşil finans girişimlerini yönetmek için SPV'ler oluşturulabilir.

Yenilikçi Teslimat Mekanizmaları:

- **Kitle Fonlaması Platformları:** Topluluk temelli yeşil projeler için daha geniş bir birey havuzundan daha küçük yatırımları harekete geçirmek için kitle fonlamasından yararlanmak.
- **Döner Sermaye:** Başarılı projelerin yeniden yatırıldığı döner yeşil fonlar oluşturmak, sürdürülebilir bir finansman döngüsü oluşturmak.
- **Performansa Dayalı Teşvikler:** Teşviklerin belirli çevresel veya sosyal sonuçların elde edilmesiyle ilişkilendirilmesi.

Özetle, yeşil finans temel olarak finansal kaynakları kasıtlı olarak çevreye yararlı projelere yönlendirmek, iklim değişikliğini aktif olarak ele almak ve sürdürülebilirliği teşvik etmek için geleneksel finansmanın ötesine geçmekle ilgilidir. İklim finansmanı ile entegre olan ve ÇSY kriterlerine göre hareket eden sistemler, azaltma ve uyum gibi önemli alanlarda uygulama bulmaktadır.

Geniş bir ekosistem olduğu unutulmamalıdır; yeşil finans çeşitli modelleri (kamu, özel, piyasa tabanlı), kaynakları (hükümet, özel yatırımcılar, uluslararası fonlar) ve araçları (yeşil tahviller, krediler vb.) kapsar. Özel sermayeyi harekete geçirmek, yeşil girişimleri ölçeklendirmek için esastır ve cazip getiriler yaratmayı gerektirir. Yerel yönetimler, elverişli ortamlar yaratmada, projeler geliştirmede ve toplulukları yeşil finans çabalarına dahil etmede hayati bir rol oynamaktadır. Finansal yaklaşımların, hem finansal getirileri hem de olumlu çevresel etkileri vurgulayarak farklı paydaşları teşvik edecek şekilde uyarlanması gerekir. Fonların, hedeflenen sosyal yardım, kolaylaştırılmış süreçler, kapasite geliştirme ve çeşitli teslimat kanallarından yararlanma yoluyla paydaşlara etkili bir şekilde ulaşması gerekir.

Birçok yeşil yatırımın geri dönüş süreleri daha uzundur. Başarıları için sabır ve uzun vadeli yatırım ufukları gereklidir. Güçlü ve tutarlı politika sinyalleri ve düzenleyici çerçeveler, bu tür uzun vadeli yaşam döngüsü hususları için istikrarlı ve çekici bir ortam yaratmak için esastır.



YASAL ÇERÇEVE



5. Bölüm

Yasal Çerçeve Modülü

5. Yasal Çerçeve

Türkiye ve Avrupa’da iklim değişikliği, bina yapıları ve kentsel dönüşümle ilgili geçmiş ve mevcut mevzuat, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması, enerji verimliliğinin artırılması ve iklime dayanıklı altyapının oluşturulması için büyük önem taşımaktadır. Her iki bölge de iklim değişikliğinin azaltılması, enerji tasarrufu ve sürdürülebilir kentsel dönüşüm hedeflerine ulaşmak için çeşitli düzenlemeler getirmiştir. Bu düzenlemeler inşaat sektöründe ve kentsel dönüşümde önemli bir rol oynamaktadır.

Yeşil ve karbon nötr binaların tasarlanması, inşa edilmesi, işletilmesi ve denetlenmesi süreçlerinde, yönetmelikler ve standartlar hem çevresel sürdürülebilirliğin teşvik edilmesinde hem de projelerin yasal uyumunun sağlanmasında temel bir rol oynamaktadır. Bu bölüm, Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye’deki yasal çerçeveleri, yeşil bina uygulamalarını şekillendiren direktifleri, düzenlemeleri ve politika belgelerini ayrıntılı olarak analiz etmektedir.

5.1. AB Mevzuatı

İklim değişikliği ve sürdürülebilir kalkınma ile mücadele hedefleri doğrultusunda, Avrupa Birliği yeşil bina ve karbon nötr uygulamaları desteklemek için kapsamlı bir yasal çerçeve oluşturmuştur. Bu çerçeve, enerji performansını, yenilenebilir enerji kullanımını ve binaların çevresel etkilerini düzenleyen bir dizi direktif ve girişimi içermektedir.

Avrupa Yeşil Mutabakatı:

- AB’nin 2050 yılına kadar karbon nötr olma hedefini ortaya koyan bu kapsamlı strateji, binaların enerji verimliliğini artırmayı ve yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmeyi amaçlamaktadır.
- Yeşil Mutabakat, binaların yenileme oranını artırmaya ve enerji tüketimini azaltmaya öncelik vermektedir.

Binaların Enerji Performansı Yönergesi - BEPY:

- Binaların enerji performansını iyileştirmeyi ve enerji tüketimini azaltmayı amaçlayan bu yönerge, tüm yeni binaların Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar (NSEB) olmasını gerektirmektedir.

• Ayrıca mevcut binaların yenilenmesi için enerji performans standartlarını belirler.

Yenilenebilir Enerji Direktifi - RED:

- Binalarda yenilenebilir enerji kullanımını teşvik eden bu yönerge, güneş, rüzgar ve jeotermal enerji gibi kaynakları yaygınlaştırmayı amaçlamaktadır.
- Binaların enerji ihtiyacının bir kısmının yenilenebilir kaynaklardan karşılanmasını gerektirir.

Enerji Verimliliği Direktifi - EED:

- Enerji verimliliğini artırmayı ve enerji tüketimini azaltmayı amaçlayan bu yönerge, binalarda enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanımını teşvik etmektedir.
- Kamu binalarının enerji performansını iyileştirmek için özel hedefler içerir.

İnşaat Ürünleri Yönetmeliği - CPR:

- Yapı malzemelerinin çevresel etkisini ve sürdürülebilirlik performansını değerlendiren bu yönetmelik, yeşil bina uygulamalarında kullanılan malzemeler için standartları belirlemektedir.

Yenileme Dalgası Girişimi:

- Bina stokunun enerji verimliliğini artırmaya yönelik bu AB girişimi, 2030 yılına kadar 35 milyon binayı yenilemeyi amaçlamaktadır.
- Enerji yoksulluğunu ve binaların karbon ayak izini azaltmayı amaçlamaktadır.

Sürdürülebilir Faaliyetler için AB Taksonomisi:

- Sürdürülebilir yatırımı tanımlayan bu çerçeve, yeşil bina projelerinin finansmanını kolaylaştırmayı amaçlamaktadır.
- Binaların çevresel performansını değerlendirmek için kriterler belirler.

5.2. Türkiye Mevzuatı

Türkiye, başta Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı olmak üzere çeşitli kurumlar tarafından yayınlanan mevzuat ve politika belgeleri aracılığıyla yeşil bina ve karbon nötrlük hedefleri için yasal bir çerçeve oluşturmuştur.

6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun:

- Kentsel dönüşüm projelerinde enerji verimliliğini ve çevre dostu uygulamaları teşvik eden bu yasa, yeşil bina standartlarının yaygınlaştırılmasına yardımcı olmaktadır.

Arazi Kullanım Kanunu:

- Türkiye’de kentsel gelişim, inşaat ve planlamayı düzenleyen yasal çerçeve, doğrudan çevresel sürdürülebilirliği hedeflememekle birlikte, seçilen makale ve uygulamalar aracılığıyla çevre dostu tasarım ve geliştirmeyi teşvik eden hükümler içermektedir.

775 sayılı Gecekondu Kanunu:

- Doğrudan çevresel sürdürülebilirlikten bahsetmese de, düzenli yerleşimler yaratmayı, altyapıyı iyileştirmeyi ve sağlıklı yaşam alanları yaratmayı amaçlayan dolaylı çevre dostu bir yaklaşıma sahiptir. Özellikle kentsel dönüşüm, yeşil alanların korunması ve altyapı sağlanması yoluyla bazı olumlu çevresel etkilere sahip olması beklenebilir.

5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu:

- Binalarda enerji verimliliğini artırmayı ve enerji tüketimini azaltmayı amaçlayan bu mevzuat, Enerji Kimlik Belgesi (EKB) kullanımını zorunlu kılmaktadır.

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu:

- Binalarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik eden bu yasa, güneş ve rüzgar enerjisi gibi kaynakları yaygınlaştırmayı amaçlamaktadır.

Çevre Kanunu:

- Binaların çevresel etkisinin azaltılmasını ve sürdürülebilir inşaatı teşvik eden bu yasa, yeşil bina uygulamaları için yasal bir temel oluşturmaktadır.

Enerji Kimlik Belgesi (EKB) Yönetmeliği:

- Binaların enerji performansını değerlendiren bu yönetmelik, enerji verimliliği standartlarını belirlemektedir.

Sıfır Atık Yönetmeliği:

- Binalarda atık yönetimi ve geri dönüşüm uygulamalarını teşvik eden bu yönetmelik, yeşil bina standartlarına uygun bir çerçeve sunmaktadır.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (BEP-TR):

- Yönetmelik, Türkiye’deki binaların tanımlanmış enerji verimliliği standartlarına uymasını ve enerji kullanımlarını optimize etmesini sağlamaktadır. 5627 sayılı

Enerji Verimliliği Kanunu'ndan yola çıkarak enerji tüketimini azaltmayı, sera gazı emisyonlarını düşürmeyi ve çevresel zararları sınırlamayı amaçlamaktadır.

- Neredeyse Sıfır Enerji Binalarını (NSEB) teşvik etmek için, Yönetmelik, Neredeyse Sıfır Enerji standartlarını karşılamak için özellikle yeni binalar gerektiren hükümler içerir.

Binalarda Isı Yalıtımının Düzenlenmesi:

- Bu yönetmelik, enerji tüketimini azaltmak, ısı kaybını en aza indirmek ve karbon emisyonlarını azaltmak için binalar için minimum ısı yalıtımı gereksinimlerini ortaya koymaktadır.

- Yönetmelik, binalarda ısı yalıtımı gerekliliklerinin belirlenmesinde temel referans olarak TS 825 standardını kullanmaktadır. Binalarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin ve bileşenlerinin belirli performans kriterlerini karşılaması gerektiğini vurgulamaktadır^[59].

Planlı Alanlar Arazi Kullanım Yönetmeliği:

- 11 Mart 2025 tarihli güncellemeler, çevre dostu ve sürdürülebilir inşaatı teşvik etmek için önemli düzenlemeler getirmiştir. Bunlar, özellikle su ve enerji verimliliği, yeşil sertifikasyon uygulamaları, elektrikli araç altyapısı ve yaşam döngüsü değerlendirmeleri gibi alanlarda yeşil projeleri desteklemeyi amaçlamaktadır.

- 2026 yılı itibarıyla tank hacmi 7 m³'ten fazla ve arsa alanı 2.000 m²'den fazla olan binalarda yağmur suyu depolama sistemi kurulması zorunludur. Bu su bahçe sulama ve tuvalet rezervuarları için kullanılacaktır.

- 200'den fazla yataklı konaklama işletmelerinde, 10.000 m²'yi aşan inşaat alanına sahip alışveriş merkezlerinde ve 30.000 m²'yi aşan inşaat alanına sahip kamu binalarında, tuvaletlerde kullanılmak üzere duş ve lavabo suyunun arıtılması için gri su sisteminin kurulması zorunludur^[60].

- 2026'dan sonra inşa edilecek toplam 10.000 m²'den fazla inşaat alanına sahip yeni kamu binalarının, Türkiye'nin ulusal yeşil bina sertifikası olan YeS-TR sertifikalı olması gerekmektedir. Bu yönetmelik, enerji verimliliğini artırmayı ve çevresel etkileri azaltmayı amaçlamaktadır.

- Bina ruhsatları ve kullanım izinleri, elektrikli araç şarj üniteleri, güneş ve rüzgar enerjisi sistemleri gibi tesisatların varlığı veya yokluğu hakkında bilgileri içerecektir. Bu sayede kat malikleri ve alıcılar, belgelerden binada hangi sistemlerin bulunduğunu öğrenebilecek ve ilgili makamlar denetimlerini etkin bir şekilde gerçekleştirebileceklerdir.

- 2027’den itibaren, binaların inşasında kullanılan malzemelerin ve üretilen atıkların çevresel etkisini değerlendirmek için Yaşam Döngüsü Değerlendirmeleri (LCA) zorunlu olacaktır. Bu analizler, binaların karbon ayak izini hesaplamayı ve sınırlamayı amaçlamaktadır.

Plansız Alanlar Arazi Kullanım Yönetmeliği:

- Bu yönetmelik, Türkiye’nin resmi imar planlarından yoksun bölgelerindeki inşaat faaliyetlerini yönetmektedir. Çevresel sürdürülebilirlik ve karbon nötrlük hedefleriyle uyumlu olmak için kırsal ve kıyı bölgelerindeki kalkınmaya rehberlik etmede kilit bir rol oynamaktadır.

- Yönetmelik, çatılara entegre edilen güneş enerjisi sistemlerinin, 125 m²’yi geçmediği ve 150 cm yüksekliğinde olduğu ve betonarme bir temel gerektirmediği sürece metal çerçeveler kullanılarak inşa edilebileceğini belirtmektedir. Bu tür yapılar yapı ve yapı kullanma izinlerinden muaftır, ancak teknik ve sağlık standartlarına uygun olmalıdır.

- 1 Ocak 2027 tarihinden itibaren tüm yeni binaların karbon ayak izleri hesaplanarak raporlanacaktır. Bu, emisyon ticaret sisteminde düşük karbonlu malzemelerin kullanımını teşvik edecek ve sürdürülebilir binaların üretimini destekleyecektir.

- Binalarla ilgili tüm süreçler dijitalleştirilecektir. Bina Bilgi Modelleme (BIM) sistemlerine geçilerek, bina yaşam döngüsü verileri dijital platformlara aktarılacaktır. Bu sistem izin ve onay süreçlerini daha hızlı ve şeffaf hale getirecektir.

Binalar ve Yerleşimler için Yeşil Sertifikasyon Yönetmeliği:

- Yönetmeliğin temel amacı, doğal kaynakların ve enerjinin verimli kullanımını teşvik ederek binaların ve yerleşim yerlerinin olumsuz çevresel etkilerini azaltmaya yönelik değerlendirme ve sertifikasyon sistemleri oluşturmaktır. Ayrıca, değerlendirme kriterlerine ilişkin usul ve esaslarla birlikte, sürece dahil olan profesyonellerin ve eğitim kurumlarının niteliklerini de tanımlar.

- Yönetmelik, hem mevcut hem de yeni binaların ve yerleşimlerin sürdürülebilir çevresel, sosyal ve ekonomik performansının değerlendirilmesini ve sertifikalandırılmasını kapsamaktadır. Bu süreç “Ulusal Yeşil Sertifikasyon Sistemi” (YeS-TR) aracılığıyla çevrimiçi olarak yürütülmektedir.

İnşaat Müteahhitlerinin Sınıflandırılması ve Tescili Hakkında Yönetmelik:

- Bu düzenleme, inşaat sektöründe kaliteyi artırmayı ve sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesini teşvik etmeyi amaçlayan kilit bir politika aracı olarak hizmet etmektedir. Yüklenicilerin niteliklerini değerlendirmek için bir çerçeve oluşturarak, çevreye duyarlı ve sürdürülebilir inşaat projelerinin uygulanmasını kolaylaştırır.

- Yakın tarihli bir değişikliğin ardından, Ulusal Yeşil Bina Sertifikası verilen projelerde yer alan yüklenicilere sınıflandırma sisteminde yüzde beş ek puan verilir. Bu teşvik, yeşil dönüşümü teşvik etmek ve inşaat sektöründe çevresel etkileri daha düşük olan sürdürülebilir projelerin sayısını artırmak için tasarlanmıştır.

Hem AB hem de Türk yasal çerçeveleri, yeşil ve karbon nötr binaların tanıtımı için güçlü bir temel sağlamaktadır. AB kapsamlı direktifleri, Türkiye ulusal mevzuatı ile birlikte, binaların enerji verimliliğini artırmayı, yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmeyi ve çevresel etkileri azaltmayı amaçlamaktadır.

5.2.1. Türkiye’de Mevcut Yasal Düzenlemelerin İyileştirilmesine İlişkin Hususlar

Türkiye’de iklim değişikliği ve enerji verimliliği ile ilgili yasal düzenlemeler, son yıllarda artan farkındalıkla önemli bir kalkınma potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda, karbon nötrlük hedefinin mevzuat yoluyla netleştirilmesi ve bağlayıcı hale getirilmesi hem uluslararası iklim taahhütlerinin yerine getirilmesini kolaylaştıracak hem de çevresel sürdürülebilirliğe yönelik güçlü bir adım olacaktır. Şu anda taslak aşamasında olan İklim Yasası’nın yürürlüğe girmesi, Türkiye’nin iklim politikalarında bütünsel bir yaklaşım benimsemesine katkıda bulunacaktır. Ayrıca, kentsel dönüşüm projelerinin çevresel hedeflerle daha entegre bir şekilde tasarlanması, sadece altyapı ve konut yenileme açısından değil, aynı zamanda karbon emisyonlarının azaltılması ve sürdürülebilir kentleşmenin sağlanması açısından da büyük fırsatlar sunmaktadır. Bu alandaki adımlar, Türkiye’nin iklim kriziyle başa çıkmak için daha etkili politikalar geliştirmesini ve şehirlerini gelecek için daha dayanıklı hale getirmesini sağlayacaktır.

- Türkiye enerji performansı ve yeşil sertifikalarda önemli ilerleme kaydederken, bu alandaki ilerlemeyi daha da güçlendirmek için büyük fırsatlar var. Avrupa

Birliği'nin Binaların Enerji Performansı Yönergesi (BEPY) ile tam uyum, Türkiye'nin enerji verimliliği konusundaki yasal çerçevesini güçlendirecek ve çevresel etkilerin azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunacaktır. Bu bağlamda, enerji verimliliği uygulamalarının teşvik temelli olmaktan daha zorunlu hale getirilmesi, yeşil sertifikaların çoğalmasını ve sürdürülebilir bina uygulamalarının benimsenmesini kolaylaştıracaktır. Kentsel dönüşüm projeleri, enerji performansını daha yüksek bir öncelik haline getirerek hem uzun vadeli tasarruf sağlayabilir hem de çevresel sürdürülebilirliği destekleyebilir. Bu alanlardaki adımlar, Türkiye'nin uluslararası standartlara uyumunu artıracak ve sürdürülebilir şehircilik hedeflerine ulaşılmasını hızlandıracaktır.

5.2.2. Türkiye'de Mevcut Yasal Düzenlemelerin İyileştirilmesine Yönelik Öneriler

Öneriler, şehrimizin ilgili paydaşlarının görüşleri dikkate alınarak ve mevcut yasal çerçeveyi bütüncül bir şekilde değerlendirerek geliştirilmiştir. Bu süreçte yerel yönetimlerden, inşaat sektöründen ve enerji ve çevre alanlarında faaliyet gösteren kuruluşlardan gelen katkılar önemli bir rol oynamıştır. Bununla birlikte, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ve yeşil dönüşüm hedefine ulaşmak için mevcut yasal düzenlemelerin daha da iyileştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu çerçevede, yasal çerçevenin güçlendirilmesi ve yeni stratejik yaklaşımların hayata geçirilmesi için gerekli adımlar ve somut öneriler ortaya konulmaktadır.

Öneriler	Açıklama
İklim Kanunu Yürürlüğü	- Karbon nötrlüğü hedefinin bağlayıcı hale getirilmesi. - Yerel yönetimlerin iklim stratejisi hazırlamasının zorunlu kılınması.
6306 Sayılı Kanun'un Revizyonu	- Kentsel dönüşüm sadece fiziksel değil, enerji ve karbon performansına dayanmalıdır. "Yeşil dönüşüm" tanımının eklenmesi.
Enerji Performansı Geliştirme Yasası Uyarınca Yeni Yapı Yasası	- Yeni binalar için "sıfır enerji" yükümlülüğünün getirilmesi - Enerji performans sınıfı C'nin altında olan binaları dönüştürme yükümlülüğü.
Zorunlu Karbon Ayak İzi ve Yaşam Döngüsü Analizi	Kentsel dönüşüm projelerinde yapı malzemelerinin ve süreçlerinin karbon etkisinin ölçülmesi.
Yeşil Finansman Kanunu	Çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda düşük karbonlu, iklime dayanıklı ve kaynak verimli projelerin, yeşil bina ve dönüşüm projelerinin finansmanının teşvik edilmesi
Yeşil Sertifikasyon Teşvikleri	Yeşil bina sertifikalı projeler için ekstra ruhsat indirimi, ücret muafiyeti, imar avantajı.

Tablo 10. Hukuki çerçeve bağlamında öneriler

5.2.3. Ulusal Strateji ve Eylem Belgelerinin Desteklenmesi

Türkiye, yasal düzenlemelere ek olarak, çevre ve enerji verimliliği konusunda ulusal düzeyde çeşitli strateji ve eylem belgeleri geliştirmiştir. Bu belgeler, çevre dostu büyümeyi teşvik ederek, enerji tüketimini daha verimli hale getirerek, karbon emisyonlarını azaltarak ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımını

artırarak ülkenin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasını desteklemek için kapsamlı hedefler belirlemektedir. Mevzuatın yanı sıra, bu stratejiler sürdürülebilir bir gelecek için gerekli altyapının oluşturulmasına, halkın bilinçlendirilmesine ve çevresel hedeflere ulaşılmasına önemli katkı sağlamaktadır.

- **On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028)**

Türkiye'nin 12. Kalkınma Planı (2024-2028), sürdürülebilir inşaat ve çevresel azaltma konusunda kapsamlı bir yaklaşım benimsemektedir. Plan, iklime duyarlı ve enerji verimli binaların tasarımının yanı sıra mevcut binaların yenilenmesini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla, NSEB (Neredeyse Sıfır Enerji Binası) ve YES-TR gibi sertifikaların kullanımını teşvik edecektir. Ayrıca, bölgesel ısıtma ve ısı pompalarının kullanımının artırılması, enerji verimliliğini artırarak sürdürülebilir enerji kullanımını destekleyecektir. Binaların yaşam döngüsü boyunca çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerini değerlendiren Yaşam Döngüsü Analizi (LCA) uygulamaları da bu planda önemli bir rol oynamaktadır. Binaların çevresel etkilerini izlemek ve azaltmak için Dijital Ürün Pasaportu ve Çevresel Ürün Beyanı gibi yenilikçi araçlar etkili bir şekilde kullanılacaktır^[61].

- **Strateji ve Bütçe Başkanlığı - Orta Vadeli Program (2025-2027)**

Orta Vadeli Program (2025-2027) kapsamında, Türkiye'nin yeşil dönüşüm sürecini hızlandırma politikası, enerji ve iklim alanlarında kapsamlı adımlar içermektedir. Bu çerçevede, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi artırılarak, yerli ürünlerin kullanılması şartıyla Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) projeleri geliştirilerek ve açık deniz rüzgar enerjisi potansiyelinden yararlanmak için çaba gösterilerek dışa bağımlılık azaltılacaktır. Enerji verimliliği, özellikle enerji yoğun sektörlerde rekabet gücü ve yerli üretim dikkate alınarak artırılacaktır. Ayrıca, Ulusal Yeşil Sertifikasyon Sistemi'nin (YeS-TR) uygulanmasının yanı sıra yenilenebilir enerji kullanımı ve enerji verimliliği öncelikleri yüksek yeşil binaların yaygınlaştırılması desteklenecektir. Program ayrıca, sera gazı emisyonlarını azaltma ve iklim değişikliğine uyum sağlama hedefleri doğrultusunda İkinci Ulusal Katkı Beyanı ve Uzun Vadeli İklim Değişikliği Stratejisi 2053'ün hazırlığını da sonuçlandıracaktır. Bu politikalar, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasını desteklemek için önemli araçlardır^[62].

- **Türkiye Cumhuriyeti İlk Ulusal Katkısını Güncelledi**

Türkiye'nin 2030 yılına kadar inşaat sektörüne yönelik ana azaltım politikaları, çevresel etkileri azaltmak ve enerji verimliliğini artırmak için bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır. Bu kapsamda mevcut binaların güçlendirilmesi, enerji verimli yeni binaların inşa edilmesi ve özellikle yoğun nüfuslu alanlarda merkezi ısıtma çözümlerinin kullanılması öne çıkmaktadır. Şehir merkezlerinden uzak bölgelerde ise ısı pompaları, kombine ısı ve enerji santralleri ile jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımının teşvik edilmesi planlanmaktadır. Ayrıca ısı kaybının önlenmesi, atık ısı kullanımı ve ısı depolama çözümleri stratejinin önemli bileşenleri arasında yer almaktadır. Binaların tasarım ve inşasında kaynak ve enerji verimliliğini artırmak amacıyla entegre bina tasarımı, Bina Bilgi Modellemesi (BIM) ve modüler inşaat teknolojilerinin yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. Bunun yanında sıfır atık sistemlerinin kurulması, gri su ve yağmur suyunun kullanımına yönelik teşviklerin sağlanması ve yenilenebilir enerjinin kendi kendine tüketiminin artırılması da politika kapsamında desteklenmektedir. Konut ve ticari binalarda bina performans kodları ve standartlarının uygulanması ile birlikte enerji verimli beyaz eşya ve elektrikli cihazların kullanımının yaygınlaştırılması da bu stratejilerin önemli bir parçasını oluşturmaktadır^[63].

- **Türkiye'nin 2053 Uzun Vadeli İklim Stratejisi**

Türkiye'nin uzun vadeli iklim stratejisi 2053'ün bir parçası olarak, inşaat sektörü net sıfır emisyon hedefine ulaşmak için kilit öncelik alanlarından biri olarak belirlenmiştir. Bu çerçevede geliştirilen stratejiler arasında doğrudan binalarda kullanılan enerjinin karbondan arındırılması, Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar (NSEB) uygulamasının genişletilmesi ve YeS-TR (Yeşil Sertifikasyon Sistemi) kullanımının artırılması yer almaktadır. Azaltma hedefleri doğrultusunda, 2025 yılına kadar, 2000 m² veya daha fazla taban alanına sahip yeni binalar NSEB standartlarını karşılayacak; 2030 yılına kadar, kamu binalarında %30 enerji tasarrufu hedeflenecek; 2033 yılına kadar, tüm yeni binaların A sınıfı Enerji Performans Sertifikasına (EPC) sahip olması zorunlu olacak; ve 2043 yılına kadar, tüm yeni binalar Net Sıfır Operasyonel Karbon binaları olarak inşa edilecektir. 2053 yılına gelindiğinde, inşaat sektöründen kaynaklanan emisyonlar sıfıra yakın olacak ve

30 yıl boyunca yaklaşık 2 milyar ton CO₂ eşdeğer emisyonu önleyecektir. Uyum tarafında, özellikle elektrik sistemlerinin dayanıklılığını artırmak ve sürdürülebilir enerji kullanımını desteklemek için iklim değişikliğine uyum önlemlerini enerji altyapılarına entegre etmek amaçlanmaktadır. Bu yaklaşım, enerji güvenliğini artırmayı ve iklime dayanıklı kentleşmeyi teşvik etmeyi amaçlamaktadır^[64].

- **2024-2030 İklim Değişikliğini Azaltma Stratejisi ve Eylem Planı**

2024-2030 İklim Değişikliği Stratejisi ve Eylem Planı kapsamında enerji ve bina sektörleri için bir dizi stratejik önlem belirlenmiştir. Elektrik üretimi alanında amaç, karbon yoğunluğunu azaltmak ve düşük karbonlu üretim teknolojilerini yaygınlaştırmaktır. Buna ek olarak, kaçınılmaz sera gazı emisyonlarını azaltmak için karbon yakalama, kullanım ve depolama (CCUS) teknolojilerinin konuşlandırılması için bir yol haritası geliştirilecektir. Binalar sektöründe, mevcut ve yeni binalarda enerji verimliliğinin artırılmasına odaklanılacaktır. Elektrikli ev aletlerinin enerji verimliliğini artırarak tüketim de azaltılacaktır. Bölgesel ısıtma ve soğutma sistemlerinin genişletilmesi ve Yeşil Sertifikasyon Sistemi (YeS-TR) aracılığıyla çevre dostu tasarım ve malzemelerin kullanımının teşvik edilmesi de önemli stratejilerdir. Buna ek olarak, inşaat ekosisteminin dijital dönüşümü sağlanacak ve Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) araçlarının kullanımı teşvik edilecek ve desteklenecektir. Bu önlem, enerji verimliliğini artırarak sera gazı emisyonlarının azaltılmasına önemli katkı sağlamayı amaçlamaktadır^[65].

- **İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030)**

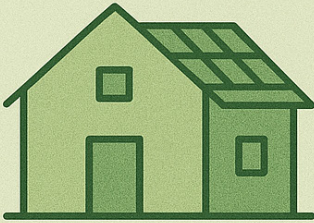
İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030), enerji ve bina sektörlerinde iklim değişikliğine uyum sağlamak ve sürdürülebilirliği artırmak için bir dizi politika ve eylem ortaya koymaktadır. Enerji sektörü için, iklime dayanıklı altyapı inşa etmeyi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmayı ve enerji üretim sistemlerini iklim koşullarına uyarlamayı amaçlamaktadır. Şehirlerin ve kentsel sakinlerin uyarlabilir kapasitesini ve dayanıklılığını artırma stratejisinin bir parçası olarak, bina sektörü, bina çatılarının ve cephelerinin şiddetli hava olaylarına karşı dayanıklılığını artırmak ve sahaya özgü yeşil çatılar, cepheler ve akıllı bina uygulamaları geliştirmek için harekete geçecektir. Buna ek olarak, bina tasarımı, verimli cihazlar, yeni ve verimli teknolojilerin kullanımı

ve bölgesel ısıtma/soğutma sistemlerinin yaygınlaştırılmasından başlayarak binalarda enerji verimliliği artırılacaktır^[66].

• **Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2024-2030)**

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan “Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı II (2024-2030)”, Türkiye’nin sürdürülebilir kalkınma ve iklim hedefleri doğrultusunda enerji verimliliğini artırmak için bütünsel bir yol haritası sunmaktadır. Bu bağlamda enerji verimliliği sadece ekonomik bir gereklilik olarak değil, aynı zamanda çevre ve iklim dostu bir dönüşüm aracı olarak da değerlendirilmektedir. Özellikle yeni ve mevcut binalarda enerji tüketimini azaltmayı, yeşil bina uygulamalarını genişletmeyi ve enerji kimlik belgesi sistemini güçlendirmeyi amaçlayan stratejinin öncelikli alanları arasında yapı sektörü yer alıyor. Ayrıca yenilenebilir enerji sistemlerinin entegrasyonunu, akıllı kontrol teknolojilerini ve binalarda verimli ekipman kullanımını teşvik ederek karbon emisyonlarının azaltılması planlanmaktadır. Strateji, özellikle enerji yoğun sektörlerde ve kentleşmede, çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda iklim değişikliğiyle mücadelede katkıda bulunacak azaltım ve uyum önlemlerinin uygulanmasını öngörmektedir. Böylece, Türkiye’nin 2053 net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda, enerji verimliliği, ekonomik büyümeyi çevresel sorumlulukla dengeleyen kilit bir politika aracı olarak konumlandırılmaktadır^[67].

SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTSEL ARAZİ KULLANIM PLANLAMASI VE TASARIMI



6. Bölüm

Sürdürülebilir Kentsel Arazi Kullanımı Planlama ve Tasarım Modülü

6.1. Sürdürülebilir Kentsel Arazi Kullanımının Önemi

Günümüz şehirleri, hızlı nüfus artışı, doğal kaynakların tükenmesi ve iklim değişikliği gibi küresel zorluklarla karşı karşıyadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir kentsel arazi kullanımı sadece çevresel etkileri azaltmak için değil, aynı zamanda sosyal entegrasyonu, ekonomik verimliliği ve yaşam kalitesini artırmak için de kritik öneme sahiptir. Planlama süreçlerinin bireysel binalardan mahalle ve ilçelere geçişi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada kilit bir rol oynamaktadır.

Sürdürülebilir arazi kullanımı, kaynak kullanımını optimize etmeyi, ulaşım bağımlılığı azaltmayı, yeşil altyapıyı entegre etmeyi ve afetlere karşı dayanıklı şehirler inşa etmeyi amaçlamaktadır. Planlama sırasında enerji, su, atık ve ulaşım gibi temel altyapı konularının bütünsel olarak ele alınması, hem emisyonların azaltılmasına hem de yaşam kalitesinin iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Bina ölçeğinden ilçe ölçeğine geçiş, sürdürülebilirlik açısından birçok avantaj sunmaktadır:

- Enerji verimliliği, ulaşım planlaması ve sosyal altyapı daha bütünsel olarak ele alınabilir.
- Yeşil altyapı, kamusal alanlar ve sosyal etkileşim alanları gibi unsurlar entegre edilebilir.
- Esnek ve kapsayıcı şehirler oluşturmak mümkün hale gelir.

Uluslararası çalışmalar, bölge düzeyinde planlamanın izole bina performansından çok daha büyük bir etki yarattığını göstermektedir. Bu nedenle, Build4GreenIST projesinde gösterildiği gibi, kentsel ölçekte sürdürülebilirlik uygulamaları bina enerji performansı ile sınırlı olmamalı, aynı zamanda arazi kullanım kararlarını, sosyal yapıları, ulaşım ağlarını ve altyapı sistemlerini de kapsamalıdır.

6.2. Yeşil İlçeler: Belgelendirme Sistemleri ve Planlama Yaklaşımları

Kentsel ilçeler için geliştirilen yeşil sertifikasyon sistemleri, planlamada çevresel, sosyal ve ekonomik kriterlerin birlikte değerlendirilmesini sağlar. Bu sistemler, bireysel binaların ötesinde altyapı, ulaşım, kamusal alanlar, doğal

sistemler ve sosyal dinamiklerin değerlendirilmesini gerektirir. Yerel yönetimler, planlamacılar ve uygulayıcılar için kapsamlı rehberler olarak hizmet ederler.

Önemli uluslararası sistemler arasında şunlar yer almaktadır:

- BREEAM Topluluklar
- Şehirler ve Topluluklar için LEED
- LEED-ND (Mahalle Gelişimi için Enerji ve Çevre Liderliği Sertifikası)
- DGNB Kentsel Alanlar
- YES-TR Yerleşmeler

Bu sistemler sürdürülebilirliği bina seviyesinden mahalle seviyesine kadar planlamaya entegre etmek ve iklime dirençli kentsel çevreler yaratmak gibi ortak bir amacı paylaşmaktadır. Bu sistemlerin İstanbul gibi şehirlerde uygulanması, ulaşımdan kaynaklanan emisyonların azaltılmasına, kentsel ısı adası etkilerinin hafifletilmesine ve sosyal içermenin artırılmasına yardımcı olabilir. Ayrıca, yerel yönetimleri ve geliştiricileri, vatandaşları da sürece dahil eden daha katılımcı ve doğa temelli planlama yöntemlerini benimsemeye teşvik ederler.

6.3. Yeşil Kentsel Dönüşüm Potansiyeli ve Doğa Temelli Çözümler

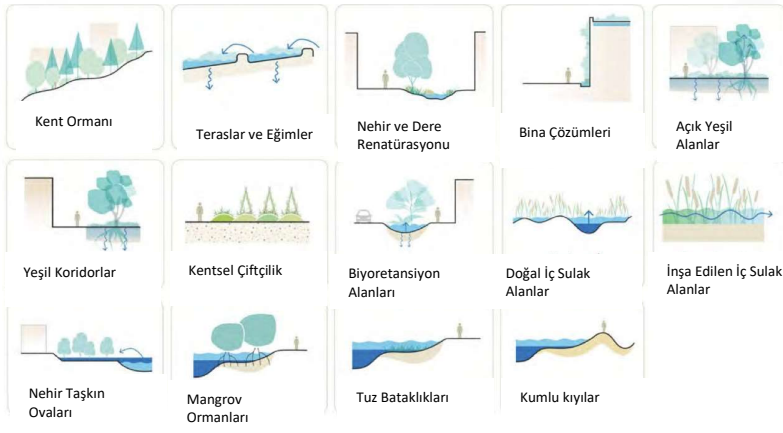
Eşsiz coğrafi konumu, çeşitli mikro iklimleri ve zengin ekosistem çeşitliliği ile İstanbul, doğaya dayalı çözümlerin uygulanması için önemli bir potansiyele sahiptir. Bununla birlikte, şehrin çevresel sürdürülebilirliği, hızlı nüfus artışı, yoğun kentsel gelişim ve yeşil alanların sınırlı mevcudiyeti nedeniyle giderek daha fazla tehdit altındadır. Bu nedenle, kentsel dönüşüm bağlamında, yalnızca karbon nötrlüğünün sürdürülmesi değil, aynı zamanda İstanbul'un doğal karakteriyle uyumlu ve yerel ekosistemlerini güçlendiren doğa temelli çözümlerin entegre edilmesi de esastır. Marmara Denizi'ne kıyı erişimi, önemli orman alanları ve kentsel tarım potansiyeli, şehri daha yaşanabilir, dayanıklı ve çevre dostu hale getirmek için güçlü bir temel sağlar.

Bu bağlamda, doğa temelli çözümler, İstanbul'un kentsel ve çevresel zorluklarının kapsamlı ve uyarlanabilir bir şekilde ele alınması için değerli bir çerçeve sunmaktadır. İklimle ilgili zorlukların yoğunlaşması karşısında, doğa temelli çözümler (NbS), sürdürülebilir kentsel ve çevresel planlamaya stratejik ve bütünsel bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. Bu çözümler, aynı anda çevresel,

sosyal ve ekonomik faydalar sağlamak için doğal süreçlere ve ekosistem hizmetlerine dayanmaktadır. NbS, özünde ekosistemleri restore etmeyi ve korumayı, iklim değişikliğine toplumsal adaptasyonu geliştirmeyi ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunmayı amaçlamaktadır^[68]. Doğaya sosyoekonomik kalkınmaya eşit değer veren entegre bir bakış açısı içerirler.

Tipik olarak tasarlanmış yapılara dayanan geleneksel “gri altyapının” aksine, NbS doğal sistemlerle çalışan veya onları taklit eden “yeşil altyapıya” öncelik verir. Örneğin, kıyı taşkınlarını önlemek için beton deniz duvarları inşa etmek yerine, NbS deniz ekosistemlerinin korunmasını ve rehabilitasyonunu teşvik etmektedir. Benzer şekilde, hayati önem taşıyan karbon yutakları olarak işlev gören ormanların korunması ve restore edilmesi, atmosferik karbon seviyelerinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır^[68].

Başlangıçta tarım ve su yönetimi gibi sektörlere odaklanırken, NBS kentsel iklim stratejilerinde giderek daha merkezi bir konuma gelmiştir. Çok işlevli yapıları, maliyet etkinlikleri ve iyileştirilmiş halk sağlığı, azaltılmış enerji kullanımı ve daha iyi hava kalitesi dahil olmak üzere bir dizi ortak fayda üretme yetenekleri, onları şehir planlamacıları için oldukça cazip hale getirmektedir^[69]. Ortak kentsel NbS, yeşil çatılar, topluluk bahçelerini, yeşil koridorları ve kentsel yeşil alanları içerir; bunların hepsi yalnızca iklim eylemini desteklemekle kalmaz, aynı zamanda genel kentsel yaşanabilirliği de iyileştirir.



Şekil 32. Kentsel dayanıklılık için doğa temelli çözüm önerileri^[68].

Dünya Bankası'nın "*Dayanıklı Şehirler için Doğaya Dayalı Çözümler Kataloğu*", NbS'nin çeşitli coğrafi ve iklimsel bağlamlarda uygulanması için kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Katalog, aşağıdakiler de dahil olmak üzere kentsel dayanıklılığı artıran ve uzun vadeli çevresel sürdürülebilirliği destekleyen çeşitli uygulamaları özetlemektedir:

- **Kent Ormanları:** Yeşil alanları genişleterek karbon tutmayı artırmak, biyoçeşitliliği desteklemek ve sakinlere doğaya rekreasyonel erişim sağlamak.
- **Teraslama ve Eğim Yönetimi:** Yağmur suyunun tutulmasını iyileştirmek, erozyonu önlemek ve kentsel alanlarda sürdürülebilir peyzaj planlamasını desteklemek.
- **Akarsu ve Dere Restorasyonu:** Doğal su akışlarını yeniden tesis ederek su ekosistemlerini canlandırmak, taşkın risklerini azaltmak ve su kalitesini iyileştirmek.
- **Bina - Entegre Çözümler:** Emisyonları ve enerji kullanımını azaltmak için yeşil çatılar, güneş panelleri ve yüksek performanslı pencereler gibi özelliklerle enerji verimli mimariyi teşvik etmek.
- **Açık Yeşil Alanlar ve Parklar:** Sakinlere psikolojik refahı destekleyen, sosyal etkileşimi teşvik eden ve insan - doğa bağlantısını güçlendiren doğal ortamlar sağlayın.
- **Yeşil Koridorlar:** Ekolojik sürekliliği teşvik etmek, yaban hayatı göç yollarını korumak ve kentsel biyoçeşitliliği artırmak için kentsel yeşil alanları birbirine bağlamak.
- **Kentsel Tarım:** Şehirlerdeki gıda üretim projeleri yoluyla yerel gıda güvenliğini güçlendirmek ve kentsel ısıyı azaltmak.
- **İnşa Edilmiş ve Doğal Sulak Alanlar:** Kirleticileri filtrelemek, yağmur suyunu yönetmek ve ekolojik sağlık ile biyoçeşitliliği destekleyen habitatlar oluşturmak.
- **Mangrovlar ve Tuz Bataklıkları:** Kıyı erozyonunu azaltmak, su kalitesini artırmak ve deniz türlerinin yaşam alanlarını korumak.

Dünya Bankası kataloğu, bağlama duyarlı ve kanıta dayalı NbS uygulamaları yoluyla iklim direncini artırmak isteyen belediyeler için değerli bir rehber görevi görmektedir^[68].

Yerel adaptasyon, başarılı bir uygulamada kilit bir ilke olmaya devam etmektedir. Örneğin, Milano'daki 3 hektarlık bir kentsel orman, sel riskini

azaltarak, biyolojik çeşitliliği koruyarak ve su kalitesini artırarak önemli ölçüde çok işlevlilik göstermiştir. Ayrıca yılda yaklaşık 11,7 ton çözülmüş organik karbon tuttuğu ve karbon azaltma çabalarına katkıda bulunduğu gösterilmiştir^[70].

Benzer şekilde, Lahor'un "Özgürlük Ormanı", yalnızca hava kirliliğini ve aşırı sıcaklığı ele almak için değil, aynı zamanda toplumsal cinsiyet eşitsizliklerine meydan okuyan ve kamusal alanlarda güvenliği teşvik eden kapsayıcı planlama ilkelerini iletirmek için tasarlanmış başka bir açıklayıcı örnek olarak hizmet etmektedir^[71].

Hamburg'un çok işlevli yağmur suyu toplama parkı bir başka zorlayıcı durum sunuyor. Hem rekreasyonel bir oyun alanı hem de taşkın azaltma sistemi olarak işlev gören NbS'nin aynı anda su yönetimine, karbon yakalamaya, kentsel soğutmaya ve kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasına nasıl katkıda bulunabileceğini örneklemektedir^[72].

İstanbul'dan Doğa Dayalı Bir Çözüm Örneği: Kadıköy Belediyesi Yağmur Suyu Hasadı Uygulamaları

İstanbul'da doğa temelli çözümlerin dikkate değer kentsel ölçekli örneklerinden biri, Kadıköy Belediyesi tarafından uygulanan yağmur suyu hasadı girişimidir. Bu uygulamalar, sürdürülebilir kentsel su döngüsü yönetimi ve iklim değişikliğine uyum stratejileri çerçevesinde önemli araçlar olarak kabul edilmektedir.

Ekolojik Yaşam Merkezi, Kayışdağı Hizmet Birimi, Aysel Abdullah Öğücü Kız Öğrenci Yurdu, Kadıköy Tasarım Atölyesi ve Geçici Hayvan Barınağı da dahil olmak üzere çeşitli belediye tesislerinde yağmur suyu hasat sistemleri kurulmuştur. Çatılardan toplanan yağmur suları, bahçe sulama, temizlik, tuvalet yıkama ve araç yıkama gibi ikincil amaçlar için yeniden kullanılır. Örneğin, Geçici Hayvan Barınağında kurulan sistemin yıllık su tüketimini yaklaşık %40 oranında azaltacağı öngörülmektedir.

Bu uygulamalar sadece teknik düzeyde değil, yerel yönetim mekanizmaları aracılığıyla da desteklenmektedir. 2021 yılında, bir belediye meclisi kararı, 400 m² veya daha fazla parsellerde inşa edilen tüm yeni binalara yağmur suyu ve gri su toplama sistemlerinin dahil edilmesini zorunlu kılmıştır. Ulusal gerekliliklerin ötesine geçen bu düzenleme, yerel kentsel bağlamda doğa temelli çözümlerin uygulanabilirliğini artırmaktadır.

2025 yılı başı itibariyle, çeşitli belediye hizmetlerinde toplam 2.634 ton yağmur suyu toplanmış ve yeniden kullanılmıştır. Bu uygulama, kentsel su yönetiminde alternatif su kaynaklarının kullanımını teşvik etmekte ve doğaya dayalı çözümlerin çok işlevli faydalarını açıkça göstermektedir^[73].

Bu örnekler, aynı zamanda kentsel yaşam kalitesini artırırken iklim zorluklarını ele almak için doğaya dayalı çözümlerin potansiyelinin altını çizmektedir. Ekolojik, sosyal ve teknik hususların entegrasyonu yoluyla, NbS şehirlere daha sürdürülebilir ve esnek bir geleceğe doğru sağlam bir yol sunmaktadır.

6.4. Konut Alanı Ölçeği Uygulama Örnekleri ve İstanbul'a Yönelik Öneriler

Yerleşim alanı ölçeğinde gerçekleştirilen yeşil dönüşüm projeleri, sürdürülebilir şehircilik uygulamalarının sahadaki etkisinin gözlemlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Türkiye ve Avrupa'dan örnekler, doğru planlama ve sertifikasyon süreçleri ile sosyal, çevresel ve ekonomik faydaların bir arada elde edilebileceğini göstermektedir.

Uluslararası örnekler arasında Freiburg Vauban (Almanya) bulunmaktadır. Araçsız yaşam alanları ve enerji kooperatifleri ile tasarlanan DGNB Kentsel Bölge yaklaşımını örnekleyen katılımcı bir planlama modeli ile geliştirilmiştir.

Türkiye'deki örnekler genellikle bina odaklıdır, ancak saha ve kampüs ölçeğindeki bazı gelişmeler (örneğin ekoköy girişimleri, yeşil kampüs projeleri) yerleşim düzeyinde sürdürülebilirlik konusunda deneyim sunmaktadır. Buna ek olarak, YeS-TR gibi yerli belgelendirme sistemleri, Türkiye'nin iklim ve kentleşme dinamiklerine uygun projelerin geliştirilmesini sağlar.

İstanbul'a özel öneriler:

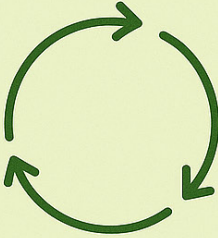
- Doğa temelli çözümlerin ve yeşil altyapının mevcut kentsel dönüşüm alanlarına entegrasyonu teşvik edilmelidir.
- Yerel yönetimler, YeS-TR gibi ulusal sistemlerin yanı sıra uluslararası sertifikasyon sistemlerinden de ilham alarak sürdürülebilirlik kriterlerinin planlama kararlarına entegre edilmesini sağlamalıdır.
- Kentsel analizler sonucunda ulaşım, yoğunluk ve ekosistem bütünlüğü açısından riskli görülen alanlarda pozitif enerji bölgeleri ve karbon nötr mahalle pilotları başlatılabilir.

- Vatandaş katılımına açık planlama süreçleri ile sosyal içerme ve uygulama yeteneği artırılmalıdır.

Sürdürülebilir kentsel arazi kullanımı sadece fiziksel alanın planlanması değil, aynı zamanda toplum refahı, çevresel denge ve ekonomik dayanıklılık için de bir temeldir. Build4GreenIST projesinin bu modülü, yeşil yerleşim alanlarının, ulusal ve uluslararası sertifikasyon sistemlerinin, doğaya dayalı çözümlerin ve İstanbul'un bu dönüşümdeki potansiyelinin önemine odaklanmaktadır. Bina ölçeğinden mahalle ve ilçe ölçeğine geçiş, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada kritik bir adımdır. İstanbul gibi büyük şehirlerde, bu geçişin sadece çevresel değil, aynı zamanda sosyal içerme, dayanıklılık ve yaşam kalitesine doğrudan katkıda bulunması öngörülmektedir. Bu çerçevede, sürdürülebilir kentsel planlamaya yönelik bütüncül yaklaşımların ve uygulanabilir stratejilerin yaygınlaştırılması yeşil dönüşümün önünü açacaktır.



KATILIMCI GEÇİŞ



7. Bölüm

Katılımcı Geçiş
Modülü

7.1. Yeşil Dönüşüme Katılım

Karbon nötr şehirlere geçiş sadece çevresel değil, aynı zamanda sosyal ve ekonomik dönüşümü de gerektirmektedir. Bununla birlikte, böyle büyük bir değişikliğin etkili olması için, vatandaşların ve diğer paydaşların süreci anlamaları, katılmaları ve desteklemeleri çok önemlidir. Katılımcı dönüşüm, geçiş süreci boyunca bu birliği sağlar ve çeşitli açılardan karbon nötr şehirlerin oluşmasına katkıda bulunur. Bunlar arasında artan sosyal farkındalık ve bilinç, politikaların daha iyi kabul edilmesi ve uygulanmasının kolaylaştırılması, yerel ihtiyaçlara göre uyarlanmış çözümler yaratma çabalarının geliştirilmesi ve sonuç olarak ekonomik katkılar ve yeni fırsatlar yer almaktadır.

Katılımcı dönüşüm süreci, güçlü topluluk katılımını gerektirir. Halk katılımının önemi, karar alma süreçlerinde daha doğru ve yerel olarak uygun kararların alınmasında, sorunların tanımlanmasında ve etkili çözümlerin tartışılmasında yatmaktadır. Ek olarak, bu süreç topluluk içindeki güven düzeyini artırır ve işbirliği süreçlerini kolaylaştırır.

7.2.Sosyal Katılım Sürecinin Adımları

Halkın katılımı sürecinin tasarımı 6 ana adımda tanımlanabilir:

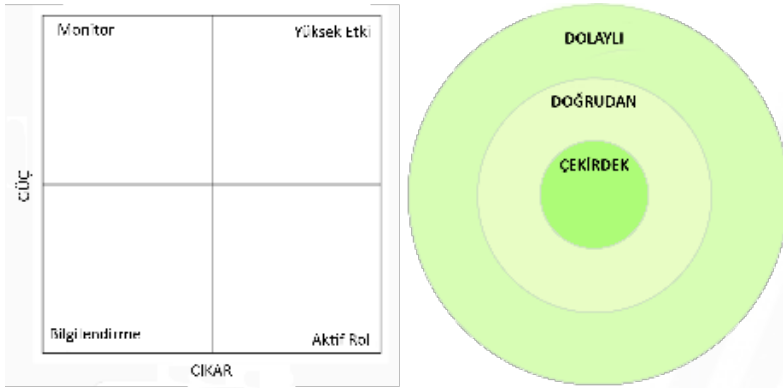
- Amaç ve hedeflerin tanımlanması
- Hedef kitlenin ve paydaşların belirlenmesi
- Katılım düzeyinin ve yöntemlerinin belirlenmesi
- İletişim taslağı geliştirme
- Uygulama
- İzleme

Katılım sürecine öncülük eden kurumlar öncelikle katılım yoluyla neyi başarmayı hedeflediklerini ve ne tür geri bildirimler aradıklarını net bir şekilde tanımlamalıdır. Örneğin, bir şehir için planlanan yenilenebilir enerji geçiş projesinde, kurumun şehrin enerji geçişi ve yenilenebilir enerji entegrasyonu ile neyi başarmayı amaçladıkları, karbon emisyonlarını ne kadar azaltmayı planladıkları, hangi yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmayı planladıkları ve ne

tür bir toplum katılımı bekledikleri gibi soruları sürecin en başında cevaplaması çok önemlidir.

İkinci adım, hedef kitleyi ve paydaşları belirlemek, karar verme süreçlerini etkilemenin önemli bir parçasıdır. Önerilen veya tasarlanan proje ile ilgili kime danışılacağı, süreçte kimin söz sahibi olacağı, hangi paydaşların bilgilendirileceği ve hangilerinin süreç üzerinde en büyük etkiye sahip olacağının planlanması esastır. Belirli konuların farklı seviyelerde birden fazla hedef kitlenin katılımını gerektirebileceğini kabul etmek de önemlidir.

Bu süreci tasarlamak için çeşitli yöntemler kullanılabilir, paydaş haritalaması en yaygın olanlardan biridir. Bu yöntemin amacı, belirlenen proje ile ilgili olabilecek paydaşların gücünü ve çıkar düzeyini belirlemek ve doğrudan veya dolaylı bir etkiye sahip olup olmadıklarını değerlendirmektir. Aşağıda bu yöntemin nasıl uygulanabileceğine dair bazı örnekler verilmiştir.



Şekil 33. Paydaş haritalama ve etki analizi yöntemi örnekleri

Bir sonraki adım, katılım seviyesinin ve yöntemlerinin belirlenmesi olmalıdır. Katılım düzeyini belirlemek için, paydaşlardan gelen katkının proje için destek kazanmayı mı yoksa proje süreci boyunca paydaşlarla etkileşim kurmayı mı amaçladığına karar verilmelidir. Buna dayanarak, katılım yöntemi buna göre tanımlanacaktır.

Katılım yöntemini belirlerken aşağıdaki sorulara dikkat edilmelidir:

- Belirli yöntemleri kullanmak için yasal bir zorunluluk var mı?
- Geçmişte benzer plan veya projelerde hangi yöntemler başarıyla uygulanmıştır?

• İlgili paydaşlar, katılım için tercih ettikleri yöntemleri ifade etme fırsatı bulmuş mu?

- Belirli yöntemlerin avantajları ve dezavantajları nelerdir?
- Yöntemin ilgili paydaşlara ulaşmadaki etkinliği değerlendirildi mi?

Bu soruların ele alınmasıyla, katılım düzeyinin temeli oluşturulur ve yapılandırılır. Katılım sürecinin etkin yönetimini geliştirmek için, her bir faaliyetin verimli bir şekilde uygulanması için yeterli zaman ve kaynakların mevcut olup olmadığı gibi hususlar dikkate alınmalıdır. Ek olarak, katılım yöntemlerinin ve faaliyetlerinin yaratıcılığını artırmak için çeşitli alternatifler araştırılabilir.

Büyük Ölçekli Katılım Etkinlikleri için:

- Halka Açık Toplantılar → Kasaba meydanı forumları, açık hava atölyeleri
- Atölyeler → Kolektif istihbarat fuarları, interaktif tematik atölyeler
- Danışma Panelleri → Uzman + halka açık karma oturumlar, konuk konuşmacı etkinlikleri

→ Katılımcı Bütçeleme Toplantıları → Hedeflenen Küçük Grup Çalışmaları için proje önceliklendirme faaliyetleri:

- Odak Grup Tartışmaları → Sektöre özgü oturumlar (örneğin, endüstri temsilcileri, STK'lar, gençlik grupları)
- Yuvarlak Masa Toplantıları → Tematik masa rotasyonu (her masada farklı konular tartışılır ve katılımcılar yer değiştirir)
- Vaka Çalışmaları ve Rol Yapma → Farklı paydaşların çeşitli bakış açılarını deneyimlemesine izin verme

Bireysel Katılım Yöntemleri:

- Anketler → Hızlı mikro anketler (sosyal medya, e-posta, QR kod erişimi yoluyla)
- Çevrimiçi Beyin Fırtınası Platformları → Miro, Mentimeter, Jamboard gibi araçları kullanarak dijital katılım
- Öneri Kutuları ve Bülten Panoları → Hem dijital hem de fiziksel ortamlarda fikir toplama
- Kısa Video/Yazı Yarışmaları → Halka açık çözüm önerilerini yaratıcı formatlarda toplama

Etkileşimli, Yaratıcı Yöntemler:

- Kentsel Keşif Turları → Halk, sorunlu veya potansiyel olarak gördüğü alanları değerlendirir
- Harita Tabanlı Katılım Araçları → Katılımcılar sorunları ve çözüm noktalarını harita üzerinde işaretler
- Hackathonlar → Özellikle genç ve teknoloji odaklı katılımcılarla çözüm geliştirme maratonları
- Gelecek Senaryo Tasarımı → Katılımcılarla uzun vadeli vizyonların hayal edilmesi

Kapsayıcı Karar Verme Modelleri:

- Vatandaş Jürisi → Halktan rastgele seçilen bir grup konuyu değerlendirir ve öneriler geliştirir
- Katılımcı Bütçeleme Simülasyonu → Katılımcılar bütçe yönetimini deneyimlemekte ve proje tekliflerini önceliklendirmektedir
- Tematik Çalışma Grupları → Uzmanlaşmış, devam eden paydaş grupları (örneğin, enerji, ulaşım, yeşil alanlar)



Şekil 34. Kapsayıcı karar verme modeli örnekleri

Seçilen katılım yöntemine göre bir sonraki aşamada konuyu ve iletişim ihtiyaçlarını özetleyen bir iletişim taslağı geliştirilir. Bu noktada, hedef kitlenin demografik özelliklerini keşfetmek önemlidir. Bu, hedef kitleyle etkili bir şekilde

iletişim kurmak için dil engellerini, ulaşım ihtiyaçlarını ve üstesinden gelinmesi gereken diğer zorlukları belirlemeye yardımcı olacaktır.

Bu süreci daha iyi yönetmek için, halkın katılım süreçlerinin birden fazla paydaşla yürütüldüğü başarılı küresel örnekleri incelemek faydalı olacaktır. Aşağıda bazı örnekler verilmiştir.

İngiltere–Bristol Enerji Ağları

Bristol, karbon nötr hedefleri doğrultusunda yerel toplulukları enerji dönüşümü sürecine dahil etmek için yenilikçi projeler başlatmıştır. Bristol Enerji Ağları, yerel halkın kendi topluluk enerji projelerini geliştirmesini teşvik eden bir yapıdır. Bu ağ aracılığıyla vatandaşlar, yenilenebilir enerji üretimi, enerji verimliliği ve topluluğa özgü enerji kooperatiflerinin oluşturulması gibi alanlarda aktif olarak yer almaktadır. Örneğin, Bristol'un bazı mahallelerinde topluluklar, enerji maliyetlerini düşürürken aynı zamanda elektrik ihtiyaçlarını karşılamak için kendi güneş panellerini kurmaktadır. Bristol Enerji Ağları, enerji projeleri hakkında bilgi sağlamak ve halktan geri bildirim toplamak için yerel etkinliklerde stantlar kurmaktadır. Ayrıca, mahalle düzeyinde düzenli olarak toplantılar ve çalıştaylar düzenlenmektedirler. Bu etkinlikler sırasında vatandaşlar, projelerle ilgili gereksinimlerini, beklentilerini ve fikirlerini paylaşma fırsatı bulmaktadır^[74].

Türkiye, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) “İstanbul Yenileniyor” Platformu

“İstanbul Yenileniyor”, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin (İBB) şehrin riskli ve sağlıksız bina stokunu yenilemek amacıyla başlattığı bir kentsel dönüşüm programıdır. Platform özellikle deprem riski yüksek bölgelerdeki yapıları hedef almakta ve bu yapıları güvenli, dayanıklı ve yaşanabilir hâle getirmeyi amaçlamaktadır. Bu süreç geleneksel yukarıdan aşağıya modellerden farklı olarak, katılımcı ve şeffaf bir yaklaşımla yürütülmektedir.

“İstanbul Yenileniyor” platformu sadece bireysel uygulamalara dayalı bir süreç değildir; aynı zamanda kamu kurumlarını, meslek odalarını, sivil toplum kuruluşlarını, akademiye ve özel sektörü içeren çok katmanlı bir işbirliği modelini temsil etmektedir. Birden fazla paydaşla olan bu etkileşim, projelerin teknik sağlamlığını, sosyal kabulünü ve fizibilitesini artırır. Örneğin, mimar ve mühendis odaları ile teknik istişareler yapılır; STK'lar aracılığıyla mahalle bazlı ihtiyaçlar

belirlenir; ve üniversitelerin uzmanlığı ile sosyal etki değerlendirmeleri yapılır. Buna ek olarak, finansal sürdürülebilirliği sağlamak ve ev sahipleri üzerindeki ekonomik yükü azaltan modeller geliştirmek için bankalar ve kooperatiflerle ortaklıklar kurulmaktadır. Bu çok paydaşlı yapı, sadece binaları yenilemeyi değil, aynı zamanda sosyal dokuyu güçlendirmeyi amaçlayan katılımcı ve kapsayıcı bir kentsel dönüşüm yaklaşımını desteklemektedir.

Platform aracılığıyla, binalarının risk altında olduğuna inanan sakinler, süreci başlatmak için çevrimiçi bir başvuru yapabilir. Bu başvurular İBB'nin uzman ekipleri tarafından gözden geçirilir ve her adım - teknik analiz, yerinde denetimler ve sakinlerle bire bir toplantılar, işbirliği içinde planlanır. Bu anlamda "İstanbul Yenileniyor" pasif alıcılardan ziyade aktif katılımcı olarak halkı içine alan bir dönüşüm modeli sunmaktadır.

Katılımcı yaklaşımın temel bir unsuru, sakinlerin karar verme sürecine aktif katılımıdır. Dönüşüm planları, mülk sahiplerinin talepleri, sosyo-ekonomik koşulları, komşuluk bağları ve yaşanabilir bir çevre ihtiyacı dikkate alınarak şekillenmektedir. Projeler sadece bina bazında değil, mahalle ölçeğinde de değerlendirilerek yerinde yaşama ilkesinin korunması ve dönüşüm sırasında sosyal bağların korunması sağlanmaktadır^[75].

İsveç – Stockholm Kraliyet Limanı Kentsel Dönüşüm Projesi

Stockholm Royal Seaport Projesi, İsveç'in karbon nötr şehir hedefleri doğrultusunda tüm paydaşları içeren büyük bir kentsel dönüşüm girişimidir. Bu projede yerel yönetim, enerji şirketleri, inşaat sektörü, üniversiteler ve toplum temsilcileri sürdürülebilir bir kentsel alan geliştirmek için işbirliği yapmaktadır. Örneğin, bir enerji şirketi olan Vattenfall, bölgenin enerji ihtiyacını karşılamak için yenilenebilir enerji çözümleri sunarken, yerel yönetim yeşil altyapıya yatırım yapıyor ve üniversiteler bu alanlarda araştırma yapıyor. Proje, şehir planlamasında karbon nötr hedeflere tüm paydaşların katkılarıyla nasıl ulaşılabileceğinin başarılı bir örneğidir^[76].

Türkiye, Nilüfer Belediyesi – Mahalle Komiteleri

Nilüfer ilçesinde, bölgede yaşayan kadınların kentsel yönetimde aktif rol almalarını sağlamak ve daha yaşanabilir bir kent yaratılmasına katkı sağlamak amacıyla Nilüfer Kent Konseyi Kadın Meclisi kurulmuştur. Benzer şekilde, gençlerin

karar alma süreçlerine katılımını artırmak için Nilüfer Kent Konseyi Gençlik Meclisi oluşturulmuştur. Bu yapılarla birlikte 42 mahallede Mahalle Komiteleri kurularak vatandaşların mahallelerindeki öncelikli hizmet ihtiyaçlarını belirlemelerine ve şehir yönetişimine doğrudan katılmalarına olanak sağlanmıştır.

Nilüfer Kent Konseyi, Kadın Meclisi, Gençlik Meclisi ve Mahalle Komitelerinde alınan kararlar doğrudan Nilüfer Belediye Meclisinin gündemine getiriliyor. Bu, Nilüfer halkının kentsel yönetimde doğrudan söz sahibi olmasını ve şehirle ilgili kararlara aktif olarak katılmasını sağlar^[77].

Katılım süreçlerinin sürekliliğinin sağlanması ve güven düzeyinin artırılması sürdürülebilirlik için çok önemlidir. Bu nedenle, sürecin iyileştirilmesi için katılımın hem uygulayıcı kurum açısından hem de katılımcıların bakış açısından değerlendirilmesi faydalı olacaktır. Katılım sürecini izlemek için bir sistem kurulmalı ve katılım yönteminin türüne bağlı olarak toplantılara katılım oranları, farklı sektörlerden katılımcı sayısı, eğitim oturumları sonrası geri bildirim puanları ve ortalama katılım süresi gibi göstergeler kullanılarak katılım seviyeleri izlenmelidir. Bu göstergelerden elde edilen sonuçlara dayanarak iyileştirmeler yapılmalıdır.

7.3. Katılım Sürecindeki Zorluklar

Katılımcı süreçler, kapsayıcı ve adil karar vermeyi sağlarken, çeşitli zorluklarla karşılaşabilir. En büyük engellerden biri düşük katılım oranları ve eşit olmayan temsildir. Kamuoyundan kopma, özellikle dezavantajlı grupların dışlanması veya süreçteki güçlü grupların egemenliği, kararların daha geniş bir topluluğa hitap etmesini zorlaştırmaktadır. Ek olarak, zaman ve kaynak yönetimi kritik zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Katılımcı süreçler, maliyetleri arttırabilecek ve süreci karmaşıklataştırabilecek kapsamlı planlama, organizasyon ve geri bildirim döngüleri gerektirir. Çok fazla paydaşın dahil edilmesi koordinasyon sorunlarına yol açabilirken, sürecin uzun sürmesi motivasyon kaybına neden olabilir.

Bir diğer önemli konu ise iletişim ve bilgi eşitsizliğidir. Teknik bilginin halk tarafından anlaşılmaması, güven eksikliği ve dil engelleri gibi engeller süreci verimsiz hale getirebilir. Özellikle karmaşık projelerde, farklı gruplar arasındaki

çatışan çıkarlar da ortak bir çözüm bulmayı engelleyebilir. Bazı gruplar çevresel faydalara odaklanabilirken, diğerleri ekonomik kayıplar konusunda endişelenebilir. Popülist baskılar uzun vadeli projelerin ilerlemesini de engelleyebilir. Süreç başarıyla tamamlansa bile, sonuçların hayata geçirilmesinde yeterli olmayabilir. Katılımcıların geri bildirimleri paylaşılmazsa veya alınan kararlar uygulanamazsa, bu durum kamuoyu güveninin kaybolmasına ve “katılım yorgunluğuna” yol açarak, gelecekteki projeler için motivasyonu oldukça azaltabilir. Etkili bir katılımcı süreç için şeffaflık, kapsayıcılık ve sonuç odaklı bir yaklaşım esastır.

Katılımcı süreçlerde karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmek için kapsayıcı ve erişilebilir bir süreç tasarlamak önemlidir. Farklı grupların eşit temsili sağlanmalı ve dezavantajlı grupların aktif katılımı için özel yöntemler geliştirilmelidir. Örneğin, teknik konuları daha anlaşılır hale getiren sunumlar, kolaylaştırıcılar ve çok dilli materyaller hazırlanabilir. Herkesin sürece uygun şekilde dahil edilmesini sağlamak için kamuya açık toplantılar, çalıştaylar, anketler ve çevrimiçi platformlar gibi çeşitli katılım yöntemleri birlikte kullanılmalıdır. Ayrıca sürecin ilk aşamalarında beklentiler netleştirilmeli ve katılımcılar geri bildirimlerinin nasıl değerlendirileceği konusunda bilgilendirilerek güvene dayalı bir ortam oluşturulmalıdır. Bu şekilde, katılımcılar süreci sadece seyirci olarak değil, gerçek aktörler olarak da benimseyebilirler.

İkinci olarak, etkili zaman ve kaynak yönetimi planlaması büyük önem taşımaktadır. Katılımcı süreçlerin uzun süresi ve maliyeti kaçınılmazken, süreci daha verimli hale getirmek için adımlar atılabilir. Örneğin, süreci daha küçük, yönetilebilir aşamalara ayırmak, her aşamada somut sonuçlar göstermek ve bu sonuçları katılımcılarla paylaşmak, yüksek motivasyonun korunmasına yardımcı olacaktır. Daha geniş bir kitleye ulaşmak ve süreç maliyetlerini azaltmak için dijital araçları ve çevrimiçi platformları kullanmak da etkili bir yöntem olabilir.



8. Bölüm

Modelleme Çerçevesi

8. Modelleme Çerçevesi: Beykoz Vaka Çalışması

Build4Greenist projesi, karbon nötr ve yeşil binalara geçişe odaklanarak, özellikle kentsel dönüşüm için belirlenen alanları ele almaktadır. Kılavuzun bu bölümü, İstanbul Beykoz Cubuklu'daki Gayri resmi yerleşim (gecekondu) yerleri de dahil olmak üzere, kentsel dönüşüm geçirmesi planlanan binalarda enerji tüketimi ve yerinde enerji üretim potansiyelinin analizini içermektedir.

8.1. İstanbul İli, Beykoz İlçesi

Beykoz, İstanbul'un Asya yakasında yer alan bir ilçedir. İlçe, Karadeniz boyunca kuzey kıyı şeridinde sahiptir ve ormanlar, nehirler ve doğal parklarla çevrilidir. Bu özellikler Beykoz'u doğa temelli faaliyetler için cazip bir alan haline getirmektedir. Bağcılığı ve balıkçılığı ile tanınan Beykoz, İstanbul'un genişleyen kentleşmesine rağmen kırsal karakterini korumuştur. 2024 yılı itibarıyla Beykoz'un nüfusu yaklaşık 245.440 kişidir. İlçe 240 km²'lik bir alanı kaplamaktadır ve bu alanın %65'i yeşil alan ve ormanlardan oluşmaktadır. Beykoz, Akdeniz ikliminden ve çevresindeki geçiş iklimlerinden etkilenen, ılıman kışları ve sıcak, kuru yazları olan karışık bir iklime sahiptir. Beykoz ağırlıklı olarak konut amaçlı kullanılmakta olup, kentsel gelişmeyi dengelemek ve doğal çevreyi korumak için kentsel dönüşüm projeleri devam etmektedir.

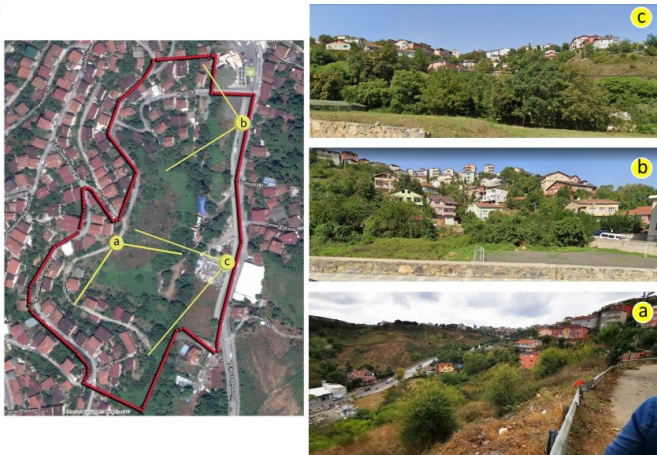
Projedeki kentsel dönüşüm alanı 5,6 hektarlık bir alanı kapsamaktadır. Bölgedeki binaların yaş ortalaması 33'tür ve hepsi konut amaçlı kullanılmaktadır. Binalar düşük mimari kalitede betonarme ile güçlendirilmiştir. Alan, 2018 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından "riskli yapı alanı" olarak ilan edilmiştir. Bu nedenle, Beykoz Kentsel Dönüşüm Projesi'ne atıfta bulunarak, alandaki yapıların acilen yıkılması ve yeniden inşa edilmesi gerekmektedir. Toplam alan içinde 57 binada 141 bağımsız birim bulunmaktadır. Ortalama kat sayısı 2'dir, bu da yaklaşık 14.597 m² inşaat alanına karşılık gelir. Alandaki yaklaşık nüfus 460 kişidir ve bina başına ortalama inşaat alanı 228,7 m²'dir.

8.2. Enerji Modelleri ve Simülasyon Metodolojisi

Vaka çalışması, İstanbul Beykoz'da kentsel dönüşüm sürecinden sonra inşa edilecek bina için farklı senaryoların enerji tüketim düzeylerini karşılaştırmaktadır. Kentsel dönüşüm süreci öncesinde Çubuklu, Beykoz bölgesinden gelen informal yerleşimler Şekil 35 ve Şekil 36'da görülmektedir.

Öte yandan, daha ayrıntılı bir enerji analizi için, Şekil 35, 36 ve 37'de gösterildiği gibi, kentsel dönüşüm sürecinden sonra inşa edilecek binaların mimari planından bir bina (C-02) seçilmiş ve aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Seçilen binanın 3D geometrisi ve dijital modeli, Şekil 35'te görülebilen IESVE yazılımı aracılığıyla yapılmıştır. Yeni binanın enerji tüketimi ve üretim değerleri 7 farklı senaryoda analiz edilmiştir. Bu sonuçlar daha sonra kentsel dönüşüm bağlamında potansiyel enerji tasarruflarını ve performansını değerlendirmek için karşılaştırılmıştır.

Analiz, alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, sürdürülebilir malzemeler ve enerji verimli aktif sistem yapılarının uygulanması yoluyla potansiyel enerji tasarruflarının değerlendirilmesini içermektedir. Ayrıca, kentsel dönüşüm bağlamında enerji tüketimini azaltmak ve sürdürülebilirliği teşvik etmek için en etkili stratejileri belirlemek amacıyla inşa edilecek bina için çeşitli bina senaryoları değerlendirilmektedir.



Şekil 35. İstanbul, Beykoz, Çubuklu'daki gayriresmi yerleşim (gecekondu) yerlerinin vaziyet planı



Şekil 36. Beykoz Çubuklu bölgesinde kentsel dönüşümün yapılması planlanan alanın mevcut görünümü

Şekil 36, kentsel dönüşüm süreci gerçekleştirildikten sonra inşa edilecek yeni binaların vaziyet planını göstermektedir. Bu planda, stratejik konumu ve yönelimi nedeniyle “C-02” binası (şekilde işaretlendiği gibi) seçilmiştir. Binanın giriş cephesi batıya, arka, cam cephesi doğuya bakmaktadır. Ön cephe güneybatıya doğru hafifçe eğimlidir, bu da onu ağırlıklı olarak batıya dönük, ancak küçük bir güney eğimi (güneybatı) ile yapar. Bu benzersiz yönelim hem avantaj hem de dezavantajlar sağlar: batıya bakan cephe öğleden sonra daha fazla güneş ışığına maruz kalmasına izin verirken, güneye doğru eğim de doğal aydınlatma için yararlı olabilecek öğleden sonra güneşi getirir. Ek olarak, bina, doğu cephesi, kuzey, güney ve güneybatıdaki alanı çevreleyen diğer binalarla birlikte tek açık taraf olacak şekilde konumlandırılmıştır. Bu yönelim, “C-02” binasına, sahadaki diğer binalara kıyasla daha fazla güneş ışığı erişimi ve görünürlüğü sağlar ve bu da onu seçim için en uygun seçeneklerden biri haline getirir.



Şekil 37. İstanbul, Beykoz, Çubuklu’da kentsel dönüşümün ardından inşa edilecek binaların site planı

Şekil 38 ve Şekil 39'da kentsel dönüşüm sonrası binaların üstten ve önden görünüşleri sunulmuştur. Spesifik olarak, Şekil 38'de C-02 binası sol tarafta görülebilir.



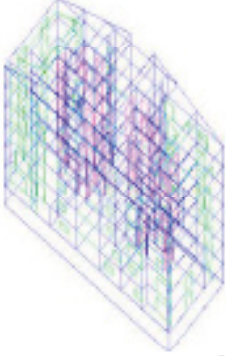
Şekil 38. İstanbul, Beykoz, Çubuklu'da kentsel dönüşüm sonrası yapılacak binaların üstten görünümü



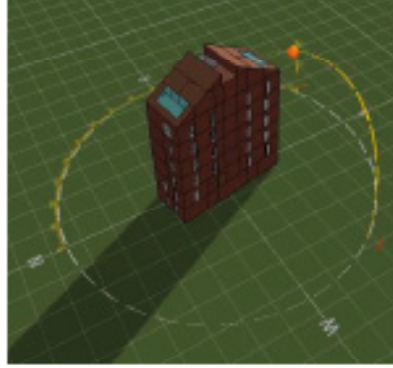
Şekil 39. İstanbul, Beykoz, Çubuklu'da kentsel dönüşüm sonrası yapılacak binaların önden görünümü

Yukarıda da bahsedildiği üzere, kentsel dönüşüm sonrasında inşa edilecek olan C-02 nolu yapının 3 boyutlu geometrisi ve dijital modeli, mimari planına ve bilgilerine göre IESVE yazılımı ile yapılandırılmış ve Şekil 39'da gösterilmiştir. Modelleme amacıyla, bina oryantasyonu buna göre ayarlandı (yukarıda açıklandığı gibi) ve kullanılan iklim verileri IESVE kütüphanesinden İstanbul IWEC dosyasıdır.

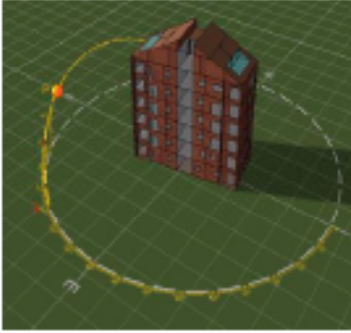
C-02 binası 2 bodrum katı ve en üst katı çatı katı olmak üzere toplam 8 kattan oluşmaktadır. Tamamen yeraltında bulunan en alt kat, barınma amacıyla tasarlanmış iklimlendirilmemiş bir alandır, geri kalan 7 kat ise iklimlendirilmiş alan olarak değerlendirilebilecek yaşam alanlarıdır. Her birinde ortalama 4 ila 5 kişinin ikamet edeceği yaklaşık 12 daire olacağı varsayılmaktadır. IESVE yazılımında binanın tüm bodrum ve şartlandırılmamış alanlar dahil toplam dış duvar yüzey alanı 1439,5 m², toplam taban alanı ise 1328,5 m²'dir. Her kat için kat yüksekliği 3 metredir. Çatı ve bodrum seviyesi 2 hariç, dış duvar yüzey alanı 1197.7 m² (net dış duvar yüzey alanı 1000 m² olarak kabul edilmiştir) ve toplam taban alanı 1065 m² dir. Daire koridorları, bina koridorları, bodrum 2 ve çatı katı hariç, kalan net şartlandırılmış zemin alanı 758 m²'dir. Pencere alanları ile ilgili olarak, binanın koridorlarındaki pencereler de dahil edilirse, toplam pencere alanı 258 m²'dir. Çatı, camlı elemanlar olmayan teraslar veya boşluklar gibi harici açıklıklar içerir. Bununla birlikte, IESVE modelinde, bu açıklıklar yazılım kısıtlamaları nedeniyle tamamen şeffaf cam olarak tanımlanır.



a.) C-02 binasının 3 boyutlu geometrisi



b.) Güneybatıya bakan C-02 binasının
3 boyutlu ön görünümü



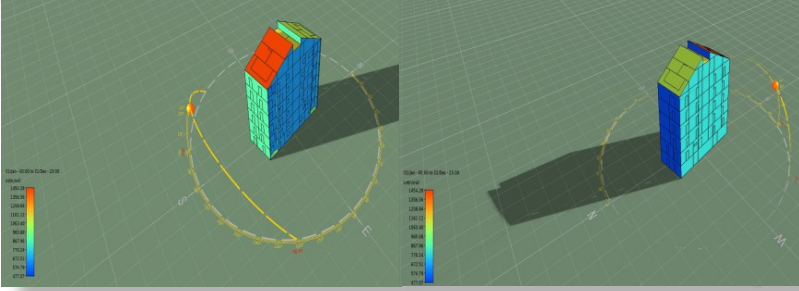
c.) Kuzeydoğuya bakan C-02 binasının
3 boyutlu arka görünümü



d.) C-02 binasının 3 boyutlu üstten görünümü

Şekil 40. C-02 binasının 3 boyutlu cephe görünümleri

Şekil 40'ta C-02 binasındaki güneş ışınlamı gösterilmiştir, çatının güney cephesi en yüksek güneş ışınlamı miktarını etkilemektedir. Bu nedenle, PV kurulumlarını içeren senaryolarda, paneller çatının güneye bakan cephesine monte edilir.



Şekil 41. C-02 binasına güneş ışınımı
(solda arka görünüm, sağda ön görünüm)

Sonraki aşamada, bu 3D dijital bina modeli, enerji tüketimi ve üretim değerleri açısından yedi farklı senaryoda analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kentsel dönüşüm bağlamında potansiyel enerji tasarruflarını ve performansı değerlendirmek amacıyla karşılaştırılmıştır.

8.3. Beykoz Çubuklu Kentsel Dönüşüm Alanı Yapı Senaryoları

Çubuklu, Beykoz'daki gayri resmi yerleşimler (eski binalar) kentsel dönüşüme tabi tutulduktan sonra, yeni binalar C sınıfı enerji kimlik etiketli bina özelliklerini temsil eden TS825 standardına göre inşa edilecektir. Avrupa Binaların Enerji Performansı Direktifi güncellenmektedir; eğilimler net sıfır enerji/emisyona ve hatta pozitif enerjili binalara/bloklara veya bölgelere dönüşmektedir. Bu nedenle, mevcut “C Sınıfı enerji etiketi” binaları için, göz ardı edilemeyecek belirli bir enerji tüketimi seviyesi olacaktır. Bu nedenle, Çubuklu’da inşa edilecek binaların temel enerji tüketimini ve enerji tüketimini azaltma potansiyelini incelemek için, çeşitli enerji verimli, enerji esnek ve YeS yerinde bakış açıları sağlamak için farklı alternatif senaryolar oluşturulmuştur. Seçilen C-02 binası için toplam 7 alternatif senaryo (Sc) tanımlanmıştır; bu senaryolar, enerji tüketimini azaltmak ve yapıyı çevrede sürdürülebilirliği iyileştirmek için çeşitli yaklaşımları değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Her senaryo, enerji verimli stratejilerin, bina ile entegre yenilenebilir enerji sistemi uygulamasının ve sürdürülebilir

inşaat malzemelerinin farklı kombinasyonlarını içerir ve bölgenin gelecekteki gelişimi için potansiyel çözümlerin kapsamlı bir değerlendirmesini sağlar. İstanbul'un adil miktarda güneş ışığı alan bir şehir olması nedeniyle, PV entegre sistemler yenilenebilir enerji senaryolarına dahil edilmiş ve ayrıca gelişmiş bir PVT sistemi eklenmiştir. Öte yandan, yakın gelecekte dekarbonizasyona giden yolu yönlendirecek elektrifikasyonu sürdürmek için güneş destekli ısı pompası sistemleri de önerilmiştir.

İnşa edilecek binanın senaryoları:

- **Sc0:** C sınıfı enerji kimlik etiketi temel bina senaryosu (TS825'e göre referans binayı gösteren temel): doğal havalandırma, doğal gaz merkezi sistemi (sürekli ısıtma, program kontrolü olmadan) ve bireysel klima
- **Sc0.1:** C sınıfı enerji kimlik etiketi temel bina senaryosu (TS825'e göre referans binayı gösteren temel): doğal havalandırma, doğal gaz merkezi sistemi (setlerle programlı ısıtma) ve bireysel klima
- **Sc1:** Pasif malzeme uygulaması ve doğal havalandırma, doğal gaz merkezi sistemi (ayarlı sıcaklıklarda programlı ısıtma) ve bireysel klima
- **Sc2:** Pasif malzeme uygulaması ve doğal havalandırma, merkezi ısı pompası (HP) (havadan suya) kullanımı (ayarlı sıcaklıklarda programlı ısıtma ve soğutma)
- **Sc3:** Pasif malzeme uygulaması ve doğal havalandırma, merkezi ısı pompası (havadan suya) kullanımı (ayarlı sıcaklıklarda programlı ısıtma ve soğutma), fotovoltaik (PV) panel kurulumu
- **Sc4:** Pasif malzeme uygulaması ve doğal havalandırma, merkezi ısı pompası (havadan suya) kullanımı (ayarlı sıcaklıklarda programlı ısıtma ve soğutma), fotovoltaik termal (PVT) panel kurulumu
- **Sc5:** Pasif malzeme uygulaması (optimum) ve doğal havalandırma, merkezi ısı pompası (havadan suya) kullanımı (ayarlı sıcaklıklarda programlı ısıtma ve soğutma), mekanik havalandırma, PVT kurulumu ve batarya bağlantısı

Tablo 11'de, C-02 binası için yapı malzemelerinin U-değerleri ve pasif uygulamalar çeşitli senaryolarla ilgili olarak verilmiştir. Senaryolar, Türkiye'nin TS 825 (2008) standardında tanımlanan mimari tasarımına ve standardizasyonlarına dayanarak C-02 binasına uygulanan farklı konfigürasyonları ve enerji verimliliği seviyelerini temsil etmektedir. TS 825 (2008), Nisan 2025'te TS 825 (2024) olarak

güncellenmesine rağmen, yeni standardın geç duyurulması, proje son tarihi ve proje zaman çizelgesinde önceden tanımlanmış görev dağılımı nedeniyle 2008 versiyonu dikkate alınmıştır.

İlk iki senaryo (Sc 0 ve Sc 0.1), kayıt dışı yerleşimlerin kentsel dönüşüm sürecinden sonra binanın temel koşullarını yansıtmaktadır. Her iki senaryo da, Türkiye'deki temel mimari tasarım ve C sınıfı enerji kimlik etiket binası standardizasyonu dikkate alınarak IESVE yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Bu senaryolarda, binanın dış duvarları ve pencereleri aynı özellikleri korurken, Sc 0 senaryosunda HVAC sistemi programsızdır ve Sc 0.1 senaryosunda sistem planlıdır.

Senaryolar boyunca ilerledikçe, ek pasif ve aktif stratejiler dahil edilir:

- Sc 1 (sadece pasif), daha kalın dış duvarlarla (80 mm) gelişmiş yalıtım sağlar ve dış duvarın U-değerini $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'ye yükseltir. Dış pencereler, argon dolu boşluğa sahip çift cam kullanılarak $1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'lik daha düşük bir U-değerine yükseltilir. Bu değişiklikler binanın termal kayıplarını azaltmayı amaçlamaktadır. Senaryo 1, 2, 3 ve 4'te malzemeler ve yapı elemanları tutarlı kalmaktadır.
- Sc 2 (HP + pasif) ayrıca pasif önlemlerle birlikte bir hava-su ısı pompasını (HP) entegre eder. Yalıtım ve pencere U-değerleri Sc 1'deki gibi kalır.
- Sc 3 (HP + pasif + PV), aynı pasif stratejiler ve ısı pompasının yanı sıra binanın enerji üretimine fotovoltaik (PV) paneller ekler. Yalıtım ve pencere U-değerleri Sc 1'deki gibi kalır.
- Sc 4 (HP + pasif + PVT), fotovoltaik termal (PVT) panelleri birleştirerek hem elektrik üretimini hem de termal enerji toplamayı aynı pasif stratejilerle ve ısı pompasıyla birleştirir. Yalıtım ve pencere U-değerleri Sc 1'deki gibi kalır.
- Sc 5 (isteğe bağlı sc HP + pasif + mekanik havalandırma + PVT + batarya), ısı pompasına (önceki senaryolarda aynı ısı pompası), yükseltilmiş pasif önlemlere, PVT panellerine ve bataryaya ek olarak mekanik havalandırmayı da içeren en optimize edilmiş senaryodur. Özellikle, Sc 5 dış duvarların yalıtımını 100 mm'ye yükselterek termal performansı artırır ve dış duvarın U-değerini $0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'ye düşürür. Ek olarak, Sc 5, pencereler için üçlü cam kullanır ve $0.80 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'lık azaltılmış U-değeri ile cam sisteminin ısı yalıtımını önemli ölçüde iyileştirir.

Yeşil ve Karbon Nötr Binaya Geçiş Rehberi İstanbul Modeli (Build4GreenIST)

Senaryolar	Dış Duvar	Dış Pencere	Tavan	Zemin	İç Zemin/Tavan	İnfiltrasyon ve havalandırma oranı
Sc 0 Kontrolsüz ısıtma kontrolüne dayalı	Alçı, Yalıtım (50 mm), Tuğla Duvar, Alçı; u - değeri: 0,36 W/m ² K	Çift cam, 6 mm-12 mm (argon)-6 mm; çerçeve dahil u değeri (PVC): 2,42 W/m ² K, g - değeri: 0,44	Kaplama, Keçe/Bitüm, Sunta, Boşluk, Keçe/Bitüm, Poliüretan levha, Keçe/Bitüm, Sunta; u - değeri: 0,37 W/m ² K	Çakıl bazlı toprak, çakıl, beton, keçe/bitüm, keçe/membran, betonarme, dökme beton; u - değeri: 0,78 W/m ² K	Sunta döşeme, şap, betonarme, siva; u - değeri: 1,86 W/m ² K	Sızma: 0,8 ach, Doğal Havalandırma: 0,7 ach
Sc 0.1 Taban programlı	Alçı, Yalıtım (50mm), Tuğla işi, Alçı; u - değeri: 0,36 W/m ² K	Çift cam, 6mm -12mm (argon) -6mm; dahil u değeri çerçeve (PVC): 2,42 W/m ² K, g - değeri: 0,44	Kaplama, Keçe/Bitüm, Yonga Levha, Boşluk, Keçe/Bitüm, Polyurethan levha, Keçe/Bitüm, Yonga Levha; u - değeri: 0,37 W/m ² K	Çakıl Esaslı Toprak: çakıl, beton, keçe/bitüm, keçe/membran, güçlendirilmiş beton, döküm somut; u - değeri: 0,78 W/m ² K	Sunta döşeme, döküm şapı, güçlendirilmiş beton, siva; u - değeri: 1,86 W/m ² K	İnfiltrasyon: 0,8 ach, Doğal Havalandırma: 0,7 ach
Sc 1 sadece pasif	Siva, Yalıtım (80mm), Tuğla işleri, Siva; u - değeri: 0,25 W/m ² K	Çift cam, 6mm -12mm (argon) -6mm; dahil u değeri çerçeve (PVC): 1,6 W/m ² K, g - değeri: 0,39	Kaplama, Keçe/Bitüm, Yonga Levha, Boşluk, Keçe/Bitüm, Polyurethane kurulu, Keçe/Bitüm, Yonga Levha; u - değeri: 0,37 W/m ² K	Çakıl bazlı toprak, çakıl, beton, keçe/bitüm, keçe/membran, güçlendirilmiş beton, döküm somut; u - değeri: 0,78 W/m ² K	Sunta döşeme, döküm şapı, güçlendirilmiş beton, siva; u - değeri: 1,86 W/m ² K	İnfiltrasyon: 0,8 ach, Doğal Havalandırma: 0,7 ach
Sc 2 HP+pasif	Siva, Yalıtım (80mm), Tuğla işleri, Siva; u - değeri: 0,25 W/m ² K	Çift cam, 6mm -12mm (argon) -6mm; dahil u değeri çerçeve (PVC): 1,6 W/m ² K, g - değeri: 0,39	Kaplama, Keçe/Bitüm, Yonga Levha, Boşluk, Keçe/Bitüm, Polyurethane kurulu, Keçe/Bitüm, Yonga Levha; u - değeri: 0,37 W/m ² K	Çakıl bazlı toprak, çakıl, beton, keçe/bitüm, keçe/membran, güçlendirilmiş beton, döküm somut; u - değeri: 0,78 W/m ² K	Sunta döşeme, döküm şapı, güçlendirilmiş beton, siva; u - değeri: 1,86 W/m ² K	İnfiltrasyon: 0,8 ach, Doğal Havalandırma: 0,7 ach
Sc 3 HP+pasif+PV	Siva, Yalıtım (80mm), Tuğla işleri, Siva; u - değeri: 0,25 W/m ² K	Çift cam, 6mm -12mm (argon) -6mm; dahil u değeri çerçeve (PVC): 1,6 W/m ² K, g - değeri: 0,39	Kaplama, Keçe/Bitüm, Yonga Levha, Boşluk, Keçe/Bitüm, Polyurethane kurulu, Keçe/Bitüm, Yonga Levha; u - değeri: 0,37 W/m ² K	Çakıl bazlı toprak, çakıl, beton, keçe/bitüm, keçe/membran, güçlendirilmiş beton, döküm somut; u - değeri: 0,78 W/m ² K	Sunta döşeme, döküm şapı, güçlendirilmiş beton, siva; u - değeri: 1,86 W/m ² K	İnfiltrasyon: 0,8 ach, Doğal Havalandırma: 0,7 ach
Sc 4 HP+pasif+PVT	Siva, Yalıtım (80mm), Tuğla işleri, Siva; u - değeri: 0,25 W/m ² K	Çift cam, 6mm -12mm (argon) -6mm; dahil u değeri çerçeve (PVC): 1,6 W/m ² K, g - değeri: 0,39	Kaplama, Keçe/Bitüm, Yonga Levha, Boşluk, Keçe/Bitüm, Polyurethane kurulu, Keçe/Bitüm, Yonga Levha; u - değeri: 0,37 W/m ² K	Çakıl bazlı toprak, çakıl, beton, keçe/bitüm, keçe/membran, güçlendirilmiş beton, döküm somut; u - değeri: 0,78 W/m ² K	Sunta döşeme, döküm şapı, güçlendirilmiş beton, siva; u - değeri: 1,86 W/m ² K	İnfiltrasyon: 0,8 ach, Doğal Havalandırma: 0,7 ach
Sc 5 Opt. sc HP+pasif+ mekanik havalandırma, +PVT+ pil	Siva, Yalıtım (100mm), Tuğla işleri, Siva; u - değeri: 0,21 W/m ² K	Triple glazing, 4mm -16mm (argon) -4mm -16mm (argon)-4mm; dahil u değeri çerçeve dahil (PVC): 0,80 W/m ² K, g - değeri: 0,22	Kaplama, Keçe/Bitüm, Yonga Levha, Boşluk, Keçe/Bitüm, Poliüretan kurulu, Keçe/Bitüm, Yonga Levha; u - değeri: 0,37 W/m ² K	Çakıl bazlı toprak, çakıl, beton, keçe/bitüm, keçe/membran, güçlendirilmiş beton, döküm somut; u - değeri: 0,78 W/m ² K	Sunta döşeme, döküm şapı, güçlendirilmiş beton, siva; u - değeri: 1,86 W/m ² K	İnfiltrasyon: 0,8 ach, Doğal Havalandırma: 0,7 ach, Mekanik Havalandırma: 12 1/s/kışı (mutfak), 15 1/s/kışı (banyo)

Tablo 11. Yapı malzemelerinin U-değerleri (dıştan iç katmanlara) ve senaryolar üzerindeki pasif uygulamalar

Tablo 12’de aktif HVAC sistemleri ile yenilenebilir enerji sistemi özellikleri ve verimliliklerinin senaryolara entegrasyonu sunulmuştur. Mevsimsel verimlilik, bir kazan veya ısı pompasını ifade eder. EER, bir soğutma sisteminin enerji verimliliği oranını ifade eder.

Birinci C sınıfı enerji kimlik etiketi referans bina senaryosunda (Sc 0), standartlara göre, binanın dış malzemeleri ve ısıtma ve soğutma sistemleri Bayrampaşa Kiptaş konutuna benzer şekilde tasarlanmıştır. Buna, soğutma için oturma odalarında ayrı klima üniteleri bulunan merkezi bir doğal gaz ısıtma ve DHW sistemi dahildir. Günlük su ihtiyacının kişi başına yaklaşık 40 L olduğu varsayılmıştır. Bu ilk baz senaryoda, ısıtma kış döneminde (Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan) sürekli aktif ve kontrolsüzdür. Mutfak 21° C’ye, oturma odası ve açık plan mutfak - oturma odası daireleri 22°C’ye, banyo 24°C’ye ve yatak odaları 22°C’ye ayarlanmıştır. Soğutmaya gelince, klima oturma odasında mevcuttur ve 24°C’lik bir setle yaz dönemi (Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım) için ayrı ayrı kontrol edilir. Doğal havalandırma genellikle her odada öğleden sonra gerçekleşir.

Sc 0.1’de, ısıtma sistemi belirli saatlerde çalışacak şekilde kontrol edilir ve konforlu bir sıcaklık korurken enerji tasarrufu sağlar. Bu senaryoda, mutfağın ısıtma saatleri 21°C ayarlı sıcaklık ve 20°C geri alma ile belirlenmiştir. Oturma odasında veya açık plan mutfak-oturma odalarında, ayarlı sıcaklık 22°C olup, diğer saatlerde 20°C geri alma uygulanır. Banyo için ayarlanan sıcaklık 24°C’dir ve diğer saatlerde 22° C’lik bir gerileme söz konusudur. Yatak odalarında, ayarlanan sıcaklık 20°C’lik bir gerileme ile 22°C’dir. Sc 0.1’deki oturma odası veya açık planlı mutfak - oturma odası için soğutma profili Sc 0 ile aynıdır.

Sc 1’de (sadece pasif), ısıtma ve soğutma sistemleri ve programları Sc 0.1’deki ile aynı kalır; tek değişiklik dış duvarlar ve pencereler için daha fazla yalıtımlı malzeme kullanılmasıdır.

Sc 2 senaryosunda merkezi bir ısı pompası sistemi vardır; ısıtma programı, ısıtma için pasif senaryolarla Sc 0.1 ve Sc 1’deki ile aynıdır, ancak en büyük değişiklik soğutmadır. Bu senaryodan itibaren, soğutma artık bireysel klimalar tarafından değil, merkezi bir ısı pompası sistemi tarafından sağlanmaktadır. Soğutma kontrolü artık planlanmıştır ve yalnızca oturma odasının klima ile soğutulduğu önceki durumların aksine, banyolar, oturma odaları, mutfaklar ve

açık planlı mutfak - oturma odaları dahil olmak üzere tüm odalar artık merkezi olarak soğutulabilir. Bölgeler için soğutma sıcaklıkları 24°C'dir ve 26°C'ye gerilemektedir.

Sc 3, Sc 4 ve Sc 5 için ısıtma ve soğutma programları, ilk ısı pompası sistemi senaryosunda Sc 2'dekilerle aynıdır. Tüm senaryolarda doğal havalandırma vardır. Sc 3'teki tek ekleme, PV, Sc 4 PVT ve Sc 5 PVT'nin mekanik havalandırma ve batarya sistemleriyle dahil edilmesidir.

Sc 3'te, fotovoltaik (PV) panellerin (15 panel) entegrasyonu, binanın yenilenebilir enerji üretimini önemli ölçüde artırır. PV sistemi %20,4'lük bir modül verimliliğine sahiptir ve güneş enerjisinden elektrik üreterek binanın genel sürdürülebilirliğine katkıda bulunur, böylece şebeke elektriğine olan bağımlılığı azalır.

Sc 4, ısı pompası ve pasif stratejilere ek olarak fotovoltaik termal (PVT) sistemleri dahil ederek enerji performansını daha da artırır. Güneş fotovoltaik teknolojisini termal ısıtma yetenekleriyle birleştiren PVT sistemi, %17,8 modül verimliliği ve 0,712 dönüşüm verimliliği ile çalışmaktadır. Sistem, güneş enerjisini hem elektrik hem de termal enerjiye dönüştürmede oldukça verimlidir ve binanın harici ısıtma ve soğutma kaynaklarına bağımlılığını önemli ölçüde azaltır. PVT panellerin merkezi bir ısı pompası sistemi ile entegrasyonu, hem elektrik hem de termal verimliliği artırarak binanın HVAC ihtiyaçları için istikrarlı bir enerji kaynağı sağlarken işletme maliyetlerini düşürür.

Son olarak, Sc 5'te, en gelişmiş sistemler, son derece enerji verimli ve kendi kendine yeterli bir bina için entegre edilmiştir. ~6000 m³/h kapasiteli merkezi bir mekanik havalandırma sisteminin eklenmesi, mutfakta kişi başına 12 l/s ve banyoda kişi başına 15 l/s optimum hava akış hızlarını koruyarak yüksek iç mekan hava kalitesi sağlar. Bu sistem, daha da yüksek bir konfor ve enerji verimliliği sağlamak için ısı pompası ve PVT sistemleriyle sorunsuz bir şekilde çalışır. Ayrıca, PVT sistemi tarafından üretilen fazla yenilenebilir enerjiyi depolamak için ~12 kWh kapasiteli batarya sistemleri dahil edilmiştir, bu da binanın düşük güneş kullanılabilirliği dönemlerinde bağımsız olarak çalışmasını sağlayarak enerji tüketimini daha da optimize eder ve şebekeye olan bağımlılığı azaltır.

Senaryolar	Merkezi Isıtma (Doğal Gaz)	Merkezi DHW sistemi	Merkezi Isı Pompası sistemi	İklimlendirme	Merkezi Soğutma sistemi	PV sistem	PVT sistemi	Mekanik Havalandırma ve Akü Sistemi
Sc 0 Kontrolsüz ısıtma tabanı	Merkezi doğal gaz kazanı, mevsimsel verimlilik: 0,95, dağıtım verimliliği: 0,89, sCoP: 0,85	Doğal gaz merkezi sistem bağlı, dağıtım verimliliği: 0,95, giriş suyu sıcaklığı: 15 °C, sıcak su besleme sıcaklığı: 45 °C	-	Daire başına bireysel klima, nominal EER: 3.125, sezonluk EER: 2.5, dağıtım verimliliği: 1.08, SSEER: 2	-	-	-	-
Sc 0.1 Taban programlı	Merkezi doğal gaz kazan, mevsimsel verimlilik: 0,95, teslimat verimlilik: 0,89, sCoP: 0,85	Doğal gaz merkezi sistem bağlı, dağıtım verimliliği: 0,95, giriş suyu sıcaklığı: 15 °C, sıcak su besleme sıcaklığı: 45 °C	-	Daire başına bireysel klima, nominal EER: 3.125, sezonluk EER: 2.5, dağıtım verimliliği: 1.08, SSEER: 2	-	-	-	-
Sc 1 Sadece pasif	Merkezi doğal gaz kazan, mevsimsel verimlilik: 0,95, teslimat verimlilik: 0,89, sCoP: 0,85	Doğal gaz merkezi sistem bağlandı, teslimat verimliliği: 0,95, giriş suyu sıcaklığı: 15 °C, sıcak su tedariki sıcaklığı: 45 °C	-	Daire başına bireysel klima, nominal EER: 3.125, mevsimsel EER: 2,5, teslimat verimliliği: 1.08, SSEER: 2	-	-	-	-
Sc 2 HP+pasif	-	Hava-su ısı pompası merkezi sistemi bağlı, teslimat verimliliği: 0,95, giriş suyu sıcaklığı: 15 °C, sıcak su besleme sıcaklığı: 45 °C	Hava-su ısı pompası merkezi sistem ısıtma, mevsimsel verimlilik: 3,8, teslimat verimliliği: 0,93, sCoP: 3,54	-	Isı pompası (klima hattı) merkezi sistem soğutma, nominal EER: 3,38, mevsimsel EER: 5,5, teslimat verimliliği: 1,17, SSEER: 3,9	-	-	-
Sc 3 HP+pasif+ PV	-	Hava-su ısı pompası merkezi sistemi bağlı, teslimat verimliliği: 0,95, giriş suyu sıcaklığı: 15 °C, sıcak su besleme sıcaklığı: 45 °C	Hava-su ısı pompası merkezi sistem ısıtma, mevsimsel verimlilik: 3,8, teslimat verimliliği: 0,93, sCoP: 3,54	-	Isı pompası (klima hattı) merkezi sistem soğutma, nominal EER: 3,38, mevsimsel EER: 5,5, teslimat verimliliği: 1,17, SSEER: 3,9	15 PV (~25,7 m²), güneye bakan 37 eğimli, modül verimliliği i: %20,4, T: 42, Pmax: -0,3600, Nominal Güç (kW): 5,24	-	-

Sc 4 HP+pasif+ PVT	Hava-su ısı pompası merkezi sistemi bağlı, teslimat verimliliği: 0,95, giriş suyu sıcaklığı: 15 °C, sıcak su besleme sıcaklığı: 45 °C	Hava-su ısı pompası merkezi sistem ısıtma, mevsimsel verimliliği: 3,8, teslimat verimliliği: 0,93, sCoP: 3,54	- Isı pompası (klima hattı) merkezi sistem soğutma, nominal EER: 3,38, mevsimsel EER: 5,5, teslimat verimliliği: 1,17, SSEER: 3,9	-	15 PVT (~29,4°), güneye bakan 37° eğimli, akış hızı: 31,910 l/(hm²), ısı değişim verimliliği: 0,400, dönüşüm verimliliği: 0,712, 1. derece ısı kaybı: 5,98, 2. derece: 0; modül verimliliği: %17,8, NOCT: 45, Pmax: - 0,3600, Nominal Güç (kW): 5,23	-
Sc 5 Opsiyonel HP+pasif+me kanik havanıdırma +PVT+piil	- Hava-su ısı pompası merkezi sistemi bağlı, teslimat verimliliği: 0,95, giriş suyu sıcaklığı: 15 °C, sıcak su besleme sıcaklığı: 45 °C	Hava-su ısı pompası merkezi sistem ısıtma, mevsimsel verimliliği: 3,8, teslimat verimliliği: 0,93, sCoP: 3,54	Isı pompası (hava şartlandırma hattı) merkezi sistem soğutma, nominal EER: 3,38, mevsimlik EER: 5,5 , teslimat verimliliği: 1,17, SSEER: 3,9	-	15 PVT (~29,4°), güneye bakan 37° eğimli, akış hızı: 31,910 l/(hm²), ısı değişim verimliliği: 0,400, dönüşüm verimliliği: 0,712, 1. derece ısı kaybı: 5,98, 2. derece: 0; modül verimliliği: %17,8, NOCT: 45, Pmax: - 0,3600, Nominal Güç (kW): 5,23	12 l/s/kışı (mutrak), 15 l/s/kışı (banyo); 6000 m³/h kapasiteli merkezi mekanik havalandırma ve ~12 kWh batarya sistemi

Tablo 12. Senaryolarda aktif HVAC sistemi ve yenilenebilir enerji sistemi entegrasyonu

8.4. Analiz

Temel durumu ve çeşitli alternatif senaryoların sonuçları da dahil olmak üzere kentsel dönüşümden geçmesi beklenen bina modelinin analizleri yapılmıştır. Bu senaryoların enerji verimliliği ve sürdürülebilirliği vurgulanarak bir karşılaştırması yapılmıştır. Son olarak, optimal senaryo seçildi ve avantajları, zorlukları ve gelecekteki şehir planlaması için etkileri göz önünde bulundurularak çeşitli senaryolar üzerinde bir tartışma yapıldı.

8.4.1. Enerji Analizi

C-02 binasının enerji analizleri Tablo 13'te sunulmuştur. Yükseltilmiş bina (C-02) modeli için tüm senaryoların toplam enerji tüketimi ve üretim karşılaştırmaları listelenmiştir. Dönüşümden sonra bina standart yalıtım değerlerine uyacak ve buna göre enerji tüketimi karşılaştırılacaktır. Ayrıca, yalıtımı artırarak ve yenilenebilir enerji kaynakları da dahil olmak üzere aktif sistemler ekleyerek binayı C sınıfı enerji kimlik etiketinden daha da yüksek performans seviyelerine geçirerek daha fazla iyileştirme yapılacaktır. Bu güncellemeler enerji tüketimini önemli ölçüde azaltacak ve aktif ve pasif müdahalelerin faydalarını gösterecektir.

Sc 0'da, merkezi tabanlı doğal gaz sistemi ile sürekli ısıtma ve kontrol mekanizmaları olmadan, bina m^2 başına 124,49 kWh tüketmektedir. Enerji tüketiminin çoğunluğu ısıtma (43,38 MWh) ve evsel sıcak su (DHW) kullanımından (20,55 MWh), ardından bireysel klima üniteleri tarafından soğutma enerjisinden (9,99 MWh~10 MWh) gelmektedir.

Sc 0.1'de, planlı bir ısıtma sistemi ile, enerji tüketimi m^2 başına 115,89 kWh'ye düşürülür ve kontrollü ısıtma süreleri nedeniyle yaklaşık %7'lik bir iyileşme gösterir. Isıtma için enerji tüketimi (36,88 MWh) Sc 0'a göre daha düşüktür. Doğal gaz sisteminde herhangi bir değişiklik olmadığı için DHW tüketimi aynı kalmakta ve soğutma tüketimi de bir önceki senaryo ile benzerlik göstermektedir.

Sc 1'de pasif iyileştirmelere (duvar yalıtım malzemesi kalınlığının artırılması ve pencerenin U-değerinin düşürülmesi) geçiş, enerji tüketiminde önemli bir azalmaya neden olmaktadır. Toplam enerji tüketimi m^2 başına 100,61 kWh'ye düşmektedir (Sc 0.1'e kıyasla %13 azalma). Bu düşüş büyük ölçüde ısıtma enerjisi tüketimini (24,02 MWh) azaltan pasif tasarım iyileştirmelerinden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, öngörüldüğü gibi, soğutma enerjisi tüketiminde (10,92 MWh) hafif bir artış vardır. Bunun nedeni, bina içinde daha fazla ısı emilimine yol açan ve böylece konforlu iç ortam sıcaklıklarını korumak için ek soğutma enerjisi gerektiren gelişmiş yalıtımdır. DHW tüketimi aynı kalır.

Sadece elektrik tüketen ısı pompası sisteminin pasif iyileştirmelerin (Sc 1 ile aynı) yanı sıra tanıtıldığı Sc 2, enerji kullanımında çarpıcı bir azalma göstermektedir. Toplam enerji tüketimi, önceki senaryolara kıyasla büyük bir gelişme olarak m^2 başına 58,68 kWh'ye düşmektedir (Sc 0.1'e kıyasla %49). Bunun nedeni, ısı

pompasının yüksek verimliliğidir (mevsimsel COP değeri 3,8'dir), bu da düşük bir ısıtma enerjisi tüketimine (5,82 MWh) neden olur. DHW tüketimi 5,14 kWh'ye düşmüştür. Toplam elektrik tüketimi 44,51 MWh olarak hesaplanmıştır. Bu artış, doğal gazın yerini alan ısı pompasının elektrik tüketiminin eklenmesinden kaynaklanmaktadır. Soğutma enerjisi tüketimi 10,03 MWh olarak bulunmuştur. Isı pompasının yüksek verimliliğine rağmen soğutma enerjisi tüketiminin önceki iklimlendirme senaryolarına göre önemli ölçüde düşük olmamasının nedeni, yüksek konfor seviyeleri sağlamak için odalara, mutfığa ve yaşam alanlarına soğutma sağlanmasıdır.

Sc 3, enerji ihtiyaçlarını desteklemek için bir fotovoltaik (PV) sistem sunar. M² başına toplam enerji tüketimi 49,94 kWh'ye düşmektedir (%56 azalma). Bu senaryo, hem verimli ısı pompasından hem de elektrik (6,63 MWh) üreten ve toplam enerji tüketimini dengeleyen PV sisteminden yararlanmaktadır. Enerji üretimi nedeniyle şebeke enerjisi ithalatında net bir azalma ile bu senaryo, enerji kullanımında daha da büyük bir azalma görmektedir ve bu da onu sürdürülebilirliği geliştirmek için ideal bir seçim haline getirmektedir.

Sc 4, elektrik üretimini ısı yakalama ile birleştiren ve daha entegre bir yenilenebilir çözüm sağlayan fotovoltaik - termal (PVT) paneller sunarak Sc 3 üzerine inşa edilmiştir. Enerji tüketimi, DHW enerji tüketiminde (3,37 MWh) bir azalma ile m² başına 48,11 kWh'ye (%58 azalma) düşürülmüştür. PVT sistemi, hem elektrik hem de ısıtma ihtiyaçlarını dengeleyerek, enerji verimliliğinin iyileştirilmesinde hibrit sistemlerin önemini göstermektedir.

En uygun senaryo olan Sc 5, enerji kullanımını daha da optimize etmek için eklenen mekanik havalandırma ve batarya depolama ile yukarıda belirtilen tüm sistemleri entegre eder. Toplam enerji tüketimi, tüm senaryoların en düşüğü olan m² başına 41,01 kWh'ye (%64 azalma) önemli ölçüde azaltılmıştır. Mekanik havalandırma (mutfakta 12 l/s/kişi ve banyoda 15 l/s/kişi sağlar) enerji tüketiminde bir artışa neden olmadan iç mekan hava kalitesini iyileştirir. Batarya sistemi, PV ve PVT'den üretilen fazla enerjinin en yoğun talep dönemlerinde depolanmasını ve kullanılmasını sağlayarak şebeke ithalatını daha da azaltır.

Tablo 13'ün son sütununda, toplam bina enerji tüketimi sonuçlarına göre 2+1 dairenin (net alan ~66 m²) enerji tüketimi örnek olarak verilmiştir.

	Enerji Tüketimi (MWh)	Isıtma Tüketimi (MWh)	Enerji Tüketimi (MWh)	Gaz Tüketimi (MWh)	Elektrik Tüketimi (HVAC sistemi, aydınlatma, a, şebeke vb.) (MWh)	toplam elektrik üretimi (MWh)	enerji, Tüketim -Üretim (MWh)	beslemeli batarya ile şebeke ithalatı (MWh)	Enerji Tüketimi (kWh/m ²)	daire (yaklaşık 66 m ²) kWh
Sc 0 Kontrolsüz baz sürekli ısıtma	43,38	20,55	9,99	63,93	30,49	-	94,42	-	124,49	8216,65
Sc 0.1 Programlı taban	36,87	20,55	9,98	57,43	30,46	-	87,89	-	115,89	7648,62
Sc 1 sadece pasif	24,02	20,55	10,92	44,57	31,73	-	76,31	-	100,61	6640,12
Sc 2 HP+pasif	5,82	5,14	10,03	-	44,51	-	44,51	-	58,68	3873,1
Sc 3 HP+pasif+ PV	5,82	5,14	10,03	-	44,51	-6,63	37,87	-	49,94	3295,88
Sc 4 HP+pasif+ PVT	5,82	3,37	10,03	-	43,07	-6,58	36,49	-	48,11	3175,07
Sc 5 Opsiyonel HP+pasif+ mekanik havalandırma+ PVT+pil atter	3,77	3,37	7,95	-	37,59	-6,58	31,00	31,10	41,01	2706,34

Tablo 13. Yükseltilmiş bina (C-02) modeli için tüm senaryoların toplam yıllık enerji tüketimi ve üretim karşılaştırmaları.

• **Isıtma ve Soğutma Azaltmaları:** Beklendiği gibi, pasif iyileştirmeler ve aktif sistemler (ısı pompaları, PV, PVT) içeren senaryolar, ısıtma ve soğutma enerjisi tüketiminde çarpıcı bir azalma göstermektedir. Sc 2 (HP + pasif) ve Sc 3 (HP + pasif + PV) gibi senaryolar en büyük düşüşleri gösterirken, ısıtma enerjisi tüketimi Sc 0'da 43,38 MWh'den Sc 2' de sadece 5,82 MWh'ye düşmektedir. Soğutma enerjisi tüketimi daha karardır, ancak daha verimli sistemlerin entegrasyonu ile hala küçük düşüşler görülmektedir.

• **M² Başına Enerji Tasarrufu:** Bina için m² başına toplam enerji tüketimi senaryolar arasında önemli ölçüde azalmaktadır. Sc 0 (sürekli ısıtmalı taban) ve Sc 0,1 (programlı taban) sırasıyla m² başına 124,49 kWh ve 115,89 kWh ile başlarken, Sc 5 (optimum senaryo) bunu m² başına sadece 41,01 kWh'ye düşürerek %67'lik bir azalma sağlar.

- **Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu:** Sırasıyla Sc 3 ve Sc 4'te PV ve PVT sistemlerinin tanıtılması, elektrik ve ısıtma taleplerinin dengelenmesine yardımcı olarak şebeke güveninde gözle görülür bir azalmaya yol açmaktadır.

- **Mekanik Havalandırma ve Batarya:** Sc 5'e mekanik havalandırma ve batarya depolamanın dahil edilmesi, hem enerji verimliliği hem de gelişmiş iç mekan hava kalitesi sağlayarak daha sağlıklı ve daha sürdürülebilir bir yaşam ortamı sağlar.

Çeşitli senaryoların analizi, pasif tasarım iyileştirmeleri, ısı pompaları ve PV ve PVT gibi yenilenebilir enerji sistemlerini birleştirerek elde edilen enerji verimliliğindeki önemli gelişmeleri vurgulamaktadır. Sc 2 (HP + pasif) ve Sc 3 (HP + pasif + PV) gibi senaryolar zaten enerji tüketiminde önemli düşüşler göstermektedir, ancak Sc 5'te mekanik havalandırma ve batarya depolamanın eklenmesi sistemi daha da optimize ederek m² başına en düşük enerji tüketimini sağlamaktadır. Bu optimal senaryo, gelecekteki kentsel konut gelişmeleri için en sürdürülebilir ve enerji verimli çözümü temsil etmekte ve daha az enerji tüketimi ve daha fazla enerji bağımsızlığı elde etmek için bir model sunmaktadır.

Yükseltilmiş C-02 bina modeline uygulanan farklı senaryoların toplam sera gazı emisyonları (tCO₂, tCH₄, tN₂O ve tCO₂e) Tablo 14'te sunulmuştur. Sonuçlar, pasif tasarım stratejileri, ısı pompaları ve yenilenebilir enerji sistemlerinin uygulanmasının sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azalttığını açıkça göstermektedir.

- **Temel Senaryolar (Sc 0 ve Sc 0.1):** En yüksek emisyonlar, sürekli ısıtma ve kontrolsüz çalışan temel senaryolarda, özellikle de Sc 0'da meydana gelir. Büyük ölçüde hem doğal gaz (12,01 tCO₂e) hem de elektrik (13,10 tCO₂e) tüketiminden kaynaklanan toplam 25,11 tCO₂e emisyonu ile sonuçlanır. Programlı ısıtma senaryosu (Sc 0.1) bile toplam emisyonları 23,88 tCO₂e'ye sadece biraz düşürür, bu da programlamanın tek başına daha derin sistem yükseltmeleri olmadan sınırlı bir etkiye sahip olduğunu gösterir.

- **Sadece Pasif Tasarım (Sc 1):** Pasif iyileştirmelerin tek başına uygulanması (Sc 1), doğal gaz kullanımını ve toplam emisyonları 22,01 tCO₂e'ye düşürerek, aktif sistemler olmadan bile bina kabuğu düzeyinde iyileştirmelerin faydalarını ortaya koymaktadır.

- **Isı Pompası Entegrasyonu (Sc 2):** Senaryo 2’de bina, doğal gaz tüketimini tamamen ortadan kaldıran pasif stratejilere sahip ısı pompaları kullanmaktadır. Toplam emisyonlar, yalnızca elektrik kullanımına bağlı olarak keskin bir şekilde 19,12 tCO₂e’ye düşer ve bu da elektrifikasyona doğru büyük bir kaymaya işaret eder.

- **HP’li ve Pasif Yenilenebilir Enerji Kaynakları (Sc 3 ve Sc 4):** PV (Sc 3) ve PVT (Sc 4) sistemlerinin eklenmesi, emisyonları sırasıyla 16,27 tCO₂e ve 15,68 tCO₂e’ye düşürmektedir. Bu azalmalar, elektrik talebini dengelemek için yenilenebilir teknolojilerin entegre edilmesinin açık avantajını göstermektedir.

- **Optimal Senaryo (Sc 5):** En düşük emisyonlar, ısı pompaları, pasif tasarım, mekanik havalandırma ve PVT sistemlerini birleştiren Sc 5’te elde edilmiştir. Toplam emisyonlar, temel duruma (Sc 0) kıyasla %47’lik bir azalmaya işaret ederek 13,36 tCO₂e’ye düşürülmüştür. Bu, Sc 5’i en sürdürülebilir ve iklim dostu seçenek haline getirir.

Sc 0 Kontrolsüz baz süreklili ısıtma	Tüketim	Sera gazı emisyonları	tCO ₂ e
Doğal Gaz Tüketimi	63932 kWh	Kapsam 1	12,01
Elektrik Tüketimi	30493 kWh	Kapsam 2	13,10
		Toplam	25,11
Sc 0.1 Programlı taban	Tüketim	Sera gazı emisyonları	tCO ₂ e
Doğal Gaz Tüketimi	57431 kWh	Kapsam 1	10,79
Elektrik Tüketimi	30466 kWh	Kapsam 2	13,09
		Toplam	23,88
Sc1 sadece pasif	Tüketim	Sera gazı emisyonları	tCO ₂ e
Doğal Gaz Tüketimi	44574 kWh	Kapsam 1	8,37
Elektrik Tüketimi	31733 kWh	Kapsam 2	13,63
		Toplam	22,01

Sc2 HP+pasif	Tüketim	Sera gazı emisyonları	tCO ₂ e
Elektrik Tüketimi	44509 kWh	Kapsam 2	19,12
		Toplam	19,12
Sc3 HP+pasif+PV	Tüketim	Sera gazı emisyonları	tCO ₂ e
Elektrik Tüketimi	37876 kWh	Kapsam 2	16,27
		Toplam	16,27
Sc4 HP+pasif+PVT	Tüketim	Sera gazı emisyonları	tCO ₂ e
Elektrik Tüketimi	36487 kWh	Kapsam 2	15,68
		Toplam	15,68
Sc5 Opt sc HP+pasif+mekanik havalandırma+PVT	Tüketim	Sera gazı emisyonları	tCO ₂ e
Elektrik Tüketimi	31101 kWh	Kapsam 2	13,36
		Toplam	13,36

Tablo 14. Yükseltilmiş bina (C-02) modeli için tüm senaryoların toplam yıllık sera gazı emisyonları

Bu senaryolardan elde edilen bulgular, kentsel dönüşüm geçiren diğer şehirler için öncü bir rehber görevi görebilir ve sürdürülebilir kalkınma için bir yol haritası sunabilir. Pasif tasarım iyileştirmelerini, yenilenebilir enerji sistemlerini ve enerji verimli teknolojileri entegre ederek, şehirler enerji tüketimini önemli ölçüde azaltabilir, işletme maliyetlerini düşürebilir ve karbon ayak izlerini en aza indirebilir. Bu stratejiler sadece bina performansını artırmakla kalmaz, aynı zamanda uzun vadeli çevresel ve ekonomik faydalar sağlayarak enerji bağımsızlığını da teşvik eder. Bu tür entegre sistemlerin kentsel konutlarda uygulanması, daha sürdürülebilir, kendi kendine yeten topluluklar oluşturmak, dış enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltmak ve genel yaşam kalitesini artırmak için bir model görevi görebilir. Ek olarak, bu yaklaşım politika değişikliklerine ve yeni bina standartlarının benimsenmesine ilham verebilir ve kentsel gelişimde daha yeşil bir geleceğin önünü açabilir.

8.4.2. Ekonomik Analiz

Ekonomik analiz, finansal uygulanabilirliği değerlendirmek için gerekli nicel analizi sağlamak amacıyla önerilen senaryoların kapsamlı bir fayda-maliyet analizini (CBA) hazırlamak için yapılır.

Bu bölümde sunulan ekonomik analiz, bu senaryoların uzun vadeli sürdürülebilirliğini değerlendirmektedir. Analiz, enerji maliyeti tasarruflarını, sera gazı emisyon azaltım faydalarını ve yatırım harcamalarını göz önünde bulundurarak ayrıntılı bir fayda-maliyet çerçevesi içermektedir. Bu değerlendirme, elektrik ve doğal gaz tüketimindeki azalmalar, sera gazı emisyonlarındaki iyileşmeler ve bina performansındaki gelişmeler dahil olmak üzere altyapı yatırımlarından elde edilen ekonomik getirilerin sayısallaştırılmasına odaklanmaktadır.

Ekonomik analizin bir parçası olarak, senaryoların fizibilitesi, önerilen senaryoların finansal etkisini değerlendirmek için İç Verimlilik Oranı (İVO) ve Net Bugünkü Değeri (NBD) hesaplamaları gibi finansal ölçütler kullanılarak değerlendirilmiştir. Analiz, İç Verimlilik Oranını (İVO) ve Net Bugünkü Değeri (NBD) belirlemeye ek olarak, senaryoların değişen ekonomik koşullar altındaki dayanıklılığını ölçmek için duyarlılık ve risk değerlendirmelerini de dikkate almıştır.

8.4.2.1. Kılavuzlara ve Standartlara Uygunluk

Aşağıdaki bölüm, ekonomik analizde uygulanan yönergeleri ve standartları özetleyerek, yaklaşımın fayda-maliyet analizi ve modellemesi için tanınmış en iyi uygulamalara ve metodolojilere bağlı kalmasını sağlar.

8.4.2.1.1. Fayda-Maliyet Analizi (CBA) Kılavuzu

Ekonomik analizde, Yatırım Projelerinin Fayda-Maliyet Analizi Kılavuzu^[78] birincil çerçeve olarak kullanılmıştır. Avrupa Komisyonu CBA Kılavuzu, altyapı yatırımlarının finansal ve ekonomik uygulanabilirliğini değerlendirmek için değerli bir araç olup, en uygun finansman tahsisini teşvik etmekte ve projelerin toplum açısından iyi bir değer sunmasını sağlamaktadır. Daha yeni bir sürüm olan Ekonomik Değerlendirme Vadecum 2021-2027, Eylül 2021’de yayınlanmıştır. Bununla birlikte, EC CBA Kılavuzu bu analizin amaçları için yeterli kapsama alanı sağlamaktadır ve kılavuzlar arasındaki farklar bu özel proje için ihmal edilebilir düzeydedir.

8.4.2.1.2. Modelleme Standardı

Ekonomik analiz, finansal model tasarımı standartlaştıran, model geliştirmede netliği, doğruluğu ve verimliliği teşvik eden FAST Standardının (“Standart”) modelleme ilkeleri doğrultusunda bir ekonomik model hazırlanarak gerçekleştirilmiştir.

Standart, aşağıdaki temelleri teşvik eder:

Esneklik: Model, kullanıcıların yeni bilgiler elde edildikçe senaryoları ve hassasiyetleri çalıştırmasına ve uzun bir süre boyunca değişiklik yapmasına olanak tanır.

Uygunluk: Model, gereksiz ayrıntılarla aşırı inşa edilmeden temel varsayımları yansıtır.

Yapılandırılmışlık: Model düzeninde titiz bir tutarlılık, zaman içinde mantıksal bir bütünlüğü korumak için esastır. Çalışma kitaplarını, çalışma sayfalarını ve formülleri yapılandırmaya yönelik tutarlı bir yaklaşım, modeli oluştururken, öğrenirken veya sürdürürken zaman kazandırır.

Şeffaflık: Model, diğer modelleyiciler ve model olmayanlar tarafından anlaşılabilir basit ve net formüllere dayanır.

8.4.2.2. Metodoloji

CBA, yeşil binalara yapılan yatırımlarla ilişkili maliyet ve faydaların net bir resmini sunmayı, karar vericilerin senaryoların değiştirilmesi ile gelecekteki sürdürülebilirlik ve enerji tüketimi tasarrufu için gerekli yatırımların yapılması arasındaki ödünleşimleri değerlendirmelerine yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

EC CBA Kılavuzuna uygun olarak, CBA, karşılaştırılan bu senaryoların artan etkisini değerlendirmek için projeksiyon süresi boyunca iki alternatif senaryonun karşılaştırılmasını gerektirir. Kapsamlı bir CBA için, seçilen C-02 binası için tanımlanan toplam 7 alternatif senaryoyu (Sc) hesaba katarak aşağıdaki varsayım setleri uygulanmıştır. Bu senaryolar, kentsel dönüşüm bağlamında enerji tüketimini azaltmaya ve sürdürülebilirliği iyileştirmeye yönelik çeşitli yaklaşımları değerlendirmeyi amaçlamaktadır:

- **Sc 0 Baz açık kont. kontrolsüz ısıtma:** C tipi temel bina senaryosu: doğal havalandırma, doğal gaz merkezi sistem (sürekli ısıtma, program kontrolü olmadan) ve bireysel klima

- **Sc 0.1 Programlı Matrah:** C tipi temel bina senaryosu: doğal havalandırma, doğal gaz merkezi sistemi (ayarlanan sıcaklıklarla planlı ısıtma) ve bireysel klima

- **Sc1 sadece pasif:** Pasif malzeme uygulaması ve doğal havalandırma, doğal gaz merkezi sistemi (ayarlı sıcaklıklarla programlı ısıtma) ve bireysel klima
- **Sc2 HP + pasif:** Pasif malzeme uygulaması ve doğal havalandırma, merkezi ısı pompası (HP) (havadan suya) kullanımı (ayarlı sıcaklıklarda programlı ısıtma ve soğutma)
- **Sc3 HP + pasif + PV:** Pasif malzeme uygulaması ve doğal havalandırma, merkezi ısı pompası (havadan suya) kullanımı (ayarlı sıcaklıklarda programlı ısıtma ve soğutma), fotovoltaik (PV) panel kurulumu
- **Sc4 HP + Pasif + PVT:** Pasif malzeme uygulaması ve doğal havalandırma, merkezi ısı pompası (havadan suya) kullanımı (ayarlı sıcaklıklarda programlı ısıtma ve soğutma), fotovoltaik termal (PVT) panel kurulumu
- **Sc5 Opt sc HP + Pasif + Mechvent + PVT:** Pasif malzeme uygulaması (optimum) ve doğal havalandırma, merkezi ısı pompası (havadan suya) kullanımı (ayarlı sıcaklıklarda programlı ısıtma ve soğutma), mekanik havalandırma, PVT kurulumu ve batarya bağlantısı

CBA hesaplamaları, her bir senaryonun ekonomik etkilerini belirleyen aşağıdaki kilit alanlara odaklanan projeksiyonlara dayanmaktadır:

- **Enerji tüketimi projeksiyonları:** Bu projeksiyon, ısıtma, DHW, soğutma ve diğer kullanımlar için tüketim de dahil olmak üzere zaman içinde tüketilen elektrik ve doğal gaz hacmini tahmin etmektedir.
- **Elektrik üretimi projeksiyonları:** Bu projeksiyon, fotovoltaik (PV) panel kurulumu, fotovoltaik termal (PVT) panel kurulumu ve batarya bağlantısına yapılan yatırımlardan üretilen elektrik hacmini tahmin etmektedir.
- **Karbon tasarrufu tahminleri:** Bu projeksiyonlar, önerilen yatırımların uygulanmasıyla elde edilen ton CO₂ eşdeğeri cinsinden sera gazı emisyonu tasarrufuna odaklanmaktadır.
- **Yatırım maliyetlerinin projeksiyonları:** Bu projeksiyonlar, merkezi ısıtma, merkezi DHW sistemi, merkezi ısı pompası sistemi, klima, merkezi soğutma sistemi, PV sistemi, PVT sistemi, mekanik havalandırma ve batarya sistemi ile ilgili sermaye harcamalarına odaklanmaktadır.

CBA kılavuzu bu senaryolardaki projeksiyonları karşılaştırarak, seçilen iki senaryo arasındaki ekonomik takasın net bir şekilde anlaşılmasını hedefler. Bu yaklaşım gerekli yatırımlarını, operasyonel maliyetlerini ve uzun vadeli

faidalarını belirlemeye yardımcı olur ve nihayetinde sürdürülebilirlik hedeflerini karşılamak için yatırımlara devam edip etmeme kararlarına rehberlik eder.

8.4.2.3. Fayda Maliyet Analizi Girdileri

Senaryo değişkenlerinin (örneğin, enerji tüketimi, sera gazı emisyonu azaltımı, elektrik üretimi ve yatırım maliyetleri) etkileşimini ve bunların ekonomik analiz üzerindeki etkisini simüle eden bir ekonomik model hazırlanarak bir fayda-maliyet analizi yapılmıştır. Senaryo projeksiyonları ve ekonomik analiz sonuçları aşağıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanmıştır

- **Analiz Süresi:** Ekonomik analiz, inşaat aşaması da dahil olmak üzere 25 yıllık bir süreyi (2025 -2049) kapsamaktadır.

- **Para Birimi:** Fayda-maliyet hesaplamaları nominal TL cinsinden yapılmıştır.

- **Makroekonomik Girdiler:** 2025-2027 dönemi makroekonomik projeksiyonları için Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'nın tahmini kullanılmıştır. 2027 sonrası dönem için makroekonomik büyüme ve enflasyon oranlarının 2027 verilerine eşit olacağı varsayılmıştır.

- **İndirim Oranı:** Türkiye'nin 10 yıllık devlet tahvillerinin yaklaşık getirisine karşılık gelen %35'lik bir iskonto oranı kullanılmıştır.

- **Yatırım Maliyetleri:** Yatırım maliyetleri, hem projesiz hem de proje senaryoları için daha önce özetlenen kapsamla uyumlu olarak tanımlanır ve 66 m²' lik bir daireye dayanır. Yatırım maliyeti tahminlerine Katma Değer Vergisi dahil değildir.

Yatırım Harcamaları	Birim	Miktar	Değişim
Sc0	000 TL	229,0	-
Sc0.1	000 TL	229,0	0,0
Sc1	000 TL	235,0	6,0
Sc2	000 TL	323,0	88,0
Sc3	000 TL	337,9	14,9
Sc4	000 TL	439,2	101,3
Sc5	000 TL	546,9	107,7

Tablo 15. Senaryo bazlı yatırım maliyetleri

İlk iki senaryo için yatırım maliyeti, dış yalıtım, pencereler ve ekipman gibi bu analiz kapsamındaki değişken bina elemanları için temel maliyeti yansıtmaktadır. Yatırım tutarları, bu yapı elemanları için maliyet seviyelerindeki değişikliklere bağlı olarak her senaryoda bir öncekine göre kademeli olarak artmaktadır. Özellikle, yatırımdaki en büyük artışı gösteren senaryolar, merkezi ısı pompası sistemi yatırımını getiren Senaryo 2 ve sırasıyla PVT ve batarya sistemlerini getiren Senaryo 4 ve 5'tir.

Enerji Tüketimleri: Her senaryo için, ısıtma, sıcak su, soğutma, aydınlatma ve ekipman için gerekli elektrik ve doğal gaz tüketimi metrekare bazında hesaplanmıştır.

Ekonomik analiz 66 m² daire baz alınarak yapılmıştır. Buna göre her bir senaryo için elektrik ve doğalgaz tüketim projeksiyonları aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Enerji Tüketimi	Birim	Sc0	Sc0.1	Sc1	Sc2	Sc3	Sc4	Sc5
Doğal Gaz								
Isıtma Enerjisi	MWh	3,775	3,209	2,090	-	-	-	-
Sıcak Su Enerjisi	MWh	1,789	1,789	1,789	-	-	-	-
Elektrik								
Isıtma Enerjisi	MWh	-	-	-	0,506	0,506	0,506	0,328
Sıcak Su Enerjisi	MWh	-	-	-	0,447	0,447	0,294	0,294
Soğutma Enerjisi	MWh	0,870	0,868	0,950	0,873	0,873	0,873	0,692
Diğer	MWh	1,783	1,783	1,811	2,046	2,046	2,075	1,957
Aydınlatma	MWh	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218
Diğer Elektrikli Ekipman	MWh	1,261	1,261	1,261	1,261	1,261	1,261	1,261
Pomba, fan vb..	MWh	0,305	0,304	0,333	0,568	0,568	0,568	0,450
Sıcak su/güneş pompası eni	MWh	-	-	-	-	-	0,029	0,029

Tablo 16. Senaryo bazlı enerji tüketimi

Elektrik Üretimi: PV sistemlerinin dahil edilmesi doğrultusunda, Senaryo 3, 4 ve 5, nihai enerji tüketimini azaltmaya yardımcı olmak için elektrik sağlar. Her senaryo için elektrik üretim projeksiyonları aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Elektrik Üretimi	Birim	Sc0	Sc0.1	Sc1	Sc2
Toplam Elektrik Üretimi (PV)	MWh	-	-	-	-
FV ile Besleme Batarya - Şebeke	MWh	-	-	-	-

Tablo 17. Senaryo bazlı enerji üretimi

Sera Gazı Emisyon Azaltımı: Her senaryo için sera gazı emisyon azaltımı varsayımları ton CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır.

Sera Gazı Emisyonu Azaltımı	Birim	Sc0	Sc0.1	Sc1	Sc2
Sera Gazı Emisyonu Azaltımı	ton CO ₂ e	2,186	2,078	1,916	1,665

Tablo 18. Senaryo bazlı varsayılan karbon emisyonu azaltım miktarları

Fiyat Projeksiyonları: Enerji tüketim maliyetleri ve karbon tasarrufunun etkileri, elektrik, doğal gaz ve karbon fiyat tahminlerine dayanarak hesaplanmıştır. 2026 - 2049 yılları için öngörülen fiyatlar, 2025 yılı için tahmini fiyatlara Türk Lirası enflasyon oranı uygulanarak türetilmiştir.

Fiyatlar	Birim	2025	2030	2035	2040	2045	2049
Elektrik (<240 kWh)	TL/kwh	2,6	4,5	6,7	9,8	14,4	19,6
Elektrik (>240 kWh)	TL/kwh	3,9	6,9	10,1	14,8	21,8	29,6
Doğal Gaz	TL/m3	7,5	13,2	19,4	28,4	41,8	56,9
Karbon	TL/tCO ₂	4.315	7.549	11.092	16.298	23.947	32.579

Tablo 19. Yıllara göre enerji fiyatı tahminleri

8.4.2.4. Bulgular

Ekonomik değerlendirmenin bir parçası olarak yapılan analizler, tüm senaryoların karşılaştırmalı bir değerlendirmesine dayanarak hazırlanmıştır. Buna göre, her bir senaryo bir sonrakiyle karşılaştırılmış ve her bir senaryonun finansal fizibilitesinin bir öncekine göre değerlendirilmesine izin verilmiştir. Toplamda, yedi senaryo karşılaştırma analizi yapılmıştır. Her karşılaştırma, karbon geliri dahil edilerek ve edilmeden hazırlanmıştır.

Karşılaştırma 1: Sc0 ve Sc0.1

Bu senaryo karşılaştırmasında, her iki senaryo da aynı yatırım maliyeti varsayımlarına dayanmaktadır. Bununla birlikte, Senaryo Sc0.1'in daha düşük elektrik ve doğal gaz tüketimine sahip olacağı öngörülmektedir. Ortaya çıkan maliyet tasarruflarına, pozitif bir NBD'ye yol açan artan karbon geliri eşlik etmektedir. Özellikle, her iki durumda da karbon geliri olan ve olmayan pozitif bir NBD elde edilir. İlk yıldan itibaren tutarlı bir şekilde pozitif bir finansal getiri elde edildiğinden, bu analizde İç Verim Oranı hesaplanamaz.

Ekonomik Etki	2025	2030	2035	2040	2045	2049
ΔDoğal Gaz Maliyeti	407	712	1.047	1.538	2.260	3.075
ΔElektrik Maliyeti	6	10	15	23	33	45
ΔCapex	-	-	-	-	-	-
Alttoplam	413	723	1.062	1.561	2.293	3.120
ΔKarbon Geliri	463	810	1.190	1.749	2.569	3.496
Toplam	876	1.533	2.252	3.310	4.863	6.616

Hassasiyet Analizi (Karbon Geliri Dahil)

NBD (TL)					IVO (%)				
% Karbon Fiyatlar					% Karbon Fiyatlar				
		-10,0%	0,0%	10,0%			-10,0%	0,0%	10,0%
%	-10,0%	3.540	3.542	3.545	%	-10,0%	sonsuz	sonsuz	sonsuz
Elektrik	0,0%	3.701	3.704	3.706	Elektrik	0,0%	sonsuz	sonsuz	sonsuz
Fiyatlar	10,0%	3.863	3.865	3.868	Fiyatlar	10,0%	sonsuz	sonsuz	sonsuz
%	-10,0%	3.370	3.542	3.714	%	-10,0%	sonsuz	sonsuz	sonsuz
Doğal Gaz	0,0%	3.532	3.704	3.876	Doğal Gaz	0,0%	sonsuz	sonsuz	sonsuz
Fiyatlar	10,0%	3.693	3.865	4.037	Fiyatlar	10,0%	sonsuz	sonsuz	sonsuz

Hassasiyet Analizi (Karbon Geliri Hariç)

NBD (TL)					IVO (%)				
% Karbon Fiyatlar					% Karbon Fiyatlar				
		-10,0%	0,0%	10,0%			-10,0%	0,0%	10,0%
%	-10,0%	1.744	1.747	1.749	%	-10,0%	sonsuz	sonsuz	sonsuz
Elektrik	0,0%	1.744	1.747	1.749	Elektrik	0,0%	sonsuz	sonsuz	sonsuz
Fiyatlar	10,0%	1.744	1.747	1.749	Fiyatlar	10,0%	sonsuz	sonsuz	sonsuz
%	-10,0%	1.575	1.747	1.919	%	-10,0%	sonsuz	sonsuz	sonsuz
Doğal Gaz	0,0%	1.575	1.747	1.919	Doğal Gaz	0,0%	sonsuz	sonsuz	sonsuz
Fiyatlar	10,0%	1.575	1.747	1.919	Fiyatlar	10,0%	sonsuz	sonsuz	sonsuz

Tablo 20. Karşılaştırma 1: Sc0 - Sc0.1 Ekonomik etki ve duyarlılık analizleri

Karşılaştırma 2: Sc0.1 ve Sc1

Bu senaryo karşılaştırmasında, Sc1 senaryosu pasif malzemelerin uygulanmasını içerir ve bu da 2025 yılında ek bir sermaye harcaması ile sonuçlanır. Bu, daha yüksek elektrik tüketimi nedeniyle maliyetlerin artmasına yol açarken, doğal gaz maliyetlerindeki azalmanın ve karbon gelirinin eklenmesinin neden olduğu genel ekonomik etki, olumlu bir NBD ile sonuçlanır. Bununla birlikte, karbon geliri hariç tutulduğunda, NBD negatif olur.

Ekonomik Etki	2025	2030	2035	2040	2045	2049
△Doğal Gaz Maliyeti	805	1.409	2.070	3.042	4.470	6.081
△Elektrik Maliyeti	(286)	(500)	(734)	(1.079)	(1.585)	(2.156)
△Capex	(6.017)	-	-	-	-	-
Alttoplam	(5.497)	909	1.336	1.963	2.885	3.925
△Karbon Geliri	703	1.229	1.806	2.654	3.899	5.304
Toplam	(4.795)	2.138	3.142	4.617	6.784	9.229

Hassasiyet Analizi (Karbon Geliri Dahil)									
NBD (TL)					IVO (%)				
% Karbon Fiyatlar					% Karbon Fiyatlar				
		-10,0%	0,0%	10,0%			-10,0%	0,0%	10,0%
%	-10,0%	585	465	344	%	-10,0%	39,5%	38,6%	37,6%
Elektrik	0,0%	830	710	589	Elektrik	0,0%	41,4%	40,5%	39,5%
Fiyatlar	10,0%	1.075	955	834	Fiyatlar	10,0%	43,3%	42,3%	41,4%
%	-10,0%	124	465	805	%	-10,0%	35,9%	38,6%	41,3%
Doğal Gaz	0,0%	369	710	1.050	Doğal Gaz	0,0%	37,8%	40,5%	43,2%
Fiyatlar	10,0%	614	955	1.295	Fiyatlar	10,0%	39,6%	42,3%	45,1%

Hassasiyet Analizi (Karbon Geliri Hariç)									
NBD (TL)					IVO (%)				
% Karbon Fiyatlar					% Karbon Fiyatlar				
		-10,0%	0,0%	10,0%			-10,0%	0,0%	10,0%
%	-10,0%	(2.139)	(2.260)	(2.381)	%	-10,0%	19,8%	18,9%	18,0%
Elektrik	0,0%	(2.139)	(2.260)	(2.381)	Elektrik	0,0%	19,8%	18,9%	18,0%
Fiyatlar	10,0%	(2.139)	(2.260)	(2.381)	Fiyatlar	10,0%	19,8%	18,9%	18,0%
%	-10,0%	(2.600)	(2.260)	(1.919)	%	-10,0%	16,4%	18,9%	21,3%
Doğal Gaz	0,0%	(2.600)	(2.260)	(1.919)	Doğal Gaz	0,0%	16,4%	18,9%	21,3%
Fiyatlar	10,0%	(2.600)	(2.260)	(1.919)	Fiyatlar	10,0%	16,4%	18,9%	21,3%

Tablo 21. Karşılaştırma 2: Sc0.1 - Sc1 Ekonomik etki ve duyarlılık analizleri

Karşılaştırma 3: Sc1 ve Sc2

Bu senaryo karşılaştırmasında, Sc2 senaryosu, 2025 yılında ek bir sermaye harcamasıyla sonuçlanan merkezi ısı pompasının (HP) uygulanmasını içerir. Bununla birlikte, daha yüksek elektrik tüketimi nedeniyle artan maliyetler, doğal gaz maliyetlerindeki ve ek karbon gelirlerindeki azalma ile tam olarak dengelenemez ve bu da negatif bir NBD ile sonuçlanır. Özellikle, NBD hem karbon geliri ile hem de karbon geliri olmadan negatif kalır.

Ekonomik Etki	2025	2030	2035	2040	2045	2049
△Doğal Gaz Maliyeti	2.792	4.885	7.178	10.546	15.496	21.082
△Elektrik Maliyeti	(4.200)	(7.348)	(10.797)	(15.864)	(23.310)	(31.713)
△Capex	(87.989)	-	-	-	-	-
Alttoplam	(89.397)	(2.463)	(3.619)	(5.318)	(7.814)	(10.630)
△Karbon Geliri	1.083	1.894	2.783	4.089	6.009	8.175
Toplam	(88.315)	(569)	(836)	(1.228)	(1.805)	(2.456)

Hassasiyet Analizi (Karbon Geliri Dahil)									
NBD (TL)					IVO (%)				
% Karbon Fiyatlar					% Karbon Fiyatlar				
		-10,0%	0,0%	10,0%			-10,0%	0,0%	10,0%
%	-10,0%	(65.154)	(66.929)	(68.705)	%	-10,0%	negatif	negatif	negatif
Elektrik	0,0%	(64.777)	(66.552)	(68.327)	Elektrik	0,0%	negatif	negatif	negatif
Fiyatlar	10,0%	(64.399)	(66.175)	(67.950)	Fiyatlar	10,0%	negatif	negatif	negatif
%	-10,0%	(68.110)	(66.929)	(65.749)	%	-10,0%	negatif	negatif	negatif
Doğal Gaz	0,0%	(67.732)	(66.552)	(65.372)	Doğal Gaz	0,0%	negatif	negatif	negatif
Fiyatlar	10,0%	(67.355)	(66.175)	(64.994)	Fiyatlar	10,0%	negatif	negatif	negatif

Hassasiyet Analizi (Karbon Geliri Hariç)									
NBD (TL)					IVO (%)				
% Karbon Fiyatlar					% Karbon Fiyatlar				
		-10,0%	0,0%	10,0%			-10,0%	0,0%	10,0%
%	-10,0%	(69.353)	(71.128)	(72.904)	%	-10,0%	negatif	negatif	negatif
Elektrik	0,0%	(69.353)	(71.128)	(72.904)	Elektrik	0,0%	negatif	negatif	negatif
Fiyatlar	10,0%	(69.353)	(71.128)	(72.904)	Fiyatlar	10,0%	negatif	negatif	negatif
%	-10,0%	(72.309)	(71.128)	(69.948)	%	-10,0%	negatif	negatif	negatif
Doğal Gaz	0,0%	(72.309)	(71.128)	(69.948)	Doğal Gaz	0,0%	negatif	negatif	negatif
Fiyatlar	10,0%	(72.309)	(71.128)	(69.948)	Fiyatlar	10,0%	negatif	negatif	negatif

Tablo 22. Karşılaştırma 3: Sc1 - Sc3 Ekonomik etki ve duyarlılık analizleri

Karşılaştırma 4: Sc2 ve Sc3

Bu senaryo karşılaştırmasında, Sc3 senaryosu fotovoltaik (PV) panel yatırımını içermekte ve 2025 yılında ek bir yatırım harcaması ile sonuçlanmaktadır. Sc3 ile elektrik tüketiminin bir kısmı PV yatırımı ile üretilen elektrik üzerinden karşılanmaktadır. Elektrik maliyetlerindeki azalma ve ek karbon gelirleri yatırım maliyetini dengeleyebilir ve pozitif bir NBD ile sonuçlanabilirken, karbon geliri hariç tutulduğunda NBD negatife döner.

Ekonomik Etki	2025	2030	2035	2040	2045	2049
ΔDoğal Gaz Maliyeti	-	-	-	-	-	-
ΔElektrik Maliyeti	2.263	3.959	5.817	8.546	12.557	17.084
ΔCapex	(14.889)	-	-	-	-	-
Alttoplam	(12.626)	3.959	5.817	8.546	12.557	17.084
ΔKarbon Geliri	1.070	1.873	2.752	4.043	5.941	8.082
Toplam	(11.556)	5.831	8.568	12.590	18.498	25.166

Hassasiyet Analizi (Karbon Geliri Dahil)									
NBD (TL)					IVO (%)				
% Karbon Fiyatlar					% Karbon Fiyatlar				
		-10,0%	0,0%	10,0%			-10,0%	0,0%	10,0%
%	-10,0%	1.730	2.687	3.643	%	-10,0%	40,4%	43,5%	46,8%
Elektrik	0,0%	2.103	3.060	4.016	Elektrik	0,0%	41,6%	44,7%	48,0%
Fiyatlar	10,0%	2.476	3.433	4.389	Fiyatlar	10,0%	42,7%	45,9%	49,2%
%	-10,0%	2.687	2.687	2.687	%	-10,0%	43,5%	43,5%	43,5%
Doğal Gaz	0,0%	3.060	3.060	3.060	Doğal Gaz	0,0%	44,7%	44,7%	44,7%
Fiyatlar	10,0%	3.433	3.433	3.433	Fiyatlar	10,0%	45,9%	45,9%	45,9%

Hassasiyet Analizi (Karbon Geliri Hariç)									
NBD (TL)					IVO (%)				
% Karbon Fiyatlar					% Karbon Fiyatlar				
		-10,0%	0,0%	10,0%			-10,0%	0,0%	10,0%
%	-10,0%	(2.421)	(1.465)	(508)	%	-10,0%	27,9%	30,7%	33,5%
Elektrik	0,0%	(2.421)	(1.465)	(508)	Elektrik	0,0%	27,9%	30,7%	33,5%
Fiyatlar	10,0%	(2.421)	(1.465)	(508)	Fiyatlar	10,0%	27,9%	30,7%	33,5%
%	-10,0%	(1.465)	(1.465)	(1.465)	%	-10,0%	30,7%	30,7%	30,7%
Doğal Gaz	0,0%	(1.465)	(1.465)	(1.465)	Doğal Gaz	0,0%	30,7%	30,7%	30,7%
Fiyatlar	10,0%	(1.465)	(1.465)	(1.465)	Fiyatlar	10,0%	30,7%	30,7%	30,7%

Tablo 23. Karşılaştırma 4: Sc2 - Sc3 Ekonomik etki ve duyarlılık analizleri

Karşılaştırma 5: Sc1 ve Sc3

Karşılaştırma 3'te, yüksek yatırım maliyeti nedeniyle Sc2 için negatif bir NBD elde edilmiştir. Bununla birlikte, Karşılaştırma 4'te, Sc2'nin yüksek maliyetinin zaten gerçekleştiği ve NBD'nin Sc2 ve Sc3 arasındaki maliyet farkına dayanarak hesaplandığı ve bunun da pozitif bir NBD ile sonuçlandığı varsayılmaktadır. Bu nedenle, Sc3'e geçerken Sc2'nin yüksek maliyetini hesaba katmak için, hem Sc1 hem de Sc3'ü dikkate alan yeni bir karşılaştırma hazırlanmıştır.

Senaryo Karşılaştırma 5'te, yatırım maliyetinde önemli bir artış, fotovoltaik (PV) panellerin ve bir merkezi ısı pompasının (HP) eklenmesinden kaynaklanmaktadır. Nihai elektrik tüketimi azaltılsa ve karbon geliri elde edilse de, bu faydalar toplam yatırım maliyetini dengelemek için yetersizdir ve bu da negatif bir NBD ile sonuçlanır. Bu negatif NBD, karbon gelirinin dahil edilip edilmemesinden bağımsız olarak ortaya çıkar.

Ekonomik Etki	2025	2030	2035	2040	2045	2049
△Doğal Gaz Maliyeti	2.792	4.885	7.178	10.546	15.496	21.082
△Elektrik Maliyeti	(1.937)	(3.390)	(4.980)	(7.318)	(10.752)	(14.628)
△Capex	(102.878)	-	-	-	-	-
Alttoplam	(102.024)	1.495	2.197	3.229	4.744	6.454
△Karbon Geliri	2.153	3.767	5.535	8.133	11.949	16.257
Toplam	(99.871)	5.262	7.732	11.361	16.693	22.711

Hassasiyet Analizi (Karbon Geliri Dahil)											
NBD (TL)						IVO (%)					
% Karbon Fiyatlar						% Karbon Fiyatlar					
		-10,0%	0,0%	10,0%				-10,0%	0,0%	10,0%	
%	-10,0%	(63.424)	(64.243)	(65.062)		%	-10,0%	6,7%	6,1%	5,6%	
Elektrik	0,0%	(62.673)	(63.492)	(64.311)		Elektrik	0,0%	7,3%	6,7%	6,2%	
Fiyatlar	10,0%	(61.923)	(62.742)	(63.561)		Fiyatlar	10,0%	7,8%	7,3%	6,8%	
%	-10,0%	(65.423)	(64.243)	(63.063)		%	-10,0%	5,3%	6,1%	6,9%	
Doğal Gaz	0,0%	(64.672)	(63.492)	(62.312)		Doğal Gaz	0,0%	5,9%	6,7%	7,5%	
Fiyatlar	10,0%	(63.922)	(62.742)	(61.561)		Fiyatlar	10,0%	6,5%	7,3%	8,0%	

Hassasiyet Analizi (Karbon Geliri Hariç)											
NBD (TL)						IVO (%)					
% Karbon Fiyatlar						% Karbon Fiyatlar					
		-10,0%	0,0%	10,0%				-10,0%	0,0%	10,0%	
%	-10,0%	(71.774)	(72.593)	(73.412)		%	-10,0%	negative	negative	negative	
Elektrik	0,0%	(71.774)	(72.593)	(73.412)		Elektrik	0,0%	negative	negative	negative	
Fiyatlar	10,0%	(71.774)	(72.593)	(73.412)		Fiyatlar	10,0%	negative	negative	negative	
%	-10,0%	(73.773)	(72.593)	(71.413)		%	-10,0%	negative	negative	negative	
Doğal Gaz	0,0%	(73.773)	(72.593)	(71.413)		Doğal Gaz	0,0%	negative	negative	negative	
Fiyatlar	10,0%	(73.773)	(72.593)	(71.413)		Fiyatlar	10,0%	negative	negative	negative	

Tablo 24. Karşılaştırma 5: Sc1 - Sc3 Ekonomik etki ve duyarlılık analizleri

Karşılaştırma 6: Sc3 ve Sc4

Bu senaryo karşılaştırmasında, Senaryo Sc4, 2025 yılında ek bir yatırım harcamasına yol açan bir fotovoltaik termal (PVT) panel sisteminin uygulanmasını içerir. Doğal gaz tüketimi değişmeden kalırken, sistem enerji üretimi yoluyla elektrik maliyetlerinde bir azalmaya katkıda bulunur ve aynı zamanda karbon gelirlerinde bir artışa neden olur. Bununla birlikte, bu faydalara rağmen, enerji maliyeti tasarruflarının ve karbon gelirinin birleşik etkisi, ön yatırım maliyetini tam olarak dengelemek için yeterli değildir. Sonuç olarak, senaryo negatif bir NBD verir. Daha da önemlisi, NBD hem karbon geliri dahil edildiğinde hem de hariç tutulduğunda negatif kalır.

Senaryo Analizi	Birim	NBD (Hariç: Karbon Geliri)	NBD (Dahil: Karbon Geliri)
Karşılaştırma 1: Sc0 > Sc0.1	TL	1.747	3.704
Karşılaştırma 2: Sc0.1 > Sc1	TL	(2.260)	710
Karşılaştırma 3: Sc1 > Sc2	TL	(71.128)	(66.552)
Karşılaştırma 4: Sc2 > Sc3	TL	(1.465)	3.060
Karşılaştırma 5: Sc1 > Sc3	TL	(72.593)	(63.492)
Karşılaştırma 6: Sc3 > Sc4	TL	(73.058)	(72.111)
Karşılaştırma 7: Sc4 > Sc5	TL	(73.010)	(69.336)

Tablo 27. Senaryo karşılaştırmalarının net bugünkü değerleri

8.4.2.5. Ekonomik Değerlendirme

Özellikle kentsel dönüşüm bağlamında enerji tüketimini azaltmaya ve sürdürülebilirliği artırmaya yönelik çeşitli stratejileri incelemek için yedi alternatif senaryo (Sc) geliştirilmiştir. Her senaryo, enerji verimliliği önlemlerinin, yenilenebilir enerji sistemi uygulamalarının ve sürdürülebilir inşaat malzemelerinin benzersiz bir kombinasyonunu temsil etmektedir. Bu senaryolar birlikte, hedeflenen alanın uzun vadeli gelişimi ve çevresel iyileştirilmesi için potansiyel çözümlerin kapsamlı bir değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir.

Bu senaryoların finansal fizibilitesini değerlendirmek için, her bir senaryoyu Net Bugünkü Değer (NBD) açısından başabaş noktasına getirmek için gereken ayarlamaları belirlemek için derinlemesine bir analiz yapılmıştır. Bu nedenle, bu değerlendirmede anahtar bir araç olarak bir anahtar değer analizi uygulanmıştır.

Belirli bir değişkenin anahtarlama değeri, bir projenin NBD'sinin sıfır olduğu eşiği temsil eder. Başka bir deyişle, bir parametrenin finansal olarak uygulanabilir hale gelmesi için daha önce uygulanabilir olmayan bir senaryo için ulaşması gereken kritik değerdir. Bu analiz, her bir senaryonun temel değişkenlere duyarlılığı hakkında fikir vererek, paydaşların finansal uygulanabilirlik için gereken değişimin büyüklüğünü daha iyi anlamalarına yardımcı olur.

Anahtarlama değeri analizi öncelikle yatırımın ekonomik sonucunu önemli ölçüde etkileyen beş temel değişkene odaklanmaktadır:

- **Yatırım Harcamalarındaki % Değişimi (Capex):** Bu, başabaş noktasına ulaşmak için gereken ön yatırım maliyetlerindeki yüzde azalmasını ifade eder. Toplu tedarik, standartlaştırılmış malzemeler veya rekabetçi ihale süreçleri gibi maliyet tasarrufu sağlayan stratejiler, projenin daha düşük bir maliyetle uygulanmasını sağlayabilir.

• **Capex Ödemelerinin Sayısı:** Bu, yatırım maliyetlerinin tek bir peşin ödeme yerine birden fazla ödeme dönemine dağıtılmasının etkisini değerlendirir. Ertelenmiş veya aşamalı ödemelerin tanıtılması, ilk yıllarda finansal baskıyı azaltabilir ve nakit akışını iyileştirebilir, böylece projenin fizibilitesini artırabilir.

• **Elektrik Fiyatlarındaki % Değişim:** Elektrik fiyatlarındaki değişiklikler, enerji verimliliği iyileştirmelerinden ve yenilenebilir elektrik üretiminden elde edilen maliyet tasarruflarını doğrudan etkilemektedir. Elektrik tarifelerindeki artış, enerji tasarrufu önlemlerinin geri ödenmesini iyileştirmekte ve böylece NBD'yi olumlu yönde etkilemektedir.

• **Doğalgaz Fiyatlarındaki % Değişim:** Elektriğe benzer şekilde, doğal gaz fiyatlarındaki değişiklikler tüketim tasarruflarının ekonomik değerini etkilemektedir. Doğal gaz tarifelerindeki artış, gaz kullanımını azaltan önlemlerin faydalarını arttıracaktır.

• **Karbon Fiyatlarındaki % Değişim:** Azaltılmış karbon emisyonlarındaki azaltımdan elde edilen finansal fayda, geçerli karbon fiyatlandırma mekanizmasına bağlıdır. Karbon fiyatındaki artış, emisyon azaltımlarından elde edilen geliri artırarak yatırımın genel finansal uygulanabilirliğini artırır.

Buna göre eşik değeri analizinin sonuçları aşağıdaki tabloda sunulmaktadır:

Geçiş Değerleri (Karbon Geliri Dahil Senaryolar)	% Capex Tutar	# of Capex Taksit	% Elektrik Fiyatlar	% Doğal Gaz Fiyatlar	% Karbon Fiyatlar
Karşılaştırma 1: Sc0 > Sc0.1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Karşılaştırma 2: Sc0.1 > Sc1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Karşılaştırma 3: Sc1 > Sc2	Uygulanamaz	Uygulanamaz	-375%	564%	1454%
Karşılaştırma 4: Sc2 > Sc3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Karşılaştırma 5: Sc1 > Sc3	-83%	23,1	-775%	538%	698%
Karşılaştırma 6: Sc3 > Sc4	-96%	99,5	3603%	Etkisiz	7611%
Karşılaştırma 7: Sc4 > Sc5	-87%	29,4	1021%	Etkisiz	1887%

Tablo 28. Senaryo karşılaştırmalarının anahtar değer analiz sonuçları

Bu tabloda sunulan verilere göre, bu senaryoların her biri mevcut koşullar altında finansal uygulanabilirliği gösteren pozitif bir NBD gösterdiğinden, Karşılaştırma 1, Karşılaştırma 2 ve Karşılaştırma 4 için girdi varsayımlarında herhangi bir ayarlama gerekli değildir.

Buna karşılık, Karşılaştırma 3 her yıl operasyonel kayıplar yaşamaktadır, çünkü enerji tüketim maliyetlerindeki artış karbon gelirinden elde edilen kazanımları aşmaktadır. Bu dengesizlik, bu senaryo ile ilişkili yatırım harcamalarını finansal olarak gerçekleştirilemez hale getirmektedir.

Bununla birlikte, duyarlılık analizi, yatırım harcamalarındaki (Capex) önemli düşüşler, genişletilmiş yatırım geri ödeme süreleri veya enerji birimi fiyatlarındaki olumlu değişiklikler gibi önemli iyileştirmelerle, daha az uygulanabilir senaryolardan bazılarının başabaş noktasına yaklaşabileceğini göstermektedir. Örneğin, Capex'teki yaklaşık %87'lik bir azalma veya Capex geri ödeme süresinin 23 yıla kadar uzatılması, Karşılaştırma 5'i fizibilite bölgesine getirebilir.

8.4.2.6. Sonuç ve Yeşil Finans Çerçevesine Bağlantılar Kurma

Bu teorik olasılıklara rağmen, bu gerekli değişikliklerin büyüklüğü önemlidir. Bu nedenle, pratik bir bakış açısıyla, mevcut piyasa ve yatırım koşulları altında bazı senaryolar için başabaş noktasına ulaşmak pek olası değildir ve bu senaryolar için ekonomik sonuçları iyileştirmek için teknolojik gelişmelere veya politika teşviklerine duyulan ihtiyacın altını çizmektedir.

Bununla birlikte, değerli bilgiler sağlarken, tamamen KPI tabanlı bir ekonomik analizin, birkaç temel nedenden dolayı bu bina iyileştirmelerinin kapsamlı değerini ve etkilerini tam olarak yakalayamayabileceğini kabul etmek çok önemlidir.

İlk olarak, binaların doğal uzun ömürleri, anlık net bugünkü değerin ötesine uzanan bir yaşam döngüsü maliyet perspektifi gerektirir. Bu uzun vadeli maliyetlerin tüm yönlerini ölçmek zor olsa da, azalan bakım, artan dayanıklılık ve zaman içinde daha yüksek mülk değeri potansiyeli gibi faktörler, yalnızca NBD odaklı bir analize yeterince yansıtılmamaktadır.

İkincisi, belirli varyasyonların önemli negatif net bugünkü değerleri bile, konut binalarının genel varlık değeri ile yan yana getirildiğinde nispeten küçük görünebilir. Bu ölçek bazen uzun vadeli finansal sonuçların hafife alınmasına ve değer geliştirme fırsatlarının kaçırılmasına yol açabilir.

Üçüncüsü, negatif bir NBD olumsuz görünse de, sakinlerin aylık hizmet faturaları üzerindeki etkisi yönetilebilir olabilir ve standart finansal ölçütlere göre olumlu bir yatırım getirisi sağlamasa bile, iyileştirmeyi satın alınabilirlik açısından potansiyel olarak daha olumlu hale getirebilir.

Ayrıca, bu ekonomik analiz genellikle önemli toplumsal değere sahip finansal olarak ölçülemeyen dışsallıkları gözden geçirir. İyileştirilmiş iç mekan hava kalitesi nedeniyle azalan sağlık hizmetleri maliyetleri, daha düşük enerji tüketiminden kaynaklanan azalan çevresel etki, daha konforlu yaşam koşulları yoluyla artan refah ve kullanıcı konforunun içsel değeri gibi faydalar NBD hesaplamalarına dahil edilmemiştir.

Son olarak, her artan iyileştirmede anında kar maksimizasyonu arayışı, bir bireyin bakış açısından önemli parasal olmayan değeri gölgede bırakabilir. Artan konfor, gelişmiş estetik ve refah duygusu gibi yönler, kısa vadede doğrudan finansal getirilere dönüşmezken, önemli ölçüde kişisel değere sahip olabilir ve genel yaşam kalitesine katkıda bulunabilir.

Bu nedenle, KPI tabanlı ekonomik analiz çok önemli bir finansal merceğe sağlarken, bina iyileştirme senaryolarının bütünsel bir değerlendirmesi, gerçekten bilinçli kararlara varmak için bu uzun vadeli, daha az ölçülebilir ve bireysel merkezli faktörleri de dikkate almalıdır.

Bu bina iyileştirmelerinin benimsenmesini daha da desteklemek için, yeşil finansın daha geniş bağlamını dikkate almak önemlidir.

Bu rehberde daha önce vurgulandığı gibi, yeşil finans, çevresel hususları finansal kararlara entegre ederek finansal akışları olumlu çevresel sonuçlara sahip projelere yönlendirmeyi amaçlamaktadır. Bina iyileştirmeleri bağlamında, bu enerji verimliliği, azaltılmış çevresel etki ve sürdürülebilir kaynak yönetimi hedefleriyle uyumludur.

Bu iyileştirmeleri daha iyi desteklemek için, aşağıdaki gibi yeşil finans stratejilerinin çabaya entegre edilmesi gerekmektedir:

- Yeşil finans mekanizmalarının kullanılması: Özellikle karmaşık projeler için sermayeyi harekete geçirmek adına yeşil tahvilleri, yeşil kredileri ve karma finansmanın harekete geçirilmesi önemlidir. Harmanlanmış finansman, projelerin riskini azaltabilir ve özel yatırımları çekebilir.
- Yerel düzenlemelerden yararlanma: Yerel yönetimler, enerji tasarruflu bina kodları ve yeşil girişimleri destekleyen imar yasaları gibi destekleyici politikalar yürürlüğe koymalıdır.
- Yatırım teşviki: Riske göre ayarlanmış getiriler, ÇSY entegrasyonu, risk azaltma mekanizmaları, vergi teşvikleri, hibeler ve yeşil finans etiketleri gibi finansal motivasyonlar uygulanmalıdır.

Yeşil finans araçlarını ve yerel politika desteğini birleştirerek, politika yapıcılar sürdürülebilir bina iyileştirmelerine yatırım yapmak için daha uygun bir ortam oluşturabilir.

8.5. Çalışmanın Sonuçları

Beykoz kentsel dönüşüm projesi kapsamında C-02 binasının analizi, değerlendirilen çeşitli senaryolarda enerji verimliliği, sürdürülebilirlik ve çevresel performansta önemli gelişmeler olduğunu göstermektedir. Çalışma, farklı enerji tasarrufu stratejilerinin etkilerini, yenilenebilir enerji sistemlerinin entegrasyonunu ve ileri teknolojilerin kullanımını değerlendirmeye odaklanmıştır. Sonuçlar, hem enerji tüketiminde hem de sera gazı emisyonlarında önemli ölçüde azalma potansiyelinin altını çizerek, bina tasarımı ve işletimi için kapsamlı bir yaklaşım benimsemenin etkinliğini vurgulamaktadır.

Sonuçlar, temel senaryolardan (Sc 0 ve Sc 0.1) Sc 1, Sc 2, Sc 3, Sc 4 ve Sc 5 gibi daha enerji verimli konfigürasyonlara geçişin enerji tüketiminde önemli düşüşler sağladığını göstermektedir. Özellikle, ısı pompası sistemlerini ve geliştirilmiş pasif tasarım önlemlerini entegre eden Sc 2’de, ısıtma enerjisi tüketimi Sc 0’da 43,38 MWh’den 5,82 MWh’ye önemli ölçüde azalmıştır. Bu azalma, geleneksel ısıtma kaynaklarına olan talebi önemli ölçüde azaltan ısı pompası sisteminin yüksek verimliliğine bağlanmaktadır. Ayrıca, Sc 3 ve Sc 4’teki fotovoltaik (PV) ve fotovoltaik-termal (PVT) sistemlerin entegrasyonu, binanın toplam enerji tüketimini daha da azaltarak ek enerji tasarrufu sağlamıştır. Özellikle, Sc 3 senaryosu enerji kullanımında metrekare başına 49,94 kWh azalma sağlarken, Sc 4 senaryosu enerji tüketimini metrekare başına 48,11 kWh’ye düşürmüş ve yenilenebilir enerji sistemlerinin enerji performansını optimize etmedeki önemli faydalarını ortaya koymuştur.

Tüm enerji tasarrufu teknolojilerini (ısı pompaları, pasif tasarım iyileştirmeleri, PV ve PVT sistemleri, mekanik havalandırma ve batarya depolama) birleştiren en uygun senaryo olan Sc 5, en düşük enerji tüketimine ulaşarak toplam enerji kullanımını metrekare başına 41,01 kWh’ye düşürmüş ve temel duruma kıyasla %67’lik bir azalma sağlamıştır. Bu senaryo, gelecekteki kentsel konut gelişmeleri için bir model sağlayarak en yüksek enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik seviyesini göstermektedir.

Sera gazı emisyonları açısından, enerji verimli sistemlerin ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin uygulanması önemli düşüşlerle sonuçlandı. Temel senaryolarda (Sc 0 ve Sc 0.1), öncelikle doğal gaz ve elektrik tüketiminden kaynaklanan toplam emisyonlar sırasıyla 25,11 tCO₂e ve 23,88 tCO₂e idi. Ancak, Sc 2’de ısı pompalarının kullanıma sokulmasıyla emisyonlar 19,12 tCO₂e’ye düşürülmüş, Sc 3 ve Sc 4’te yenilenebilir enerji sistemlerinin eklenmesiyle emisyonlar sırasıyla 16,27 tCO₂e ve 15,68 tCO₂e’ye daha da azaltılmıştır. En uygun senaryo olan Sc 5, en önemli azalmayı gösterdi ve temel duruma kıyasla %47’lik bir azalmayı temsil eden toplam 13,36 tCO₂e emisyon elde etti.

Finansal analiz, Türkiye’de doğal gaz ve elektrik arasındaki fiyat farkının, öncelikle ülkenin doğal gaz sübvansiyon politikaları nedeniyle Avrupa Birliği’nden daha önemli olduğunu vurgulamaktadır. Sonuç olarak, enerji sistemlerine geçiş şu anda ekonomik olarak uygulanabilir değildir. Bununla birlikte, yenilenebilir enerji sistemlerine erişimi iyileştirmek ve bu sistemleri daha uygun fiyatlı hale getirmek için ulusal politikalar düzenlenir ve elektrik fiyatları düşürülür veya doğal gaza sağlanan sübvansiyon kaldırılırsa, enerji verimliliği yatırımlarının geri ödeme süreleri kısalacak ve hane halkı daha hızlı kar elde edecektir.

Temel senaryolar hariç, yalnızca pasif tasarım önlemlerinin uygulanmasıyla karakterize edilen Senaryo Sc1, özellikle karbon gelirleri analize dahil edildiğinde, finansal açıdan en uygun seçenek olarak öne çıkmaktadır. PV, PVT, ısı pompaları ve pil depolama gibi daha gelişmiş konfigürasyonlar önemli sürdürülebilirlik kazanımları sağlasa da, Türkiye’deki mevcut enerji fiyatlandırma yapısı altında ekonomik uygulanabilirlikleri sınırlı kalmaktadır. Bu vaka çalışmasında değerlendirilen PV sisteminin sınırlı çatı alanı ile kısıtlı olduğu unutulmamalıdır. Bununla birlikte, pasif tasarım stratejileri, yerel enerji toplulukları tarafından kolaylaştırılan ve net ölçüm çerçeveleriyle yönetilen yüksek kapasiteli PV sistemleriyle birleştirilirse, enerji üretimi ve tüketimi arasında daha dengeli bir ilişki sağlanabilir ve böylece genel finansal performans iyileştirilebilir. Ayrıca, bu yaklaşım, aktif sistemleri içeren diğer karmaşık senaryoların ekonomik uygulanabilirliğini artırabilir. Bu nedenle, bulgular sadece teknolojik entegrasyonun değerini değil, aynı zamanda sürdürülebilir kentsel kalkınmanın sağlanmasında destekleyici enerji politikalarının ve merkezi olmayan yönetişimin önemli rolünü de vurgulamaktadır.

Bu bulgular, kentsel dönüşüm projelerinde entegre enerji stratejilerinin benimsenmesinin önemli çevresel ve ekonomik avantajlarını vurgulamaktadır. Sonuçlar, enerji verimli sistemler, pasif tasarım önlemleri ve yenilenebilir enerji teknolojilerini birleştirerek, kentsel binaların enerji tüketimini ve sera gazı emisyonlarını azaltılabileceğini ve daha sürdürülebilir bir kentsel çevreye katkıda bulunabileceğini göstermektedir. Çalışma ayrıca, elektrik fiyatlarının düşürülmesi ve yenilenebilir enerji teknolojilerine daha kolay erişimin kolaylaştırılması gibi politika düzenlemelerinin bu sistemlerin benimsenmesini hızlandıracağını, enerji tasarruflu yatırımları daha uygulanabilir hale getireceğini ve hanehalkları için geri ödeme sürelerini kısaltacağını öne sürmektedir. Genel olarak, bu çalışma gelecekteki kentsel gelişime rehberlik etmek için sağlam bir çerçeve sunarak, daha enerji verimli, kendi kendine yeterli ve çevresel olarak sürdürülebilir topluluklar yaratmaya yönelik bir yol sunmaktadır.

9. Sonuç

Yeşil ve karbon nötr binalara geçiş, Türkiye’de, özellikle İstanbul gibi kentsel alanlarda sürdürülebilirlik ve iklim direncinin sağlanmasının kritik bir bileşenidir. Build4GreenIST projesi, sürdürülebilir inşaat, yenilenebilir enerji, yeşil finansman, yasal uyum, katılımcı yönetim ve gelişmiş kentsel planlama uygulamaları dahil olmak üzere temel unsurları entegre ederek bu geçişi kolaylaştırmak için temel bir çerçeve sunmaktadır. Proje tarafından özetlenen kapsamlı yaklaşım, iklim hedeflerini karşılama ve kentsel çevreleri sürdürülebilir ve verimli bir şekilde dönüştürme çabalarında kamu kurumları, özel sektör ve yerel topluluklar arasındaki paydaşlara rehberlik sunan stratejik bir yol haritası görevi görmektedir.

Türkiye’de yeşil ve karbon nötr binalara dönüşüm sürecinde, yasal düzenlemeler ve ulusal stratejik belgeler birbirini tamamlayan güçlü araçlar olarak öne çıkmaktadır. İmar, enerji verimliliği ve çevre mevzuatındaki düzenlemeler, binaların planlama, tasarım ve inşaat süreçlerinde çevresel performansın iyileştirilmesini zorunlu kılarken, strateji belgeleri ve eylem planları uzun vadeli hedefler ve uygulama adımları sağlayarak sürece rehberlik etmektedir. NSEB standartları, YeS-TR ve B.E.S.T Yeşil Bina Sertifika Sistemleri, BIM teknolojisi, yenilenebilir enerji entegrasyonu ve sıfır atık sistemleri, Türkiye’nin 2053 net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda bina sektörünün karbon ayak izini önemli ölçüde azaltacaktır. Bu nedenle, mevzuatın ve stratejilerin uyumlu bir şekilde uygulanması, ekonomik, sosyal ve çevresel faydaları olan daha dayanıklı, verimli ve iklime duyarlı şehirlerin inşasını sağlayacaktır.

Bu konunun il ölçeğinde daha derinlemesine ve yerel dinamiklere uygun olarak incelenmesi de büyük önem taşımaktadır; bu bağlamda İstanbul gibi büyükşehirler için hazırlanan yerel iklim eylem planları ve strateji belgeleri, genel olarak Türkiye’nin ulusal düzeyde belirlediği sürdürülebilirlik ve karbon nötrlük hedefleri ile uyumlu bir çerçeve sunmakta ve yerelden merkeze güçlü bir dönüşüm için temel oluşturmaktadır.

Bununla birlikte, bu dönüşümün başarılı bir şekilde uygulanması sadece strateji ve düzenlemelerin geliştirilmesini değil, aynı zamanda bunların etkili bir şekilde uygulanmasını da gerektirmektedir. Yasal çerçevelerin ve ulusal strateji belgelerinin yerel ihtiyaçlar ve bağlamlarla uyumlu hale getirilmesi, özellikle Beykoz gibi kentsel dönüşüm alanlarında kritik öneme sahiptir.

Stratejik belgelerin somut eylemlere dönüştürülmesi, yasal düzenlemelerin sahada uygulanması ve denetim mekanizmalarının güçlü bir şekilde işletilmesi, uzun vadeli karbon nötrlüğü ve enerji sürdürülebilirliği hedeflerine ulaşmada merkezi bir rol oynayacaktır. Uygulamada karşılaşılan kurumsal, teknik ve finansal engellerin aşılması kapasite geliştirme, bilinçlendirme ve teşvik sistemleri ile desteklenmelidir. Böylece sadece hedef belirleyen değil, aynı zamanda hedeflere ulaşan etkili ve sürdürülebilir bir dönüşüm süreci gerçekleştirilebilir.

Kapasite geliştirme girişimleri, farkındalık yaratma kampanyaları ve teşvik sistemlerinin kurulması yoluyla kurumsal, teknik ve finansal zorlukların ele alınması bu engellerin aşılmasında çok önemli olacaktır. Ayrıca, vatandaşlardan karar vericilere kadar tüm paydaşların aktif katılımı ve çabası, yeşil dönüşüm için geniş toplumsal desteğin sağlanmasında önemli bir rol oynayacaktır.

Belirlenen stratejilerin ve yasal çerçevenin sadece teknik ve idari düzeyde değil, vatandaşlar, uygulayıcılar ve karar vericiler tarafından da benimsenmesi, hedeflerin uzun vadeli ve sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu dönüşümün toplumsal olarak sahiplenilmesi kapsayıcı ve katılımcı bir yapıyla mümkün olacaktır. Bu nedenle, hem bireysel hem de kurumsal düzeyde finansal ve sosyal teşvik mekanizmalarının doğru ve adil bir şekilde tasarlanması, değişimin önündeki ekonomik ve davranışsal engellerin üstesinden gelmek için en önemli araçlardan biri olacaktır. Bu şekilde, yeşil dönüşüm salt bir politika hedefinden tüm toplum tarafından benimsenen ve paylaşılan bir yaşam biçimine dönüştürülebilir.

Sonuç olarak, Türkiye hala yeşil ve karbon nötr binalara geçişin ilk aşamalarında olmasına rağmen, Build4GreenIST projesi anlamlı ve etkili bir değişim için temel bir çerçeve sunmaktadır. Bu geçiş, uygun politikaların, finansal mekanizmaların ve katılımcı yönetim yapılarının uygulanması yoluyla gerçekleştirilebilir. Proje, diğer şehirler için tekrarlanabilir bir model sağlamakta ve Türkiye’ye sürdürülebilir ve iklime dayanıklı bir kentsel geleceğe doğru ilerlemek için önemli bir fırsat sunmaktadır. Bu vizyonun başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi, yapıllı çevrenin ülkenin sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda gelişmesini sağlamak için hem ulusal hem de yerel düzeyde sürekli ve koordineli çabalar gerektirecektir.

Referanslar

- [1] İİDEP 2018 İklim-Senaryolari-Rapor <https://cevre.ibb.istanbul/wp-content/uploads/2022/09/Iklim-Senaryolari-Raporu.pdf>
- [2] https://vizyon2050.istanbul/upload/content/202093_185264.pdf
- [3] [istanbul-deprem-calistayi-raporu.pdf](#)
- [4] “Yeşil Bina Nedir? | ABD Yeşil Bina Konseyi” 6 Ağustos 2014. <https://www.usgbc.org/articles/what-green-building>
- [5] “Temel Bilgiler | Yeşil Bina | ABD Çevre Koruma Ajansı (US EPA)” n.d. <https://archive.epa.gov/greenbuilding/web/html/about.html>
- [6] T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (14 Ocak 2022). Ulusal Yeşil Sertifika Sistemi (YeS-TR) kapsamında sertifikasyon süreci başladı. <https://meslekihizmetler.csb.gov.tr/ulusal-yesil-sertifika-sistemiyes-tr-sertifikalandirma-sureci-basladi-haber-282682>
- [7] “Yeşil Bina Nedir? | Avustralya Yeşil Bina Konseyi” t.y. <https://new.gbca.org.au/about/what-green-building/>
- [8] “Avrupa Birliği Resmî Gazetesi - Mevzuat” 2 Ağustos 2016. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2016:208:FULL>
- [9] Enerji. “Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar” t.y. [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energybuild-ings_en#:~:text=Nearly%20zero%2Demissi-on%20building%20\(NSEB,pro-duced%20on%20site%20or%20nearby](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energybuild-ings_en#:~:text=Nearly%20zero%2Demissi-on%20building%20(NSEB,pro-duced%20on%20site%20or%20nearby)
- [10] Mass.gov. “Sıfır Net Enerjili Bina Nedir?” n.d. <https://www.mass.gov/info-details/what-is-a-zero-net-energy-building>
- [11] Dünya Yeşil Bina Konseyi. “Net Sıfır Karbonlu Bina Nedir? - Dünya Yeşil Bina Konseyi” 12 Ekim 2023. <https://worldgbc.org/advancing-netzero/what-is-a-net-zero-carbon-building/>
- [12] “Karbon Nötrlüğü Nedir ve 2050’ye Nasıl Ulaşılabilir? | Haberler | Avrupa Parlamentosu” 4 Aralık 2023. [https://www.europarl.europa.eu/](https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20190926STO62270/what-is-carbon-neutrality-and-how-can-it-beachieved-by-2050https://www.europarl.europa.eu/)
- [13] GmbH, Dgnb. “DGNB Sertifikasyonu: Kentsel Bölgeler.” DGNB GmbH, 17 Ekim 2023. <https://www.dgnb.de/en/certification/important-facts-aboutdgnb-certification/certification-schemes/urban-districts>

[14] Dünya Yeşil Bina Konseyi. “Net Sıfır Karbonlu Bina Nedir? - Dünya Yeşil Bina Konseyi” 12 Ekim 2023. <https://worldgbc.org/advancing-netzero/what-is-a-net-zero-carbon-building/>

[15] Kaynak: Dünya Yeşil Bina Konseyi. (t.y.). Net Sıfır Karbonlu Bina Nedir? Erişim adresi: <https://worldgbc.org/climate-action/what-is-a-net-zero-carbon-building/>

[16] Kaynak: Dünya Yeşil Bina Konseyi. Net Sıfır Karbonlu Bina Nedir? Erişim adresi: <https://worldgbc.org/climate-action/what-is-a-net-zero-carbon-building/>

[17] ABD Yeşil Bina Konseyi. (2023). Yeşil binanın faydaları. <https://www.usgbc.org/articles/benefits-green-building>

[18] ABD Yeşil Bina Konseyi ve Austin Texas Üniversitesi. (2017). Austin-Round Rock emlak piyasasında LEED evlerinin değeri: Yeşil sertifikasyonun yeniden satış primleri üzerine istatistiksel analiz. <https://www.usgbc.org/re-sources/value-leed-homes-austin-round-rock-real-estatemarket>

[19] Booz Allen Hamilton & ABD Yeşil Bina Konseyi. (2015). Yeşil bina ekonomik etki çalışması. ABD Yeşil Bina Konseyi. https://globalgbc.org/wp-content/uploads/2022/07/042_green-building-economic-impact-study.pdf

[20] IPCC. (2014). İklim Değişikliği 2014: İklim Değişikliğinin Azaltılması. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Beşinci Değerlendirme Raporu’na Çalışma Grubu III katkısı. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>

[21] EIA. (2020). Evlerde enerji kullanımı. ABD Enerji Bilgi İdaresi. <https://www.eia.gov/energyexplained/use-of-energy/homes.php>

[22] USGS. (2015). 2015 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nde tahmini su kullanımı. ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu. <https://pubs.usgs.gov/circ/1441/circ1441.pdf>

[23] EPA. (2023). Sera gazı emisyon kaynakları. ABD Çevre Koruma Ajansı. <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>

[24] ABD Yeşil Bina Konseyi. (2023). Yeşil binanın faydaları. <https://www.usgbc.org/articles/benefits-green-building>

[25] ABD Yeşil Bina Konseyi, 2014, tarafından LEED v4 Mahalle Gelişimi için uyarlanmıştır. <https://www.usgbc.org/resources/leed-v4-neighborhood-development-current-version>

[26] Görsel Kaynağı: Denge Değerleme. (2024). Ziraat Bank Tower 1 – V4S Değerleme Raporu (24 Nisan 2024). Erişim adresi: https://www.dengedegerleme.com/wpcontent/uploads/2024/05/DENGE_V4S_Rapor_24042024.pdf

- [27] Denge Değerleme. (2024). Ziraat Bank Tower 1 – V4S Değerleme Raporu (24 Nisan 2024). Erişim adresi: https://w.dewngedegerleme.com/wpcontent/up-loads/2024/05/DENGE_V4S_Rapor_24042024.pdf
- [28] Görsel Kaynağı: Altensis. (t.y.). Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi. Erişim adresi: <https://www.altensis.com/proje/kartal-dr-lutfi-kirdar-sehir-hastanesi/>
- [29] <https://www.altensis.com/proje/kartal-dr-lutfi-kirdar-sehir-hastanesi/>
- [30] Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) (2015). Paris Anlaşması. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- [31] Avrupa Komisyonu. (2019). Avrupa Yeşil Mutabakatı. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- [32] Türkiye Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023). On İkinci Kalkınma Planı (2024–2028). https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2025/03/Twelfth-Development-Plan_2024-2028.pdf
- [33] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2024). Türkiye'nin 2030 Enerji Verimliliği Stratejisi ve İkinci Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2024–2030). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. https://enerji.gov.tr/MediaDizin/BHIM/tr/Duyurular/TurkiyeninEnerjiVerimliliği2030StratejisiVeUlusalEnerjiVerimliliğiEylemPlanı_202401161407.pdf
- [34] Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024). 2024-2030 İklim Değişikliği Azaltımı ve Uyum Stratejisi ile Eylem Planları. <https://iklim.gov.tr/en/action-plans-i-121>
- [35] Belediye Başkanları İklim ve Enerji Taahhüdü, Sürdürülebilir enerji ve iklim eylem planları (SE-CAPs). Belediye Başkanları Taahhüdü (CoM). <https://www.covenantof-mayors.eu>
- [36] İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri (İETT). (2024). İETT Genel Müdürlüğü 2024 Yıllık Raporu. https://iett.istanbul/BBIImages/Slider/Image/i%CC%87ett-genelmu%CC%88du%CC%88rlu%CC%88g%CC%86u%C-C%88_2024-faaliyet-raporu-1.pdf
- [37] İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel Genel Müdürlüğü. (2022). Sürdürülebilirlik Raporu 2022–2024, <https://iett.istanbul/BBIImages/Slider/Image/su%CC%88rd%CC%88ru%CC%88lebilirlik-2022-2024.pdf>
- [38] KOSGEB, Yeşil Sanayi Destek Programı. <https://www.kosgeb.gov.tr/site/tr/genel/destekdetay/9022/yesil-sanayi-destek-programi>
- [39] İBB İSTAÇ. Atık yönetimi. <https://www.istac.istanbul/faaliyetalan-larimiz/atik-yonetimi>
- [40] İBB Çevre. Atık yönetimi ve biyometanizasyon süreci. <https://cevre.ibb.istanbul/atik-yonetimi-mudurlugu-sube-mudurlugu/biyo-meta-nizasyon-tesisi/>

- [41] IEA (2021). Binaların İzlenmesi 2021. <https://www.iea.org/reports/track-ing-buildings-2021>
- [42] Binaların enerji performansı – Bina otomasyonu, kontrol sistemleri ve bina yönetiminin etkisi.
- [43] Verimlilik Değerlendirme Organizasyonu (2016). IPMVP Temel Kavramlar. <https://evo-world.org>
- [44] ASHRAE (2019). Guideline 36 – High-Performance Sequences of Operation for HVAC Systems
- [45] IEA (2021). Enerji Talebini Azaltmak İçin Davranışsal Değişiklikler. <https://www.iea.org/reports/behavioural-changes-to-reduce-energy-demand>
- [46] IPCC (2022). Altıncı Değerlendirme Raporu – İklim Değişikliğinin Azaltılması (Çalışma Grubu III)
- [47] Enerji Tüketimi Üzerindeki Geri Bildirimin Etkinliği
- [48] Yönlendirme: Sağlık, Zenginlik ve Mutluluk Hakkında Kararları İyileştirme
- [49] Binaların enerji performansı – Otomasyon ve kontrolün etkisi
- [50] <https://www.mgm.gov.tr/>
- [51] İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2021). İstanbul İklim Eylem Planı (ICAP). <https://netzerocities.eu/istanbuls-pilot-city-activitygreen-and-car-bon-neutral-building-transition-guide/>
- [52] İBB Kentsel Dönüşüm Müdürlüğü'nden Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Verileri
- [53] İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kentsel Dönüşüm Müdürlüğü verilerine dayalı
- [54] Yun, X.; Hu, Y. Yeşil Finans Araştırmalarının Evrimine Genel Bir Bakış. World 2024, 5, 1335-1366. <https://doi.org/10.3390/world5040068>
- [55] <https://www.unep.org/civil-society-engagement/major-groups-modalities/major-group-categories/local-authorities>
- [56] <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2024.1414365/full>
- [57] <https://www.weforum.org/stories/2023/03/radical-collaboration-for-asus-tainable-future-the-case-for-sustainability-collaboration/>
- [58] <https://www.ifc.org/en/what-we-do/sector-expertise/blended-finance/how-blended-finance-works>
- [59] <https://www.izoder.org.tr/dosyalar/TS%20825%20Revizyonu%20Bas%C4%B1n%20B%C3%BClteni.pdf>
- [60] https://webdosya.csb.gov.tr/db/meslekihizmetler/menu/yagmur-gri-su-klavuz-05_20250312114534.pdf

[61]https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/12/On-Ikinci-Kalkin-ma-Plani_2024-2028_11122023.pdf

[62]https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2024/09/Orta-Vadeli-Pro-gram_2025-2027.

[63]<https://iklim.gov.tr/db/turkce/dokumanlar/turkiye-cumhuriye-ti--8230-102-20230512125223.pdf>

[64]<https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/T%C3%BCrkiye'nin%20Uzun%20D%C3%B6nemli%20C4%B0kl%C3%BCm%20Stratejisi.pdf>

[65][https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/%C4%B0kl%C3%BCm%20De%C4%9Fi%C5%9Fi%C4%9Fi%20Azt%C4%B1m%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan%C4%B1%20\(2024-2030\).pdf](https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/%C4%B0kl%C3%BCm%20De%C4%9Fi%C5%9Fi%C4%9Fi%20Azt%C4%B1m%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan%C4%B1%20(2024-2030).pdf)

[66]https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/%C4%B0kl%C3%BCm%20De%C4%9Fi%C5%9Fi%C4%9Fi%20Uyum%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan_%202024-2030.pdf

[67]https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/BHIM/trDuyurular/T%C3%BCrkiye'ninE-nerjiVerimlili%C4%9Fi2030StratejisiUlusalEnerjiVerimlili%C4%9FiEylemPlan%C4%B1_202401161407.pdf

[68] Dünya Bankası. (2021). Kentsel Dayanıklılık İçin Doğa Temelli Çözümler Kataloğu. Küresel Afet Azaltma ve İyileştirme Tesisi (GFDRR). Erişim adresi: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/502101636360985715/pdf/A-Catalogue-of-Nature-based-Solutions-for-Urban-Resilience.pdf>

[69] Ecologic Enstitüsü (2020). Şehirlerde İklim Değişikliği ile Mücadele. Kentsel Doğa Temelli Çözümler Kataloğu. Erişim adresi: <https://www.ecologic.eu/17229>

[70] Boeri, S. (2017). Dikey Orman: Milano'nun Kentsel Ormancılık Projesi. Oppla. Erişim adresi: <http://oppla.eu/casestudy/19446> ;Stefano Boeri Architetti. (t.y.). Bosco Verticale. Erişim adresi: <https://www.stefano-boeri-architetti.net/en/project/verticalforest/>

[71] Uluslararası Büyüme Merkezi. (2023). Kentsel Ulaşım Yoluyla Kadınları Güçlendirme: Lahor'dan Dersler. Erişim adresi: <https://www.theigc.org/blogs/gender-equality/empoweringwomen-through-urban-transport-lessons-lahore>

[72] Brears, R. C. (29 Temmuz 2020). Hamburg'un Yağmur Suyunu Yeraltında Depolayan Stadyumu.

[73] Kadıköy Belediyesi. (t.y.). Kadıköy'de Hasat Zamanı: Yağmur Suyunu Bizim İçin Topla! 14 Mayıs 2025, erişim adresi: <https://www.kadikoy.bel.tr/en/news/kadikoy-de-hasatzamani-yagmur-topla-bizim-icin-5604>

[74] <https://www.bristolenergynetwork.org.uk/>

[75] <https://istanbulyenileniyor.com/>

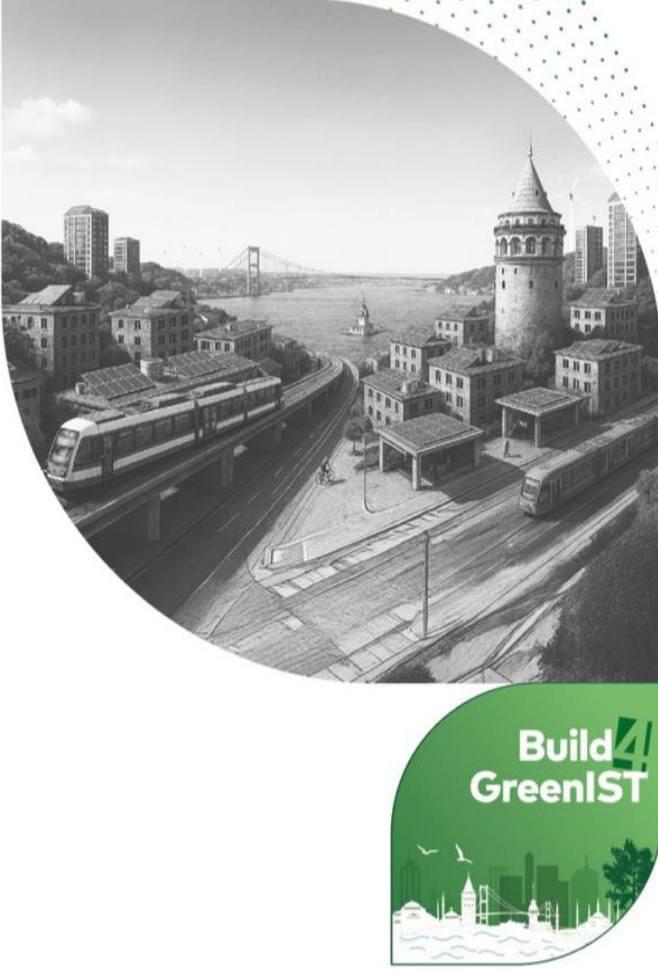
[76] <https://vaxer.stockholm/en/areas/city-development-areas/stock-holm-ro-yalseaport/>

[77] <https://www.niluferkentkonseyi.org/index.php>

[78] 2014, AB Fayda-Maliyet Analizi Rehberi

Not:





Build4!
GreenIST



İstanbul, yeşil dönüşümde öncü şehirlerden biri olmaya kararlı.

Bu rehber, doğayla uyumlu, karbon nötr bir yaşam için atılacak adımlara ışık tutuyor.

Gelecek, birlikte yeşerecek.



**ÇEVRE
KORUMA VE
KONTROL
DAİRESİ
BAŞKANLIĞI**

**İKLİM
DEĞİŞİKLİĞİ
ŞUBE
MÜDÜRLÜĞÜ**