



idealkent ©

ISSN: 1307-9905 E-ISSN: 2602-2133

DOI: 10.31198/idealkent.1354170

Araştırma Makalesi / Research Article

Sayı Issue 43, Cilt Volume 16, Yıl Year 2024-1, 460-484

# İklim Değişikliği ve Yapılı Çevre: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ve Net Sıfır Karbon Binalar (NZCB) Yaklaşımının İncelenmesi

Tulû Tohumcu Kaya<sup>1</sup>  
ORCID: 0000-0002-6881-3003

Ayşem Berrin Çakmaklı<sup>2</sup>  
ORCID: 0000-0001-8017-4120

## Öz

İklim değişikliğinin doğal ve yapılı çevre üzerindeki olumsuz etkileri günden güne artmaktadır. Son yıllarda özellikle kent ölçeğinde binalar, ulaşım, atık ve altyapı sistemleri sektörlerinde bu negatif etkiler ile mücadele yöntemleri değişim sürecine girmiş ve ülkeler tarafından geliştirilen iklim değişikliğine yönelik uyum ve azaltım stratejileri uygulanmaya başlamıştır. Kent ve mimari ölçeklerdeki yaklaşımlarda bu sektörlerle yönelik sürdürülebilir bir çaba ile ortaya koyulan uygulamalar görmek mümkündür. Net Sıfır Karbon Bina (NZCB) yaklaşımı, mimari perspektiften bakılınca yeni olmayan ancak birçok farklı "yeşil bina" yaklaşımından sonra son 10 yılda iklim değişikliği ile mücadele sürecinde yenilenerek karşımıza çıkan bir sürdürülebilir mimari uygulama yöntemidir. Bu çalışma iklim değişikliği ile mücadele sürecini Birleşmiş Milletler (BM) tarafından ortaya konan 17 adet Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA), Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Raporları ve NZCB yaklaşımının ortaya çıkışı çerçevesinde incelemektedir. Araştırmada elde edilen veriler, SKA'ların NZCB yaklaşımının gündeme gelmesinde önemli bir rolü olduğunu göstermektedir. Araştırma bünyesinde çeşitli literatür taraması verilerinden yola çıkarak, sürdürülebilir mimari yaklaşımlar ve uygulamalarda en son tartışılan NZCB yaklaşımı için bir zaman çizelgesi de oluşturulmuştur. NZCB yaklaşımı ve çevresel etkileri ile ilgili verileri ortaya koyabilmek, minimum karbon salım hedeflerini etkileyecek şekilde uygulamalar yapabilmek için aynı zamanda paralel olarak IPCC raporlarının incelenmesi, SKA çıktılarının her aşamada değerlendirilmesi uygulama projeleri için önemlidir. Bundan dolayı bu çalışma ile sürdürülebilir gelecek için hedefler barındıran dirençli kentler ve binalar için Net Sıfır Karbon Yaklaşımını yeni, güçlü ve efor gerektiren bir tasarım yaklaşımı olarak ortaya koymak amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Net sıfır karbon binalar, iklim değişikliği, sürdürülebilir kalkınma amaçları

<sup>1</sup> Doktora öğrencisi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü,  
E-posta: tulu.tohumcu@metu.edu.tr

<sup>2</sup> Doç. Dr., Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü,  
E-posta: cakmakli@metu.edu.tr



idealkent ©

ISSN: 1307-9905 E-ISSN: 2602-2133

DOI: 10.31198/idealkent.1354170

Araştırma Makalesi / Research Article

Sayı Issue 43, Cilt Volume 16, Yıl Year 2024-1, 460-484

# Climate Change and The Built Environment: Sustainable Development Goals and Evaluation of The Net Zero Carbon Building (NZCB) Design Approach

Tulû Tohumcu Kaya<sup>3</sup>  
ORCID: 0000-0002-6881-3003

Ayşem Berrin Çakmaklı<sup>4</sup>  
ORCID: 0000-0001-8017-4120

## Abstract

*The adverse effects of climate change on both natural and built environments are increasing day by day. In recent years, especially at the urban scale, methods to combat these negative effects have undergone a process of change in sectors such as buildings, transportation, waste, and infrastructure systems. Climate change adaptation and mitigation strategies developed by countries have begun to be implemented. In recent years, adaptation and mitigation strategies for climate change have been developed and implemented by countries. It is possible to see practices put forth with a sustainable effort towards these sectors in urban and architectural scales. The Net Zero Carbon Building (NZCB) approach, although not new from an architectural perspective, has evolved over the past decade as a sustainable architectural practice method in the combat against climate change, following many different "green building" approaches. It represents a new approach to the built environment. This study examines the process of combating climate change through the viewpoints of the 17 Sustainable Development Goals (SDGs) put forward by the United Nations (UN), the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Reports, and the emergence of the NZCB approach. The data obtained in the research shows that the SDGs have played a significant role in bringing the NZCB approach to the forefront. Within the scope of this research based on various literature review data, a timeline for sustainable architectural approaches and practices, including the latest discussion on NZCB, has been established. To be able to present data regarding the NZCB approach and its environmental impacts, it is important to simultaneously review IPCC reports, and evaluate SKA outputs at every stage of implementation projects to make applications that will influence minimum carbon emission targets. Therefore, this study aims to present the Net Zero Carbon Approach as a new, robust, and effort-demanding design approach for resilient cities and buildings harboring goals for a sustainable future.*

**Keywords:** Net zero carbon buildings, climate change, sustainable development goals

<sup>3</sup> PhD Student, Middle East Technical University, Faculty of Architecture, Department of Architecture Building Science Program, E-mail: tulu.tohumcu@metu.edu.tr

<sup>4</sup> Assoc. Prof. Dr., Middle East Technical University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, E-mail: cakmakli@metu.edu.tr

## Giriş

İklim değişikliğinin etkileri yaklaşık 100 yıldır araştırılmakta, ancak son 50 yıl içerisinde sosyal, çevresel ve ekonomik açıdan çok önemli konuma gelmiştir. Her sektör, kendine göre iklim değişikliği ile mücadele etmenin yollarını aramaktadır. İnsan aktiviteleri, sera gazı emisyonlarının artmasına sebep olarak, küresel ısınmayı tetiklemektedir. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), iklim değişikliği risklerini en yakından takip eden ve gelecek senaryolarını bilimsel verilerle ortaya koyan platformdur. Yeryüzü 1800'lü yıllara göre yaklaşık 1,1°C kadar daha ısınmış durumdadır, geçtiğimiz on yıl (2011-2020) en sıcak mevsimler olarak kayda geçmiş olup (UN, 2022), IPCC (2023a)'ye göre, 1970'li yıllardan beri büyük okyanus insan aktiviteleri dolayısıyla ısınmaktadır.

İklim değişikliğinin sadece sıcaklık artışı etkisi olduğu düşünülmektedir, ancak sıcaklık artışı çoğu sorundan yalnızca biridir. Yeryüzünün kendisi her şeyin birbirine bağlı olduğu bir sistemdir, bir değişiklik bütün sistemi etkilemektedir (UN, 2022). Doğal çevreyi organik bir sistem gibi düşünecek olursak, bu sistem içerisindeki en ufak bir bozulma veya baskı sistem içerisindeki diğer dengeleri de etkiler durumdadır. Doğal çevrenin mümkün olduğunca korunarak, iklim değişikliği ile mücadele sürecinde, her sektör için hedefler; CO2 emisyonlarının ve küresel karbon ayak izinin azaltılması, dünyamızın doğal dengesinin korunması, iklim değişikliği etkilerinin azaltılması, sürdürülebilir yapıları çevrelerin oluşturulması ve sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi şeklindedir.

Bu çalışma, iklim değişikliği etkilerinin ele alınmasında net sıfır karbon binalar ve çevresel sistemler inşa etmenin önemini irdelemekte ve bu konuyla ilgili derin bir literatür taraması içermektedir. Çalışma, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA)'ndan başlayarak Net Sıfır Karbon Binalar yaklaşımını incelemektedir. Karbon salımlarının azaltılmasına yönelik dünyada uygulanan mimari yaklaşımlarının SKA'lar ile olan bağlantısı kesindir, yani SKA'lar bu platformda tasarlanan ve uygulanan yapılar ve çevresel etkileri için metodoloji oluşturmada rehberlik edebilir niteliktedir. Dolayısıyla çalışmada SKA'ların NZCB tasarlama ve uygulama sürecine katkısı araştırılmış ve IPCC raporlarındaki binalar ve kent sistemleri karbon salım verilerine ve gelecek iklim senaryolarına yer verilmiştir. İncelenen IPCC raporlarındaki NZCB tanımı, yaklaşım ve olası gelecek senaryoları doğrultusunda NZCB yaklaşımı zaman çizelgesi ve anahtar kelimeler üretilmiştir. Bu

çizelge mimari tasarım yaklaşım ve süreçlerine iklim değişikliği etkilerinin literatür taramasındaki yerini göstermektedir. NZCB yaklaşımının ortaya çıkışının araştırılmasının sebebi SKA'lar ile bağlantısını ortaya koymaktır. Literatürde NZCB ile ilgili halen mevcut tanımsızlık ve belirsizlikler vardır. Ancak, mimari ölçekte uygulamalar arttıkça bu tanımın daha somutlaşacağı kesindir. Bundan dolayı bu çalışma, Türkiye'de NZCB yaklaşımının değerlendirilmesi için bir ön araştırma niteliğindedir.

### **İklim Değişikliği, Binalar ve Çevre**

İklim değişikliği etkilerinin son yıllarda, özellikle şehirlerimiz üzerinde yarattığı baskı kaçınılmaz bir durumdadır. IPCC (2023a) 'ye göre öne çıkan sektörler endüstri, enerji, ulaşım, tarım ve yapı sektörüdür. Bu noktada, yapılı çevrenin iklim değişikliğinin etkilerinin hızlanmasında rolünün belirleyici olduğunu söylemek mümkündür. Şehirlerde inşa edilen her binanın ve altyapı sisteminin doğal çevre üzerinde olumlu veya olumsuz etkisi vardır. Şehirlerde ortaya çıkan enerji tüketimi, alan kullanımı ve değişimi, yaşam tarzı ve tüketim alışkanlıkları sera gazı salımlarının ortaya çıkmasında önemli bir rol oynamaktadır (IPCC, 2022).

Yapılı çevre içerisindeki insan aktiviteleri, ekosistemlerinde yaşayan canlı organizmalarının yok olmasına katkıda bulunmaktadır (Zari, 2012). İklimsel bir çöküntü ve biyoçeşitliliğin zamanla yok olduğu bir döneme girdiğimizi düşünürsek, nüfus artışı, hızlı ve bilinçsiz kentleşme de nasıl yaşadığımız ve geleceğimize bakışımıza yönelik üzerimizde baskı oluşturmaktadır (Thomson ve Miller, 2020). Şehirlerin güçlü bir şekilde planlanması, inşa edilmesi, kalkınması, yönetilmesi ve gelişmesi ile şehirleşme, sürdürülebilir kalkınmaya yönelik bir model haline gelebilir (UIA, 2022).

Son yıllarda yapılan çalışmalara göre, sera gazı emisyonlarının yaklaşık %75 i kentsel yapılı çevre kaynaklı olup, bu oranın %40'ından kent ulaşım sistemleri, %37'sinden ise binalar sorumludur (WGBC, 2021). IPCC (2023a) güncel raporunda, kentsel alanların 2015 ve 2020 yılları arasında artan sera gazı salımlarına olan etkisinin %67-%72 oranında olduğu belirtilmektedir.

Dünya nüfusunun yaklaşık %55'i, şehirlerde yaşamaktadır (REN21, 2021), 2030 yılına doğru kentsel alanların dünya nüfusunun %60'ını barındıracağı ve her üç kişiden birinin şehirlerde yaşayacağı öngörülmektedir (UN, 2018). Nüfus, yapılı çevre ve binaların tasarlanıp inşa edilmesinde önemli bir etkenidir. Yapılı çevre oldukça güçlü ve geniş bir doğal ekosistem içerisinde yer

almaktadır. İklim düzeni değişime uğradıkça binalar, yerleşim alanları ve şehirlerin de çevreleri ile olan etkileşim biçimleri de değişmelidir (Thomsen ve Miller, 2020). “Binalar ve mimari yaklaşımları iklim değişikliği senaryoları ve küresel ısınma üzerinde doğrudan etkilidir. 1990-2019 periyodunda, binalardan kaynaklı küresel karbon emisyonları %50 oranında artmıştır” (IPCC, 2022). İklim değişikliğine uyum sürecine mimarının katkısı temel olarak çevresine duyarlı ve yaşam döngüsünün çevre üzerindeki negatif etkileri ve karbon emisyonları azaltılmış olan binaların/yapıların tasarım ve inşaatına bağlıdır (Aleksic, Kosanovic, Tomanovic, Grbic, ve Murgul, 2016). Uluslararası Mimarlar Birliği (UIA) ne (2022) göre, yapı çevre ile iş imkanlarının yaratılması, geçim kaynağı fırsatları ve kaliteli yaşam arasındaki esas bağın benimsenmesi zamanıdır. Binalar ve altyapı sistemleri tek başlarına ele alındıklarında karbon salımlarını önemli ölçüde azaltamazlar. IPCC (2014)’e göre, azaltım senaryoları binalar ve kent sistemleri sektörleri için çok önemli olsa da binalar ve altyapı sistemleri tek başlarına ele alındıklarında karbon salımlarını önemli ölçüde azaltamazlar.

IPCC (2023a), sürdürülebilir kalkınmanın başarılı olabilmesinde sektörler arası etkileşimli yaklaşımların ve hızlıca uygulanabilir olan dengeli adaptasyon ile uyum stratejilerinin önemini vurgulamaktadır. Raporda, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarının (SKA) sektörel bazda uygulama metodları incelenmiştir. Bu noktada, mimarlık yaklaşımları için de 17 SKA (Şekil 1) ’nın da çok önemli olduğu, bina ile kent sistemleri sektörlerinden kaynaklı salımların azaltılmasına yönelik uygulamalar için bir yol haritası niteliğinde olduğu açıktır. Mimarlık alanında 2050 yılına yönelik olası senaryolar ve projelerin binalardan kaynaklı küresel karbon salımlarına büyük ölçüde etki edeceği söylenebilir.



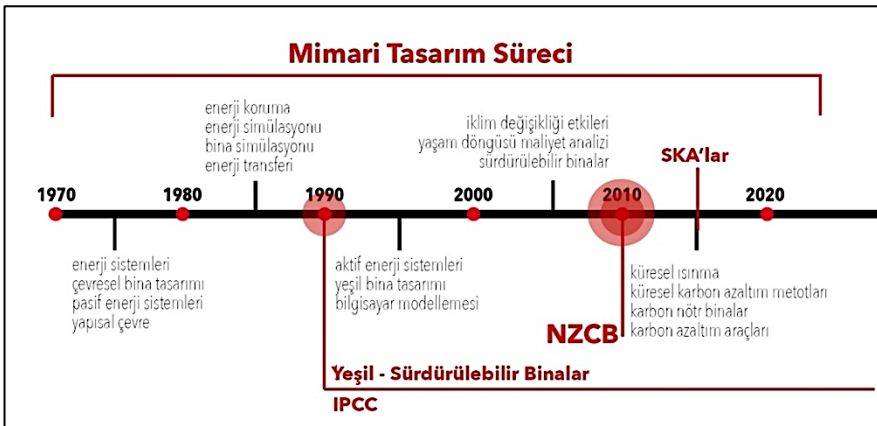
Şekil 1. BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları

## Mimari Yaklaşım Senaryolarının Önemi

Birleşmiş Milletler (BM) 2050 yılına doğru 2,5 milyar insanın daha kentlerde yaşayacağını öngörmekle birlikte küresel sera gazı emisyonlarının artmasını, enerji ihtiyacı ve yapılı çevrenin yaratacağı çevresel etkilerin de artacağını öngörmektedir (Pomponi, Saint, Arehart, Gharavi, ve D'Amico, 2021). Nüfus artışının önemli bir etken olduğu ve yapılı çevrenin insan ve nüfus ihtiyacına göre şekillendiği, bina gereksiniminin de bu oranda doğrudan arttığı bir gerçektir.

2050 karbon sıfır hedefi, kent ve bina ölçeğinde, enerji sistemleri, enerji verimliliği ve tüketimi stratejilerini kapsamaktadır. Kentsel sistemlerin (binalar, altyapı, ulaşım, peyzaj vb.) karbon emisyonlarını doğrudan etkilemesinin yanı sıra, binaların altyapı sistemleri ve ulaşımdan ayrı düşünülmesi olanaksızdır. Binalar karbon sıfır bir sistem ile desteklenmez ve altyapı sistemleri ile koordineli bir şekilde ele alınmazlarsa net sıfır enerji sağlayamazlar ve karbon sıfır olamazlar (WGBC, 2021). Azaltım ölçümleri olmadan, sıcaklıkların da artacağı ve sıcaklık dalgalarının daha sık zirve yapacağı da düşünülürse, bina sektöründen kaynaklı karbon emisyonları 2050 yılına doğru gözle görülür biçimde artabilir. (IPCC, 2014).

Son 30 yılda, mimari yaklaşımların bu konudaki önemi yapılan çalışmalarla ortaya konmaktadır. İklim değişikliği ele alındığında, Net Sıfır Karbon yaklaşımı, bilimsel yaklaşımlar ve tarihsel süreç içerisinde (1970 – 2023) şu an, mimarlık ve tasarım alanında tartışılan ana konuların başında gelmektedir. Şekil 2, mimari yaklaşımlarda iklim değişikliği etkilerinin ele alınmasının 1970'lerden günümüze kadarki olan sürecinin temsili bir zaman çizelgesidir.



Şekil 2. 1970'lerden Günümüze İklim Değişikliği ve Anahtar Kelimeler

IPCC (2022) bütün yeni binaların 2030 yılında net sıfır karbon olarak işletilmesi, 2050 yılına kadar ise bütün yeni/mevcut binaların net sıfır karbon olarak işletilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. NZC yaklaşımına yönelik stratejilerin belirlenmesinde SKA'ların önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır; hava kirliliğinin azaltılması, su kaynaklarının bilinçli tüketilmesi, altyapı ve kent sistemlerinin temiz enerji sistemleri ile çözümlenmesi, net sıfır enerji almasının oluşması ve ekonomik büyümenin desteklenmesi gibi kriterler SKA'lar içerisinde yer almaktadır.

### **Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA)'nın Önemi**

BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları<sup>5</sup> bina ve şehirler için mimarlar ve tasarımcılara yön verici niteliktedir. 17 amacın doğrudan ve dolaylı olarak mimarlık ile ilişkisi bulunmaktadır. Yapılı çevre, planlama, mimarlık ve tasarım her bir amaç ile etkileşimlidir; yalnızca gelecek potansiyeli olduğundan veya isteklilik seviyesi açısından değil, dünyada bu doğrultuda inşa edilmiş binalar, yerleşim alanları ve şehirler olduğundan önemlidir (Mossin, Boistrup, Stilling, Larsen, Lotz ve Blegvad, 2022). Mimari platform, bütün dünyada olmak üzere, iklim değişikliği etkilerinin olası senaryoları ve projeleri içerisinde yer almaktadır. "Mimarlar, gelecekte sürdürülebilir şehirler ve topluluklar oluşması için temel kararlar ve öneriler sağlayabilir. Mimarlar, bizlere iyi çözümler sunmak ve otoriteleri düzenlemeleri ileri götürmek açısından cesaretlendirmek için açık bir iletişim ile fayda sağlayabilir ve ortaklıklar içerisinde çalışabilirler" (Mossin vd., 2022).

17 SKA ve altlarında yer alan amaçlar, iklim değişikliği ile mücadele yolunda daha sürdürülebilir şehirler ve net sıfır karbon binalar tasarlamak ve uygulamak için üretilen projelere yol gösterici niteliktedir. Dünyada SKA'lar doğrultusunda uygulanmış birçok bina ve kentsel tasarım projeleri bulunmaktadır. Özellikle SKA 11 – Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar ile SKA 7 – Erişilebilir ve Temiz Enerji binalar ve şehirlerin tasarım ve uygulama açısından ele alınması için önemlidir.

---

<sup>5</sup> Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA): Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları farklı gelişmişlik seviyesindeki ülkeler için geçerli 17 evrensel hedeften oluşan bir eylem çağrısıdır. Yoksulluğu ortadan kaldırmak, gezegenimizi korumak, tüm insanların barış ve refah içinde yaşamasını sağlamak ve küresel ve yerel sürdürülebilir kalkınma uygulamalarına bir çerçeve oluşturmak amacıyla 2030'da tamamlanacak bir yol haritası ortaya koymaktadır. (<https://www.globalcompactturkiye.org/surdurulebilir-kalkinma-amaclari/>).

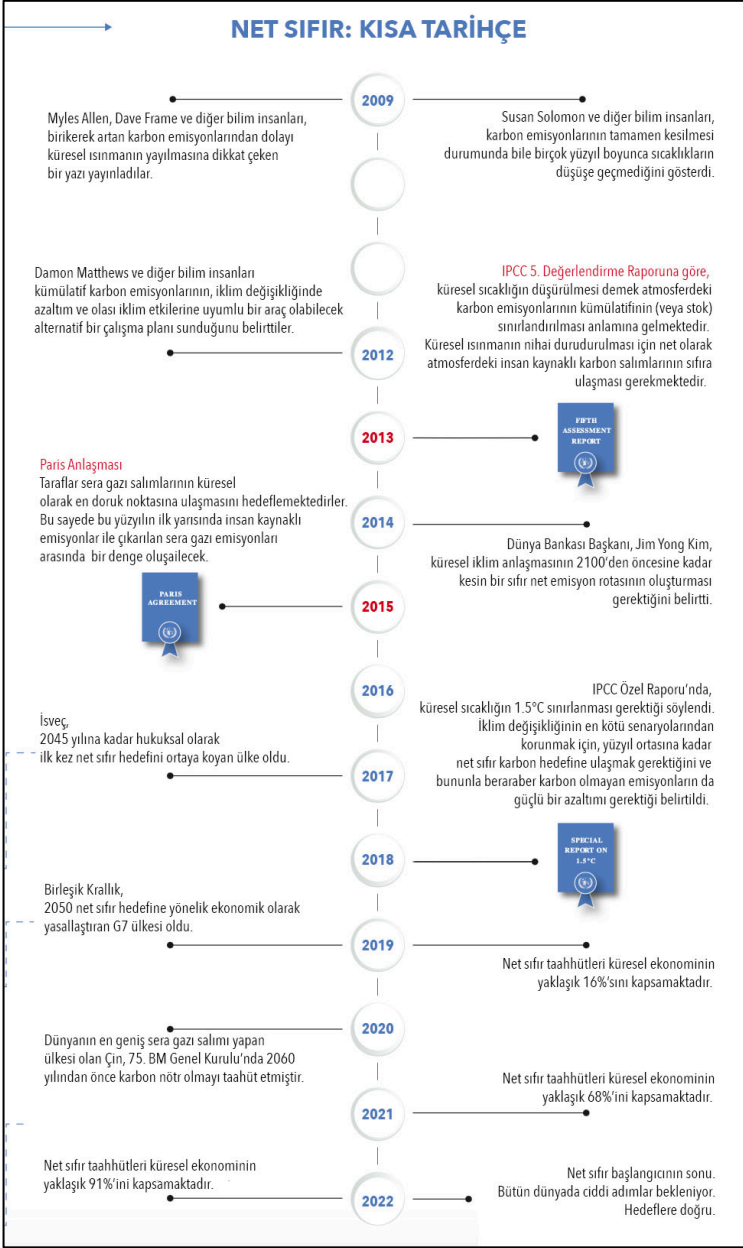
## IPCC Raporları ve Olası Senaryoların İncelenmesi

IPCC (2022) 3. Çalışma Grubu güncel raporunda binalar (bölüm 9) ve yeni bir bölüm olan 'Kentsel sistemler ve diğer yerleşimler' (bölüm 8) ile ilgili olası senaryolara yer verilmiştir. Rapora göre, binalardan kaynaklı toplam sera gazı emisyonları, 2019 yılında 12 GtCO<sub>2</sub>eq. seviyesine ulaşmış olup, bu seviye aynı senenin toplam sera gazı emisyonlarının %21'ine denk gelmektedir (IPCC, 2022). Ek olarak, toplam sera gazı emisyonlarının %57'si dolaylı yoldan sağlanan saha dışı elektrik ve ısı üretiminden, %24'ü doğrudan saha içerisinde olan karbon emisyonlarından, %18'i ise bina yapımında/yenilemesinde kullanılan çimento ve çeliğin üretiminden kaynaklı olduğu belirtilmiştir (IPCC, 2022). Bu sayısal veri binalar için toplamdaki karbon salım verileridir. Ama "küresel karbon emisyonunda, konut binaları %50 ve konut olmayan binalar ise %32 gibi bir paya sahip olurken, gömülü karbon %18'lik kısmı oluşturmaktadır" (IPCC, 2022). Küresel karbon emisyonlarının %50 si ve %32 Net sıfır karbon hedefi, doğrudan karbon sıfır binalar ve enerji kazanımını hedeflemektedir.

## NZCB Yaklaşımının Ortaya Çıkışı ve IPCC Raporlarındaki Yeri

İklim değişikliği etkilerinin mimari uygulama teknikleri açısından akademik kaynaklar ve uygulama metotları incelendiğinde, yaklaşık 50 yılı kapsayan belirgin bir süreç çizelgesi ortaya çıkmaktadır. Bu süreçte SKA'ların da ortaya çıkışı ve uygulamaya konulma tarihleri aynı şekilde bu çizelgede görülmektedir (Şekil 2). Bu mimari yaklaşımlar genel olarak 'yeşil bina' tasarımı, 'sürdürülebilir' bina tasarımı gibi terimlerle karşımıza çıkmaktadır. Mimarlıkta, yeşil bina tasarımı ve sürdürülebilir yaklaşımlar, 1990'larda başlamış olup, geleceğe yönelik ve sürdürülebilir kalkınma çatısı altında bir dönüm noktası olarak değerlendirilebilirler. Petrichenko (2014)'ya göre, 1970'lerde binalar dahil farklı alan ve sektörlerde de incelenmekteydi. Ancak 1990 yılının, iklim değişikliği ile mücadele sürecinde, bina sektöründe tasarım ve uygulama kararları, sürdürülebilir yaklaşımlar için önemli bir tarih olduğu söylenebilir. Net Sıfır Karbon yaklaşımının ise günümüzde halen belirsizlikle taşıdığı bir gerçektir. Literatür araştırmalarında, NZC binaların tarihi henüz yaklaşık 15 sene öncesinde, karbon salımlarının azaltılması yönünde faaliyetlerin ivme kazanması ile ortaya çıktığı söylenebilir (Şekil 3).





Şekil 3. Net Sıfır İnfografiği (Kaynak: Lang, 2023)<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Bu grafik John Lang (ECIU) tarafından, Oxford Net Zero, NewClimate Enstitüsü ve Data-Driven EnviroLab işbirliğinde yazılan 'Net Zero Stocktake 2022' raporunda yer almıştır (Lang, 2023)

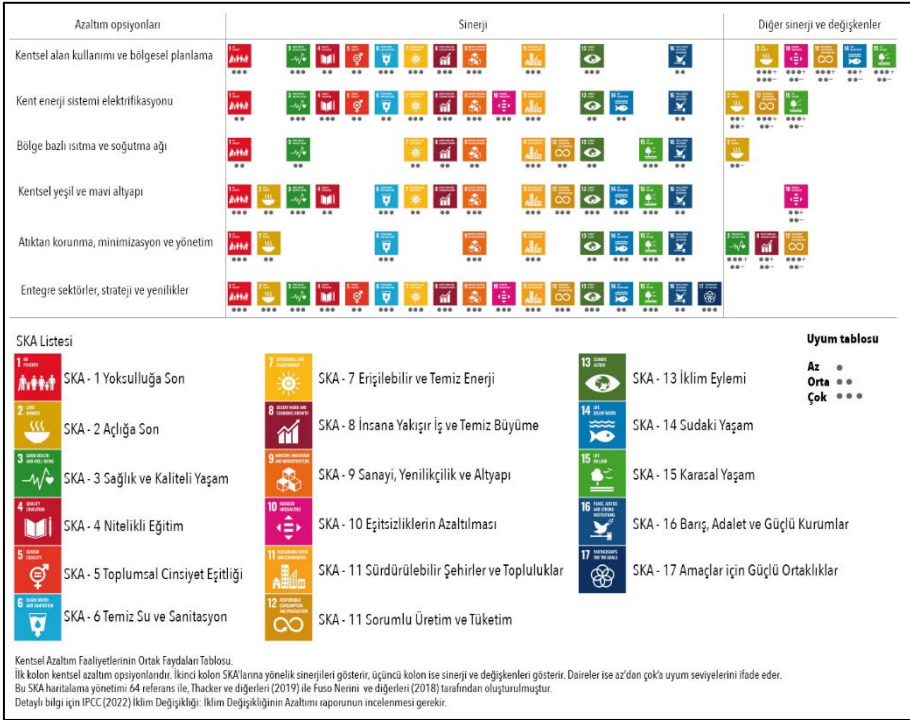
IPCC Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından 1988 yılında kurulmuştur (IPCC, 2023b). İklim değişikliği etkileri ilk olarak IPCC tarafından 1990 yılında hazırlanan rapor ile vurgulanmıştır. Küresel ısınmanın 1.5°C ile sınırlandırılması ve sera gazı salımlarının azaltılması yolları IPCC 5. Değerlendirme raporunda ortaya konmuştur (Şekil 3).

IPCC raporlarında geriye dönüp bakıldığında, net sıfır yaklaşımının, 2011 yılında yayınlanan özel raporda (Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve İklim Değişikliği Azaltımı) ele alındığı söylenebilir; binaların ısıtma ve soğutma sistemlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının entegre edilmesi gerektiğidir. 2013 yılında yayınlanan raporda ise, sera gazı salımlarının azaltılmasının enerji, arazi, kent, altyapı ve endüstri sistemlerinde hedefe yönelik hızlı bir değişime ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır. Aynı raporda, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ile sera gazı salımlarının birbirleriyle olan ilişkileri, azaltım ve sürdürülebilir kalkınmanın SKA' lar ile olan bağlantısı belirtilmiştir (IPCC, 2013). Binalar ile ilgili azaltım teknolojileri, senaryo ve uygulamalar, gömülü enerji hesaplamaları ve bina malzemeleri yaşam döngüleri, bina altyapı sistemleri gibi önemli içerikler IPCC'nin 2014 yılında yayınladığı 'İklim Değişikliği 2014' raporunda mevcuttur.

2019 yılında yayınlanan IPCC özel raporunda (*Küresel Isınma 1.5 °C*) binalar, ulaşım ve altyapı sistemleri net sıfır olma yolunda en önemli sektörler olarak belirtilmiştir. Aynı raporda, binalarda karbon nötr ve sıfır CO<sub>2</sub> emisyon hedefine erişimin önemi, bunları sağlarken yeni bina inşa teknikleri ve mevcut bina stoğu için güçlendirme çalışmalarından bahsedilmiştir.

IPCC 2022 'İklim Değişikliği 2022: İklim Değişikliği Azaltımı' raporunda binalarda karbon emisyonlarının sıfır olabilmesine yönelik doğrudan teknolojik gelişmeler ve senaryolar yer almaktadır. Bu raporun, ilk defa bölüm olarak raporda belirtilmiş olan 'Kent sistemleri ve diğer yerleşimler' başlığında Net Sıfır Karbon ile ilgili kent ölçeğinden bina ölçeğine kadar olan yaklaşımların ele alınması açısından önemli olduğu söylenebilir.

Bu rapor aynı zamanda Net Sıfır Karbon hedefine ulaşma yolunda, SKA ve kent sistemlerinde azaltım opsiyonları ilişkisini vurgulamaktadır. Rapor içerisinde yer alan Şekil 4, azaltım opsiyonları ve ilgili SKA etkileşimlerini ifade etmektedir. Bu tip bir sinerji tablosu aynı şekilde binalar üzerinde de etkin olacaktır.



Şekil 4. Kentsel Azaltım Faaliyetlerinin Ortak Faydaları<sup>7</sup> (Kaynak: IPCC, 2022)

## Net Sıfır Karbon Bina Tasarımı ve Uygulama Süreci

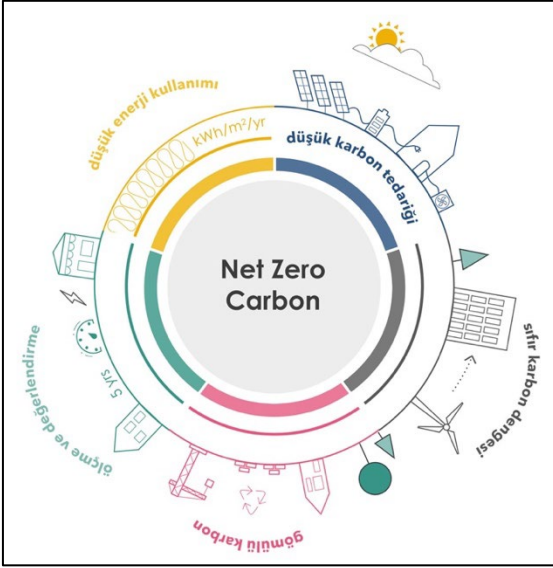
Yapılan literatür araştırmalarında görülüyor ki, iklim değişikliği ve spesifik olarak yeşil binalar ile ilgili mimari yaklaşımlarda çok kesin bir tarihsel süreç vardır. Örneğin, 1990 yılı sürdürülebilir bina ve yeşil bina tasarımı için bir dönüm noktasıdır. 1970'lerden beri binaların da içinde bulunduğu birçok alanda enerji analizi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır (Petrichenko, 2014). Ayrıca, 1990'ların sonu ve 2000'lerin başında olmak üzere, küreselleşmenin ilk dinamikleri hissedilmeye başlanmış olup iklim değişikliğine bağlı olarak ortaya çıkan etkiler şekillenmeye başlamıştır (Pollard, 2020). IPCC (2022) 6. Değerlendirme raporu, Net sıfır Karbon yaklaşımını bütün dünya için bir acil durum çağrısı olarak değerlendirmektedir. Şekil 2'de görüldüğü üzere, bu çalışmanın literatür taraması sonucunda 2010 yılı ve günümüze kadarki olan süreçte Net Sıfır Karbon yaklaşımı mimari platformda etkindir.

<sup>7</sup> Bu tablo IPCC (2023) 6. Değerlendirme Raporunda yer almaktadır. Thacker vd.(2019) ile Fuso Nehrini vd. (2018) tarafından geliştirilmiş olup, bir SKA'larının nasıl kullanıldığını gösteren bir haritalama metodu olarak geçmektedir.

Literatür taramasında Net Sıfır Karbon yaklaşımının iki ölçek için de ele alındığı görülmektedir: kent ve binalar. Buso (2016), bina ölçeği için, NZCB stratejisinin yeni ve kullanılmakta olan bütün konut, ticari, enstitü ve endüstriyel fonksiyona sahip olan binalar için uygulanması gerektiğini vurgulamaktadır. RIBA (2019) ise, yüzyıl sonuna kadar küresel ısınmanın hedeflendiği 1.5°C sınırını yakalayabilmek için (Paris anlaşmasının da vurguladığı üzere), 2030 yılına kadar yapılacak olan yeni binaların bütün yaşam döngülerinde sıfır karbonu yakalamaları gerektiğini söylemektedir. Zaten, verimli binalar sürdürülebilir şehirler için kilit noktası olup, SKA' lara katkı sağlanmaktadır.

### **NZCB Tanımı**

NZCB tasarımı, binanın her aşamasındaki (inşaat, işletim ve yıkım) karbon salım miktarları ile ilgilenen bir tasarım ve uygulama süreci olup, mevcut ve yeni binalar için uygulama stratejilerinin farklı olduğu bilinmektedir. Daha üst ölçekten bakılacak olursa NZC konsepti, kentin ve elemanlarının enerji sistemlerinde (teknoloji destekli geniş bir perspektiften: enerji talep, ihtiyaç ve yönetimi) karbonsuzlaşmayı hedeflemektedir (Azcona, Soorenson, Costa ve Abascal, 2019). Kent ve bina ölçeği için, 2050 yılına doğru, enerji verimliliği esas hedef olarak belirtilmektedir (The Coalition for Urban Transitions, 2019). NZCB yaklaşımında, yapılı çevreden kaynaklanan karbon salımları yalnızca binaların işletim süreçlerinden değil, aynı zamanda inşaat safhasından kaynaklanan gömülü karbon salımlarının belirlenebilir olmasından dolayı da artış göstermektedir (RICS, 2017). 2019'da yapılan bir çalışmaya göre, 2050 yılına kadar yapılı çevre içerisinde uygulanacak olan iyi uygulama örnekleri ile 2050 yılına kadar Net Sıfır Karbon yaklaşımı ile karbon salımlarının %90'a kadar azaltılması mümkün olup, bu azaltımın %58'i binalar için öngörülebilir (The Coalition for Urban Transitions, 2019).



Şekil 5. NZCB Yaklaşımı (Kaynak: RIBA, 2019)

Kent ve bina ölçeği için de NZC yaklaşımı aslında karbonsuzlaşmayı hedeflemektedir. Bina ölçeğinde incelediğimizde, daha detaylı bakacak olursak; bir binanın net sıfır karbon olarak adlandırılması için sera gazı salım miktarının yaşam döngüsü boyunca, yıkım sürecini de kapsayacak şekilde, işletim ve gömülü karbon ile ilişkilendirildiğinde sıfır veya negatif olması gerekmektedir (UKGBC, 2019). NZCB için, binanın bütün yaşam döngüsü temel konudur. Yaklaşım içerisinde, bütün yaşam döngüsü boyunca ele alınan karbon, binanın var olduğu bütün zaman diliminde, işletim karbonunu da ele alarak, gerçekleşecek olan salımların azaltılması için fırsatları sunmaya yardımcı olmaktadır (RICS, 2017). Ek olarak, bütün yaşam döngüsüne yönelik ele alınan karbon değerlendirmeleri, binanın farklı ölçek (malzeme gibi) ve safhaları arasında karbon salımları açısından bir kıyaslama yapılmasını da sağlamaktadır (RICS, 2017).

### SKA ve NZCB İlişkisi

Yapılan literatür çalışmalarında, SKA'ların NZCB yaklaşımında başlangıç noktası olarak ele alındığı söylenebilir. İklim değişikliğinde yola çıkılacak olursa, sürdürülebilir kalkınma ve akabinde BM tarafından bir yol gösterici nitelikte olarak ilan edilen 17 SKA'nın da mimari platformda üretilecek olan Net Sıfır Karbon projelerine etkisi büyüktür. RIBA (2019), İngiltere'de yapılmış olan "Sürdürülebilir Çıktılar" adlı rehber çalışma, mimarlar ve mimari

projeler için 2050 Net Sıfır Karbon hedefine yönelik 17 SKA'yı da değerlendirmekte ve NZCB projeleri için bir örnek uygulama tablosu oluşturmaktadır. Şekil 6, 17 SKA'nın çıktılarının NZCB yaklaşımına yönelik çıktılarını göstermektedir.



**Şekil 6.** BM Sürdürülebilir Tasarım Hedef Çıktıları Haritası, Gary Clark (Kaynak: RIBA, 2019)

Yalnızca NZCB değil, sürdürülebilir veya yeşil bina tasarımlarına ilişkin çalışmalarda da SKA'ların yol göstericiliğine başvurulmaktadır. Thomsen ve Miller (2020) tarafından hazırlanan bir rehber içerisinde, bütün 17 SKA başlıkları ile ilişkilendirilen, iklim değişikliğine yönelik ve dünyanın farklı yerlerinde uygulanan mimari projeler verilmiştir. SKA'ların hepsinin değerlendirilmesi ile şu başlıklar altında projeler tasarım olarak incelenmiştir: uyum,

kaynakların yeniden düşünülmesi, dirençli topluluklar, sağlık, kapsayıcılık, değişikliklerin ortaklığı (Thomsen ve Miller, 2022). Bu rehberde, mimari araştırmalar ve projelerin amaç ve çabasını daha iyi anlayabilmek adına, SKA'ların başarı seviyelerini göstermek için uluslararası düzeyde 100 araştırmacı ve uygulayıcıdan oluşan bir haritalama yapılmıştır (Thomsen ve Miller, 2020). Verimli ve üretken binaların daha sürdürülebilir şehirler için bir kilit noktası oluşturduğu ve bölgesel ve ulusal SKA'ların da başarıya ulaşmasına katkıda bulunduğu değerlendirilmektedir (Wen, Musa, Onn, Ramesh, Liang, Wang ve Ma, 2020). Aynı şekilde, IPCC raporlarında da NZC yaklaşımı için akademik çalışmalarda kullanılan haritalama metot ve teknikleri mevcuttur.

### **Mevcut Tanımlar: Belirsizlikler ve Limitler**

Araştırmalarda gösteriyor ki, net sıfır karbon binalar için kesin ve tam bir tanım yoktur. Literatürde yer alan, Net sıfır karbon, net sıfır enerji, net sıfır enerji topluluğu, neredeyse sıfır enerji gibi farklı terim yaklaşımları ve aralarındaki minör farklılıklar proje ve uygulama süreçlerinde zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu farklılıkları araştıran çalışmalar dahi mevcuttur. Örneğin, Tirelli ve Besena (2023), net sıfır tanımları üzerine yaptıkları çalışmalarında, enerji verimliliği, karbon emisyonları, yenilenebilir enerji üretimi ve yaşam döngüsü çözümleri için düşük/sıfır karbon ile düşük/sıfır enerjili binalar için farklı tanımlamaları içeren bilimsel bir literatür taraması çalışması sunmaktadır. Son yıllarda NZCB üzerine yapılan çalışmaların sayısı artmış olsa da NZCB için kesin bir tanım halen eksiktir. Ama burada önemli olan, Net Sıfır Enerjili Binalar ile Net Sıfır Karbon Binalar arasındaki farkı ortaya koymaktır. Mertz, Raffio ve Kissock (2007) 'a göre, karbon nötr bir bina Net Sıfır Enerjili bir binadır ancak, her net sıfır enerjili bir bina karbon nötr değildir. Lautssen (2008), sıfır karbon binaların sıfır enerjili binalardan ayrımını, solar sistemler gibi binanın içerisinde veya arazisine entegre olmamış ve karbon salımı yapmayan kaynaklardan elektrik üretimini yaptıkları yönündedir. Kilkis (2007) ise, fosil yakıt kullanımına bağlı olarak gelişen çevresel etkiyle ilgili olarak, net sıfır enerjili net sıfır karbon olabilir veya olmayabilir şeklinde vurgulamaktadır.

Aynı zamanda, bu konuda yapılan güncel araştırmalar, net sıfır karbon hedefine ulaşmakta bazı limitlerin olduğunu vurgulamaktadır. Tirelli ve Besena (2023) çalışmalarında ekonomik, yasal ve teknolojik çıktılarının NZCB için hızlandırıcı nitelikte olduğunu ancak diğer bir yandan ekonomik, profesyo-

nel, yasal, sosyo-kültürel, teknolojik ve coğrafi verilerin de birer bariyer olarak karşımıza çıktığını ifade etmektedirler. Moghaddasi (2022) ise çalışmasında 5 ana bariyerden bahsetmektedir: Net Sıfır tanımlarındaki boşluklar, binaların mevcut durumları, enerji kullanımı azaltım yaklaşımlarının belirlenmesi, net sıfır sürecini yürütmek için verilerin elde edilmesi ve net sıfır başarılarının doğrulanmasıdır. Başka bir çalışmada ise özellikle teknolojilerin geliştirilip uygulanmamasına bağlı olarak ortaya çıkan boşluklardır, örneğin “binalarda karbon yakalama ve depolama teknolojilerinin kullanılması” (Pan ve Pan, 2021). NZCB uygulanmasında bir diğer önemli bariyer ise hiç kuşkusuz finansal sorunlardır. İklim değişikliği ile mücadelenin en büyük handikaplarından biri de bazı gelişmekte olan ülkelerin finansal sıkıntı çekmelelidir. Laski ve Burrows (2017) çalışmalarında NZCB ve finansal sıkıntıların altını çizmekte, bu sorunun ancak teknoloji fiyatlandırmasının düşmesi ve hükümetlerin teşvik edici programlar ile ilgili kişilerle işbirliği içinde olması ile çözülebileceğini belirtmektedir. NZCB politikalarının uygulanmasında hükümetler ve yönetsel birimler merkez görevindedir ve onların desteklerinin az olması yaklaşımın benimsenmesini geciktirebilmektedir (Ohene, Hsu ve Chan, 2022).

Net sıfır karbon binalar ve net sıfır enerjili binaların aralarındaki farklar, henüz yeterli uygulama projesi de (Türkiye baz alınmıştır) olmamasından kaynaklı halen literatürde tam yerini bulamamıştır. Her ne kadar SKA'lar bütün dünya için ortak yol göstericiler olarak kullanılsa da bina uygulama alanından iklimine, arazi koşullarına ve hatta en önemlisi ülke koşulları ve yönetsel süreçlerine kadar farklılıklar olduğundan, uygulama stratejileri ve tanımlar da değişkenlik göstermektedir. Genel olarak, net sıfır karbon yaklaşımının 2050 yılı hedefine yönelik ulaşım, binalar ve altyapı sistemleri için şehir ve bina ölçeğinde geniş bir perspektife sahip olduğu gerçektir.

## **Sonuç**

İklim değişikliği ile mücadele sürecinde yapılı çevre elemanları içerisinde yer alan binalar, ulaşım, altyapı ve peyzaj sistemleri üzerinde yapılan çalışmalar 2050 yılına doğru net sıfır karbon hedefinin uygulanması için karbon salımlarının azaltılması ve küresel sıcaklığın 1,5°C ile sınırlandırılması açısından çok önemli olduğunu göstermektedir. Şehirler ve binalar ayrı ayrı ölçeklerde farklı uygulama stratejilerine gereksinim duymaktadırlar. Disiplinler arası



bir çalışma gerektiren Net Sıfır Karbon sürecinde, mimarlar ve diğer disiplinlerden oluşturulacak uzman ekibinin koordineli çalışmaları sonucu iyi uygulamaların ortaya çıkması mümkündür. Bu süreçte, bir başlangıç noktası olarak SKA'lar ve IPCC raporlarının çıktıları veri olarak kullanılabilir, ancak uygulama projeleri için ülke bazında çözümler üretmek gerekli olacaktır. Bundan dolayı bu çalışma kapsamında NZCB yaklaşımı ve benzer sürdürülebilir bina uygulama projelerinde, SKA'ları başlangıç noktası ve yol gösterici olarak alan, onlardan elde edilen çıktılar ile kendi materyal ve metotlarını oluşturan araştırmalar ve IPCC raporlarının başlangıçtan günümüze kadarki olan verileri incelenmiştir. NZCB yaklaşımı son 10 senede literatür ve projelerde oldukça güncel olarak karşımıza çıksa da halen çoğu ülkede uygulama örneği bulunmayan bir tasarım ve uygulama konseptidir. İklim değişikliği ile mücadele sürecinde binalar ve çevresel etkileri göz önünde bulundurulduğunda, NZCB yaklaşımının uygulanması için yeni metotların geliştirilmesi gerekmektedir ki, bu çalışma içerisinde de yer alan adımlar ile Türkiye için uygulanabilecek bir metot önerisinin ön çalışmalarına yer verilmiştir.

## **Extended Abstract**

# **Climate Change and The Built Environment: Sustainable Development Goals and Evaluation of The Net Zero Carbon Building (NZCB) Design Approach**

Tulû Tohumcu Kaya<sup>8</sup>  
ORCID: 0000-0002-6881-3003

Ayşem Berrin Çakmaklı<sup>9</sup>  
ORCID: 0000-0001-8017-4120

This study primarily discusses the importance of climate change for buildings and the built environment. Within this research, architectural approach scenarios hold a significant place. The histories of the United Nations (UN) Sustainable Development Goals (SDGs) and The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) reports, along with their current publications, are key cornerstones that define the starting point of the study. This is because the emergence of the Net Zero Carbon approach and the process of its consideration in IPCC reports are examined in the study. Definitions of Net Zero Carbon Buildings, design strategies, implementation methods, and their connections with SDGs are also scrutinized.

Climate change has become increasingly important socially, environmentally, and economically over the past half-century. Every sector is seeking solutions to combat climate change. Human activities are accelerating global warming by increasing greenhouse gas emissions. The past decade has been recorded as the hottest seasons in history. Although climate change is often thought to only affect temperature increases, it is just one part of it. Therefore, goals such as preserving the natural environment, reducing CO<sub>2</sub> emissions, and supporting sustainable development are important in combating climate change.

---

<sup>8</sup> PhD Student, Middle East Technical University, Faculty of Architecture, Department of Architecture Building Science Program, E-mail: tulu.tohumcu@metu.edu.tr

<sup>9</sup> Assoc. Prof. Dr., Middle East Technical University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, E-mail: cakmakli@metu.edu.tr

In recent years, especially in cities, the impacts of climate change are increasing. According to IPCC the industrial, energy, transportation, agriculture, and construction sectors contribute most to climate change. Energy consumption, land use, and lifestyle in cities play a significant role in increasing greenhouse gas emissions. Population growth and rapid urbanization create pressures for the future. However, sustainable development and a net zero carbon approach in the planning, construction, management, and development of cities can reduce these impacts.

Most of the world's population now lives in cities, and this trend is expected to continue. Population growth affects the built environment and building designs. Along with climate change, the ways buildings and cities interact with their environments must also change.

Buildings and architectural approaches have a direct impact on climate change. However, when buildings and infrastructure systems are addressed alone, they cannot significantly reduce carbon emissions. The IPCC emphasizes that interdisciplinary approaches and rapidly implementable balanced adaptation and mitigation strategies are crucial for successful sustainable development. In this context, it is clear that SDGs serve as an important roadmap for architectural approaches. It is believed that the construction sector can have a significant impact on reducing carbon emissions caused by construction.

According to the UN's projections, it is expected that an additional 2.5 billion people will be living in cities by 2050. This situation will lead to an increase in global greenhouse gas emissions, as well as an increase in energy demand and the environmental impacts of the built environment. Along with population growth, urbanization and the need for buildings will also increase directly. The carbon-zero target by 2050 includes energy systems, energy efficiency, and consumption at the urban and building scales. To achieve this goal, reducing carbon emissions from urban systems (buildings, infrastructure, transportation, landscaping, etc.) is important. The Net Zero Carbon approach has become a significant focal point in architecture and design. The evolution of architectural approaches in response to the impacts of climate change is being examined within the historical context.

The UN's Sustainable Development Goals serve as a guiding framework for architects and designers and can have an impact on the sustainability of buildings and cities. These goals are directly and indirectly related to architecture and design and are interactive in the built environment, planning, architecture, and design processes.

The examination of architectural implementation techniques in terms of the impacts of climate change covers a period of approximately 50 years. During this period, the emergence and implementation dates of the Sustainable Development Goals (SDGs) parallel architectural implementation techniques. Green building design and sustainable approaches began in the 1990s and can be considered a significant turning point in combating climate change. The Net Zero Carbon approach, however, is seen to contain uncertainties. The history of Net Zero Carbon buildings dates back approximately 15 years, coinciding with increasing efforts to reduce carbon emissions.

IPCC was established in 1988 by the United Nations Environment Programme (UNEP) and the World Meteorological Organization (WMO). Its first report in 1990 highlighted the impacts of climate change. The Net Zero Carbon approach was addressed in a special report in 2011, emphasizing the need to integrate renewable energy sources into buildings' heating and cooling systems.

Literature reviews indicate that architectural approaches such as climate change and green building design have followed a distinct historical process. The 1990s are considered a significant milestone for sustainable building design, while studies on energy analysis have been conducted since the 1970s. The effects of globalization and the consequences of climate change began to take shape in the late 1990s. The Intergovernmental Panel on Climate Change's 6th Assessment Report considers the Net Zero Carbon approach as a global emergency. Literature review shows that the Net Zero Carbon approach is addressed for both cities and buildings. This approach emphasizes the necessity of achieving zero carbon targets throughout the lifecycle of buildings. Efficient buildings make a significant contribution to sustainable cities.

In this study, various national and international implementation guides were examined as the starting point for Net Zero Carbon projects, while the SDGs constitute the starting point for Net Zero Carbon projects.

The definition and implementation of net zero carbon buildings have become complex due to uncertainties among different terms and approaches in the literature. Research indicates that this approach faces some limitations and barriers in terms of economic, legal, technological, and financial aspects. Among these barriers, technological gaps, financial issues, and inadequate government support stand out. However, it is noted that the net zero carbon approach has a broad perspective for buildings and infrastructure systems to achieve the 2050 target and provides global guidance.

In combatting with climate change buildings, transportation, infrastructure, and landscaping play a critical role in achieving the net zero carbon target. Cities and buildings require different strategies at various scales. Coordinated efforts by architects and other experts through an interdisciplinary approach can lead to successful implementations. While SDGs and IPCC reports can serve as starting points, each country needs to develop its own solutions. This study examines the NZCB approach and similar sustainable building projects, considering research that creates its own methods using data from SDGs and IPCC reports. Although the Net Zero Carbon Building approach has not yet been implemented in many countries, it can play a significant role in combating with climate change in architectural and design platforms. Therefore, it is necessary to develop new methodologies and determine an applicable approach for countries like Turkey. Hence, this study serves as a preliminary research proposal for a NZCB method that could be implemented in Turkey.

### **Kaynakça/References**

- Aleksic, J., Kosanovic, S., Tomanovic, D., Grbic, M. ve Murgul, V. (2016). Housing and climate change-related disasters: A study on architectural typology and practice. *Procedia Engineering*, 165, 865-875. doi: 10.1016/j.proeng.2016.11.786
- Andric, I., Koc, M. ve Ghamdi, S. (2019). A review of climate change implications for built environment: Impacts, mitigation measures and associated challenges in developed and developing countries. *Journal of Cleaner Production*, 211, 83-102. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.128>
- Azcona, K., Sorenson, S., Costa, P., Abascal, I. (2019). Smart zero carbon city: Key factors towards smart urban decarbonisation. *ENEDI Research Group*, doi: <https://doi.org/10.6036/9273>
- Besana, D., Tirelli, D. (2023). Moving toward net zero carbon buildings to face global warming: A narrative review. *Buildings*. 13(684). doi: <https://doi.org/10.3390/buildings13030684>
- Besana, D., Tirelli, D., (2022). Reuse and retrofitting strategies for a net zero carbon building in Milan: An analytic evaluation. *Sustainability*. 14(23), doi: <https://doi.org/10.3390/su142316115>
- Buso, T. (2017). Nearly zero energy multi-functional buildings. (Doktora Tezi, Politecnico di Torino, Torino). <https://iris.polito.it/handle/11583/2690913>

- International Union of Architects (UIA). (2022). An architecture guide to the UN 17 sustainable development goals. 01.09.2023 tarihinde [https://www.uia-architectes.org/wp-content/uploads/2022/03/sdg\\_commission\\_un17\\_guidebook.pdf](https://www.uia-architectes.org/wp-content/uploads/2022/03/sdg_commission_un17_guidebook.pdf) adresinden erişildi.
- IPCC. (2013). AR5 climate change 2013: The physical basis. 01.09.2023 tarihinde <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> adresinden erişilmiştir.
- IPCC. (2014). Climate change 2014: Mitigation of climate change. 01.09.2023 tarihinde [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf) adresinden erişildi.
- IPCC. (2022). Climate change 2022: Mitigation of climate change. 01.09.2023 tarihinde <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/> adresinden erişildi.
- IPCC. (2023a). AR6 synthesis report: Climate change 2023. 01.09.2023 tarihinde <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> adresinden erişildi.
- IPCC. (2023b). History of the IPCC. 01.09.2023 tarihinde <https://www.ipcc.ch/about/history/> adresinden erişilmiştir.
- Lang, John. (2023). Net zero short history. 01.09.2023 tarihinde <https://eciu.net/analysis/infographics/net-zero-history> adresinden erişildi.
- Laski, J., Burrows, V. (2017). From thousands to billions: Coordinated action towards %100 net zero carbon buildings by 2050, WGBC. 01.09.2023 tarihinde <https://apo.org.au/sites/default/files/resource-files/2017-05/apo-nid118366.pdf> adresinden erişilmiştir.
- Moghaddasi, H. (2022). An adaptable net zero model to accelerate achieving global climate targets: A monitored case study. (Doktora Tezi: A & M University, Texas)
- Ohene, E., Hsu, S., Chan, A.P.C. (2022). Feasibility and retrofit guidelines towards net-zero energy buildings in tropical climates: A case of Ghana. *Energy & Buildings*, 269, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112252>
- Pan, W., Pan, M. (2021). Drivers, barriers and strategies for zero carbon buildings in high-rise high-density cities. *Energy & Buildings*, 242, doi: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778821002541>
- Petrichenko, Ksenia. (2014). Net-zero energy buildings: Global and regional perspectives. (Doktora Tezi, Central European University, Budapest). [https://www.etd.ceu.edu/2015/petrichenko\\_ksenia.pdf](https://www.etd.ceu.edu/2015/petrichenko_ksenia.pdf)
- Pollard, S., G. (2020). Locating net zero emissions: An ethnographic comparison of local approaches to community-scale carbon neutrality. (Doktora Tezi, University of Melbourne, Melbourne). <https://minerva-access.unimelb.edu.au/handle/11343/251925>
- Pomponi, F., Saint, R., Arehart, H.J., Gharavi, N. and D'Amico, B. (2021). Decoupling density from tallness in analysing the life cycle greenhouse gas emissions of cities. *NPJ: Urban Sustainability*, 1(33), doi: <https://doi.org/10.1038/s42949-021-00034-w>

- REN21. (2021). Renewables in cities: 2021 global status report. 01.09.2023 tarihinde [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REC\\_2021\\_full-report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REC_2021_full-report_en.pdf) adresinden erişildi.
- RIBA. (2019). Sustainable outcomes guide. *RIBA Architecture*. 01.09.2023 tarihinde <https://www.architecture.com/knowledge-and-resources/resources-landing-page/sustainable-outcomes-guide> adresinden erişilmiştir.
- RICS. (2017). Whole life carbon assessment for the built environment. *RICS Professional Standards and Guidance, UK*. 01.09.2023 tarihinde <https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/news/whole-life-carbon-assessment-for-the--built-environment-november-2017.pdf> adresinden erişilmiştir.
- The Coalition For Urban Transitions. (2019). climate emergency: Urban opportunity. 01.09.2023 tarihinde <https://urbantransitions.global/wp-content/uploads/2019/09/Climate-Emergency-Urban-Opportunity-report.pdf> adresinden erişilmiştir.
- Thomsen, M. R., & Miller, N. M. (2020). Architecture for the UN Sustainable Development Goals: A Map of Global Efforts. *CITA: Centre for Information Technology and Architecture*, 86. 01.09.2023 tarihinde <https://www.studocu.com/ph/document/batangas-state-university/bs-architecture/architecture-for-the-un-sustainable-development-goals/22895733> adresinden erişildi.
- UKGBC. (2019). Net zero carbon buildings: A framework of definition. 01.09.2023 tarihinde <https://www.ukgbc.org/wp-content/uploads/2019/04/Net-Zero-Carbon-Buildings-A-framework-definition.pdf> adresinden erişilmiştir.
- UN. (2018). The world's cities in 2018. *Economic and Social Affairs*. 01.09.2023 tarihinde <https://digitallibrary.un.org/record/3799524> adresinden erişildi.
- UN. (2022). What is climate change? Climate action. 01.09.2023 tarihinde <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change> adresinden erişildi.
- Wen, B., Musa, S.N., Onn, C.C., Ramesh, S., Liang, L., Wang, W., Ma, K. (2020). The role and contribution of green buildings on sustainable development goals. *Building And Environment*. 185 doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107091>
- WGBC. (2021). Beyond buildings report. 01.09.2023 tarihinde [https://worldgbc.s3.eu-west-2.amazonaws.com/wp-content/uploads/2022/08/10190455/Beyond-Buildings\\_reduced\\_compressed.pdf](https://worldgbc.s3.eu-west-2.amazonaws.com/wp-content/uploads/2022/08/10190455/Beyond-Buildings_reduced_compressed.pdf) adresinden erişildi.
- Zari, M.P. (2012). Ecosystem services analysis for the design of regenerative urban built environments. (Doktora Tezi, Victoria University of Wellington, New Zealand). 01.09.2023 tarihinde [https://www.researchgate.net/publication/261477391\\_Ecosystem\\_Services\\_Analysis\\_for\\_the\\_Design\\_of\\_Regenerative\\_Urban\\_Built\\_Environments](https://www.researchgate.net/publication/261477391_Ecosystem_Services_Analysis_for_the_Design_of_Regenerative_Urban_Built_Environments) adresinden erişildi.

### **Tulû Tohumcu Kaya**

2009 yılında Bilkent Üniversitesi Kentsel Tasarım ve Peyzaj Mimarisi Bölümünden lisans, 2014 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yapı Bilimleri Programından yüksek lisans derecesini almıştır. Ulusal ve uluslararası çeşitli kentsel tasarım ve peyzaj uygulama projelerinde tasarımcı olarak çalışmıştır. Sürdürülebilirlik, iklim değişikliği, çevre koruma ve atık yönetimi ile ilgili birçok Avrupa Birliği projesinde ise araştırmacı/tasarımcı olarak yer almıştır. Yazar, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü Yapı Bilimleri programında, iklim değişikliği ve etkilerinin mimari yaklaşımlar üzerindeki etkilerinin incelenmesine yönelik Net sıfır karbon yaklaşımının Türkiye’de uygulanması üzerine doktora tezi çalışmalarına devam etmektedir. Aynı zamanda, Ankara Medipol Üniversitesi’nde yarı zamanlı öğretim görevlisi olarak temel tasarım stüdyosu, peyzaj mimarisi, sürdürülebilir tasarım, kent ve tasarım derslerini yürütmektedir.

*Tulû Tohumcu Kaya obtained her bachelor’ degree from the Department of Urban Design and Landscape Architecture at Bilkent University in 2009, and her master’s degree from Building Science Program at Middle East Technical University in 2014. She has worked as a designer in various national and international urban design and landscape design and implementation projects. She has also participated as a researcher/designer in many European Union projects related to sustainability, climate change, environmental protection, and waste management. Tohumcu Kaya is currently studying on her PhD. thesis which is about the implementation of Net Zero Carbon approach in Turkey, focusing on the examination of the effects of climate change on architectural approaches in Building Science Program at Middle East Technical University. Additionally, she works as a part-time lecturer at Ankara Medipol University, teaching courses on basic design studio, landscape architecture, sustainability, and urban design.*

**E-posta:** tulu.tohumcu@metu.edu.tr

### **Ayşem Berrin Çakmaklı**

ODTÜ Mimarlık Bölümü’nde görev yapmaktadır. Yüksek lisans ve doktora derecesini ODTÜ Mimarlık Bölümü Yapı Bilimleri programından almıştır. Başlıca ilgi alanları ekolojik ve sürdürülebilir mimari ve yapı malzemeleri, binaların enerji verimliliği performansı ve yaşam döngüsü değerlendirmeleridir. Akıllı sürdürülebilir şehirler, bina yapım süreçleri, performansları ve malzemeleri üzerinde çalışan araştırma projelerine liderlik etmiş ve araştırmacı olarak katılmıştır. Çevre tasarımı dersleri, sürdürülebilir ve enerji verimli yapı malzemeleri dersleri, bina detay modellemesi ve tasarım stüdyosu dersleri vermektedir. Doktora sonrası araştırmalarını Texas Austin Üniversitesi’nde tamamlayan Dr. Çakmaklı’nın mevcut araştırması kentsel ısı adası oluşumları, bunların iklim değişikliği üzerindeki etkileri ve öngörülen azaltma stratejilerine odaklanmaktadır.

*She works at the Department of Architecture at Middle East Technical University (METU). She obtained her master’s and doctoral degrees from the Building Science*



*program at METU. Her main research interests include ecological and sustainable architecture and building materials, energy efficiency of buildings, their performance analysis, and life cycle assessments. She has led or participated in research projects focusing on smart sustainable cities, building construction processes, performances, and materials. She teaches courses on environmental design, sustainable and energy-efficient building materials, building detail modeling, and design studio. Dr. Çakmaklı completed her postdoctoral research at the University of Texas at Austin. Her current research focuses on urban heat island issues, their impacts on climate change, and anticipated mitigation strategies.*

**E-posta:** cakmakli@metu.edu.tr