

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK KATLI BİNALAR İÇİN İÇ ÇEVRE KALİTE ETKİLERİ
DAHİL BİR YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME ÇERÇEVESİ

Majid BAHRAMİAN

DOKTORA TEZİ
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Mühendisliği Programı

Danışman
Prof. Dr. Kaan YETİLMEZSOY

Aralık, 2020

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK KATLI BİNALAR İÇİN İÇ ÇEVRE KALİTE ETKİLERİ DAHİL
BİR YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME ÇERÇEVESİ**

Majid BAHRAMİAN tarafından hazırlanan tez çalışması 08.12.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Mühendisliği Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Kaan YETİLMEZSOY
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Kaan YETİLMEZSOY, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nilgün BALKAYA, Üye
İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa

Doç. Dr. Ebru AKKAYA, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. İlter TÜRKOĞAN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Burcu ONAT, Üye
İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa

Danışmanım Prof. Dr. Kaan YETİLMEZSOY sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Yüksek Katli Binalar İçin İç Çevre Kalite etkileri Dahil Bir Yaşam Döngüsü Değerlendirme Çerçevesi Düzlemsel başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Majid BAHRAMİAN

İmza

Bu çalışmadaki yurtdışı (İran) kaynaklı anket verilerinin temini, Prof Dr. Kaan YETİLMEZSOY'un 2018 yılı TÜBA-GEBİP Ödölü kapsamındaki projesini destekleyen Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) tarafından finanse edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimden itibaren bana emeği geçen ve bu tez çalışmasının yürütülmesinde konu seçiminden itibaren bana her konuda yol gösteren, değerli bilgilerini ve tecrübelerini benimle paylaşan, bana farklı bakış açıları sunan ve her zaman beni sabırla dinleme zahmetini gösteren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Kaan YETİLMEZSOY'a sonsuz şükranlarımı arz ederim.

Bana her zaman sabır gösteren, maddi ve manevi desteklerini benden hiç eksik etmeyen ve bugünlere gelmemi sağlayan Sevgili Aileme sonsuz şükranlarımı arz ederim.

Majid BAHRAMİAN

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xiv
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	46
1.3 Hipotez	47
2 ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ VE ANKET SONUÇLARI	48
2.1 Anket ve Araştırma Yöntemi.....	48
2.2 Anket Bulguları	49
2.3 Yeşil Binaların Önemi	51
2.4 Konut Amaçlı Binaların Çevresel Performansını Etkileyen Faktörler	53
2.5 Ankara'daki Konut Amaçlı Binaların Çevresel Performansı ile İlgili Algılar	54
2.6 Tebriz'deki Konut Amaçlı Binaların Çevresel Performansı ile İlgili Algılar	58
2.7 İç Çevre Kalitesi	60
3 SONUÇ VE ÖNERİLER	75
3.1 Sonuç	75
3.1.1 Yeşil Binaların Çevresel Performansını Etkileyen Kritik Faktörler ..	75
3.1.2 Yeşil Binaların Çevresel Performansını Etkileyen en Önemli Sorunlar	77
3.2 Öneriler	77
KAYNAKÇA	79

A Genel Kamuoyu Araştırması için Örnek Anket (Türkçe)	94
B Genel Kamuoyu Araştırması için Örnek Anket (Farsça)	97
Tezden Üretilmiş Yayınlar	101

KISALTMA LİSTESİ

DHH	Değişken Hava Hacmi
DİD	Doğrudan İndirgenmiş Demir
EAO	Elektrik Ark Ocağında
EÇH	Ekonomizer Çevrimli Havalandırma
GÇ	Güçlendirilmiş Çerçeve
GE	Gömülü Enerji
HAD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
KSG	Küresel Sera Gazı
MDÇ	Moment Dayanımlı Çerçeve
PD	Perde Duvar
SG	Sera Gazı
TBH	Talebe Bağlı Havalandırma
TED	Termal Enerji Depolama
YDE	Yaşam Döngüsü Etkisi
YDED	Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi
YDD	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
YDİ	Yaşam Döngüsü İndeksi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Erişilebilir bilimsel veri tabanlarının “Özet, Başlık ve Anahtar Kelime” alanlarında “yaşam döngüsü değerlendirmesi”, “YDD” ve “bina” terimleriyle arama yapılarak tespit edilen yayınlanmış makaleleri gösteren grafik.	2
Şekil 1.2	Yüksek ofis binalarının enerji tasarrufu potansiyeli için önerdiği yöntemin akış şeması [9]	3
Şekil 2.1	Tebriz’de (sol) ve Ankara’da (sağ) çevreyle ilgili konularda eğitim almış katılımcı sayıları	49
Şekil 2.2	Tebriz (sol) ve Ankara’da (sağ) binalarla ilgili sektörlerde çalışan katılımcı sayıları	50
Şekil 2.3	Tebriz (sol) ve Ankara’daki (sağ) katılımcıların eğitim düzeyleri	50
Şekil 2.4	‘Çevresel performansı yüksek olan konut amaçlı binaların çevrenin korunmasına katkı sağlayıp sağlamayacağı’ konusunda Tebriz (sol) ve Ankara’daki (sağ) katılımcıların görüşleri.	51
Şekil 2.5	Ülkemdeki binalar daha yeşil olmalı’ önermesiyle ilgili Tebriz (sol) ve Ankara’daki (sağ) katılımcıların görüşlerin.	51
Şekil 2.6	Katılımcıların, ülkelerindeki konut amaçlı binaların çevresel performansının yüksek olmasının önemli olup olmadığıyla ilgili görüşleri	52
Şekil 2.7	Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların ‘yeşil bina sertifikası alan binaların gerçekten yeşil performans sergileyip sergilemediği’ konusundaki görüşleri (Ankara).	55
Şekil 2.8	Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların ‘yeşil bina skoru daha yüksek olan binaların çevresel performansının da daha yüksek olup olmadığı’ konusundaki görüşleri (Ankara).	56
Şekil 2.9	Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların ‘yeşil bina sertifikası alan binaların konvansiyonel binalardan daha fazla enerji tasarrufu sağlayıp sağlamadığı’ konusundaki görüşleri (Ankara).	57
Şekil 2.10	Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların ‘yeşil bina sertifikası alan binaların gerçekten yeşil performans sergileyip sergilemediği’ konusundaki görüşleri (Tebriz).	59
Şekil 2.11	Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların ‘yeşil bina skoru daha yüksek olan binaların çevresel performansının da daha yüksek olup olmadığı’ konusundaki görüşleri (Tebriz).	60
Şekil 2.12	Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların ‘yeşil bina sertifikası alan binaların konvansiyonel binalardan daha fazla enerji tasarrufu sağlayıp sağlamadığı’ konusundaki görüşleri (Tebriz).	61
Şekil 2.13	Katılımcıların ‘Evim fazla aydınlık’ önermesiyle ilgili görüşleri	62
Şekil 2.14	Katılımcıların ‘Başka insanların konuşmalarından dolayı evimde fazla gürültü oluyor’ önermesiyle ilgili görüşleri	63

Şekil 2.15	Katılımcıların ‘Konuşma dışındaki diğer arka plan sesleri (ör. makine sesleri, sokak sesleri) yüzünden evimde fazla gürültü oluyor’ önermesiyle ilgili görüşleri	64
Şekil 2.16	Katılımcıların “Aşağıdakini kişisel olarak ayarlayabilir veya kontrol edebilirim” önermesiyle ilgili görüşleri.....	64
Şekil 2.17	Katılımcıların “Sıcak havalarda evimin sıcaklığından memnunum” önermesiyle ilgili görüşleri	65
Şekil 2.18	Katılımcıların “Genel olarak evimin sıcaklığından memnunum” önermesiyle ilgili görüşleri	66
Şekil 2.19	Katılımcıların “Genel olarak evimin sıcaklığından memnunum” önermesiyle ilgili görüşleri	66
Şekil 2.20	Katılımcıların “Genel olarak evimin termal konforundan memnunum” önermesiyle ilgili görüşleri	67
Şekil 2.21	Katılımcıların “Evimdeki havanın temiz olduğunu düşünüyorum” önermesiyle ilgili görüşleri	67
Şekil 2.22	Katılımcıların “(Termal konfor, hava kalitesi, ısılandırma ve akustik dahil olmak üzere) evinizin genel iç çevre kalitesi refahınızı nasıl etkilemektedir?” sorusuyla ilgili görüşleri	68
Şekil 2.23	Katılımcıların “Sizce sıcak havalarda evinizin sıcaklığının birkaç derece daha yüksek olması refahınızı nasıl etkiler?” sorusuyla ilgili görüşleri.....	68
Şekil 2.24	Katılımcıların “Sizce soğuk havalarda evinizin sıcaklığının birkaç derece daha düşük olması refahınızı nasıl etkiler?” sorusuyla ilgili görüşleri	69
Şekil 2.25	Katılımcıların “Evinizin havalandırmasını azaltmak sizce refahınızı nasıl etkiler?” sorusuyla ilgili görüşleri.....	69
Şekil 2.26	Katılımcıların “Evinizde açılır-kapanır pencerelerin olması sizce refahınızı nasıl etkiler?” sorusuyla ilgili görüşleri	70
Şekil 2.27	Katılımcıların “Evinizin aldığı güneş ışığını azaltmak sizce refahınızı nasıl etkiler?” sorusuyla ilgili görüşleri.....	71
Şekil 2.28	Katılımcıların “Yeterli güneş ışığı olduğunda evinizdeki ışıkların otomatik olarak kapanması sizce refahınızı nasıl etkiler?” sorusuyla ilgili görüşleri.....	71
Şekil 2.29	Çalışmaya dahil edilen binalarda iklimlendirme sistemleri.	72
Şekil 2.30	Ankete dahil edilen binaların yaşları	73
Şekil 2.31	Çalışmaya dahil edilen binaların kat sayısının dağılımı	74
Şekil 2.32	Çalışmaya dahil edilen binaların döşeme alanlarının dağılımı	74

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1	Yüksek binaların gömülü enerjisiyle (GE) ilgili literatüre genel bakış	7
Tablo 1.2	Alçak binaların gömülü enerjisiyle (GE) ilgili literatüre genel bakış....	11
Tablo 1.3	Bina yaşam döngüsü çalışmalarında kullanılan fonksiyonel birimler .	17
Tablo 1.4	Mevcut literatürde bina yaşam döngüsü aşamaları	24
Tablo 1.5	Binaların envanter analiziyle ilgili literatüre genel bakış	34
Tablo 1.6	Mevcut envanter veri tabanları ve bina YDD'si yazılım paketleriyle ilgili literatüre genel bakış.....	35
Tablo 1.7	Literatürdeki bulgulardan yola çıkılarak yapılan öneriler.....	45
Tablo 2.1	Belirlenen şehirler için istatistiksel güce göre örnekleme büyüklüğü	47
Tablo 2.2	Konut amaçlı binaların çevresel performansını etkileyen faktörlerin sıralanması.....	53

Yüksek Binalar İçin Bina İçi Çevresel Kalite Etkilerini de İçeren Yaşam Döngüsü Değerlendirme Çerçevesi

Majid BAHRAMIAN

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Kaan YETİLMEZSOY

Türkiye ve İran'daki yüksek katlı konut binalarının çevresel performansına dair bina sakinlerinin algısına göre, iç mekan çevresel nitelikleri dikkate alınarak bir yaşam döngüsü değerlendirmesi önerilmiştir. Tebriz ve Ankara'daki iki yüksek katlı konutun sakinleri arasında iç mekan çevre nitelikleriyle ilgili soruları içeren çevrimiçi bir anket dağıtıldı. Farklı yüksekliklerdeki ticari ve konut amaçlı binaların Yaşam Döngüsü Enerjisi, Yaşam Döngüsü Sera Gazları ve Konvansiyonel Yaşam Döngüsü Değerlendirmeleriyle ilgili mevcut literatür genel hatlarıyla incelenmiştir. Bir yandan kapsamlı bir tarama gerçekleştirirken bir yandan da yüksek ve alçak binaların çevresel değerlendirmesiyle ilgili yakın zamanlı katkılara dikkat çekebilmek için literatür taraması anlatı şeklide gerçekleştirilmiştir. (1995'ten 2018'e) 23 yıllık bir zaman dilimini içerecek şekilde veri tabanlarında arama yapılarak ve 230'u n üzerinde makale seçilerek çalışma gerçekleştirilmiştir. Literatür taraması sonunda alçak binaların (1 ila 5 katlı) yüksek binalara (5 ve üzeri katlı) göre daha fazla çalışmaya konu edildiği, alçak binaların yaşam döngüsü değerlendirmesiyle ilgili çalışmaların sayısının yüksek binaların yaşam döngüsüyle ilgili çalışmaların sayısının yaklaşık iki katı olduğu görülmüştür. Yüksek binalarla ilgili çalışmalarda ticari binaların üzerinde daha çok durulmuş ve incelenen

Çalışmaların %60'ından fazlası ticari binaları ele almış, alçak binalarla ilgili çalışmalarda ise, incelenen çalışmaların %70'inden fazlasını oluşturan konut amaçlı binalar ne çıkmıştır. Çalışmalarda yaşam dngs aşamalarından üretim ve kullanım aşamaları üzerinde daha çok durulmuştur. En çok incelenen etki kategorileri ise küresel ısınma potansiyeli ve gömülü enerji olmuştur. Yüksek binaların gömülü enerji değerleri büyük değişkenlik göstermekte ve 0,533 MJ/m² ile 883,1 GJ/m³ arasında değişmektedir. Alçak binalar içinse bu değerler 0, 21 ile 374,4 GJ/m³ arasında değişmektedir. Küresel ısınma potansiyeli açısından yüksek binalar yılda 10 ila 10010 kg CO_{2eq}/m² salınım yaparken, bazı çalışmalar ahşap yapıların 234,8 ile 1338 kg CO_{2 eq}/m² arasında değişen değerlerle salınımı azaltma potansiyelini göstermiştir. Alçak binaların salınım değerleri 0,07 ile 35765 kg CO_{2 eq}/m² arasında değişirken, ahşap yapılar salınımı 12,9 ila 361 kg CO_{2 eq}/m² azaltmıştır. Farklı türlerdeki binaların yaşam döngüsü değerlendirmelerinde 20 yıldan'den başlayıp 100'n üzerine kadar çıkan çok farklı bina ömürleri kullanılmıştır. Hem tanım hem de birim açısından büyük bir değişkenlik gözlenen bir başka parametre ise fonksiyonel birim olmuştur. Araştırmacıların çoğu (%61) fonksiyonel birim olarak metrekareyi kullanırken, incelenen çalışmaların yaklaşık %20'sinde fonksiyonel birim olarak "binanın tümü" ele alınmıştır. Bu durum, daha pratik sonuçlar elde etmeyi sağlayacak standart bir fonksiyonel birim tanımının olmadığını göstermektedir. Binaların yaşam döngüsü değerlendirmelerinde en çok atıf yapılan envanter veri tabanı Ecoinvent (%65) olurken, onu Bath Üniversitesi Karbon ve Enerji Envanteri (11%), ABD Yaşam Döngüsü Envanteri (%9) ve Avustralya Materyal Envanteri Veri Tabanı (7%) takip etmektedir. Bilgisayar destekli yazılımlar arasında, incelenen çalışmaların %40'nda atıf yapılan SimaPro'nun hakimiyeti söz konusudur. ATHENA Impact Estimator ve GaBi yazılımlarına da incelenen çalışmaların sırasıyla %7,5 ve %4'nde atıf yapılmıştır. Çalışmanın vurguladığı son husus, bina tasarımı (yapı ve malzemeler), bina ömrü, fonksiyonel birim ve kapsam farklılıkları yüzünden farklı çalışmaların bulgu ve sonuçları arasında yapılabilecek karşılaştırmaların sınırlı olmasıdır. Verilerdeki belirsizlikler genellikle açıklanmamakta ve çalışma sonuçlarında gösterilmemektedir.

Anahtar Kelimeler: Yaşam döngüsü değerlendirmesi, İnaaat sektörü, Gömülü enerji, İnaaat süreci, Yaşam döngüsü envanteri.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

A Life Cycle Assessment Framework for High Rise Buildings Including Indoor Environmental Quality Impacts

Majid BAHRAMIAN

Department of Environmental Engineering

Ph.D. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Kaan YETİLMEZSOY

Through the occupant's perception of environmental performance of high-rise residential buildings in Turkey and Iran, a life cycle assessment with consideration of indoor environmental qualities has been proposed. An online survey containing the relevant questions to the indoor environmental qualities was distributed among the residents of two high-rise residential buildings in Tabriz and Ankara. Moreover, an overview of current status of the available literature on Life Cycle Energy, Life Cycle Greenhouse Gases, and Conventional Life Cycle Assessment of commercial and residential buildings was presented with respect to their elevation. A narrative literature review was carried out to provide a comprehensive overview as well as to highlight the recent contributions related to the environmental evaluation of high-rise and low-rise buildings. The study carried out by means of searching databases covering a time frame of 23 years (between 1995 and 2018) and selecting more than 230 articles. The review shows that low-rise buildings (1~5 floors) compared to high-rise ones (≥ 5 floors) received significant attention as the studies focusing on the life cycle assessment of low-rise buildings were about twice in number more

than the studies related to the life cycle assessment of high-rise buildings. In case of high-rise buildings, commercial buildings gained more attention by over 60% of the reviewed studies, while for low-rise buildings, residential buildings took the leverage by accounting to over 70% of the reviewed studies. The more frequently studied life cycle stages were those related to the manufacturing and use phases. Similarly, the most considered impact categories were the global warming potential and embodied energy. The reported values for embodied energy of high-rise buildings had a great variation ranging from 0.533 MJ/m² to 883.1 GJ/m³, while the same values for low-rise buildings ranged from 0.21 to 374.4 GJ/m³. In terms of global warming potential, high rise buildings emitted 10 to 10010 kg CO₂ eq/m² per year, however some studies revealed the potential of timber structure in emission reduction by values ranging from 234.8 to 1338 kg CO₂ eq/m². The emissions associated by low rise buildings ranged from 0.07 to 35765 kg CO₂ eq/m² and the respective values for emission reduction by timber structures were between 12.9 and 361 kg CO₂ eq/m². The results also indicate that a wide range of building's lifespan varying from 20 to over 100 years were utilized in life cycle assessment of different types of buildings. Functional unit was also another parameter that showed an immense variation both in terms of unit and definition. While majority of researchers considered "m²" as the functional unit (61%), "whole building" was also considered as the functional unit in almost 20% of the reviewed studies, indicating the lack of standardized definition for functional unit for more practical outcomes. Ecoinvent was the most referred inventory database (65%) for life cycle assessment of buildings followed by University of Bath ICE (11%), U.S. database (9%), and Australian material inventory database (7%). SimaPro dominated computer-aided software with 40% of citation among reviewed studies. ATHENA Impact Estimator and GaBi software gathered the attention of the reviewed studies by 7.5% and 4%, respectively. The review finally highlights that the variations in building design (structure and materials), lifetime, functional unit, and scope restrict the ability to compare the findings and results of studies with each other.

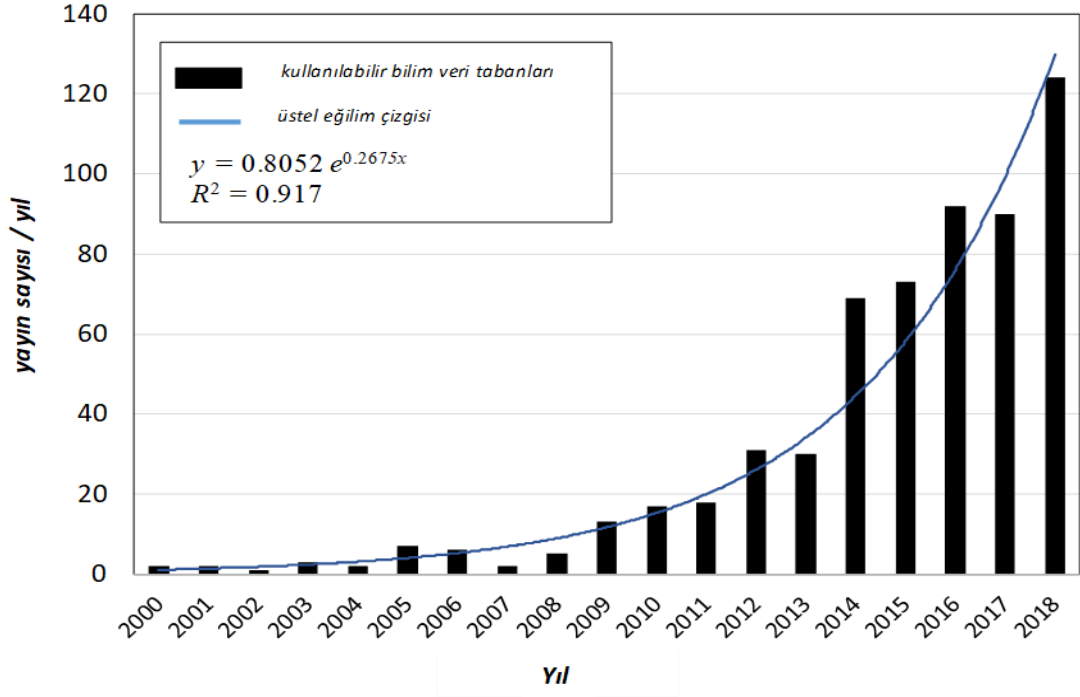
]

]

1.1 Literatür Özeti

İklim konulu Paris Anlaşması'nı takiben bina performansı ile ilgili iddialı hedeflere ulaşmak için inşaat sektöründe ileriye dönük güneş panelleri ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip ve yüksek verimli mimari ve mühendislik uygulamalarına olan ilgi ciddi oranda artmış, ancak inşaat sektörü küresel sera gazı (KSG) salınımlarının neredeyse %25'inden sorumlu olduğu hâlde bu teknikler beklentilerin çok gerisinde kalmıştır [1][2]. Küresel ölçekte bina yapımı ve kullanımının çevresel etkilerini en aza indirmek için başlatılan çok sayıda uygulamadan biri olan Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD), en güvenilir yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir [3][4]. Ancak bu yöntemin akademide ve piyasada yaygın bir şekilde uygulanması, kapsam, tanım, fonksiyonel birim ve veri geçerliliği açısından büyük bir değişkenlik arz eden çok sayıda çalışmanın yayınlanmasıyla sonuçlanmıştır.

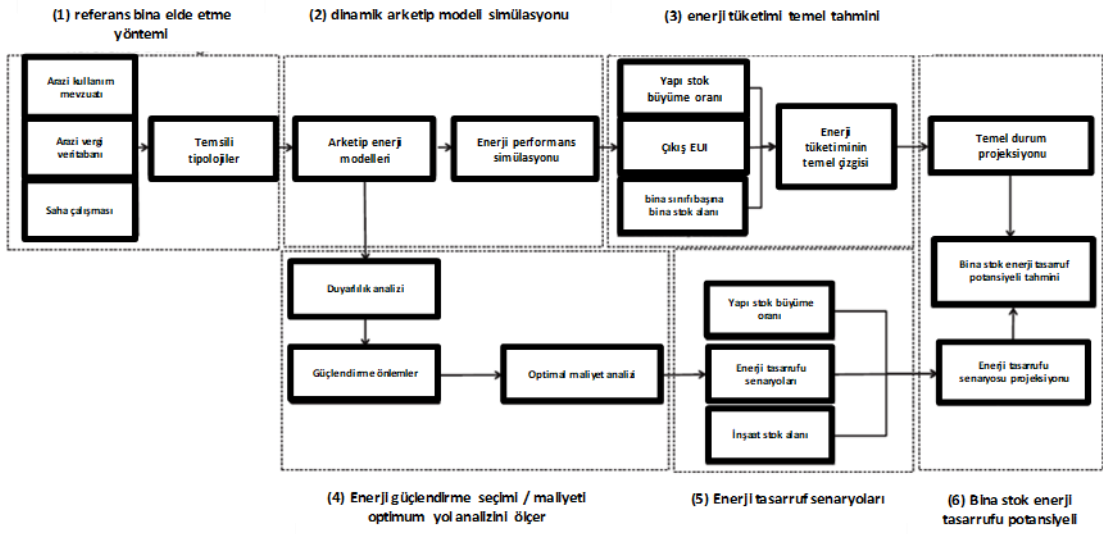
Son yıllarda binaları YDD yöntemiyle inceleyen çalışmaların sayısında bir artış gözlenmiştir [5][6][7][8][9][10][11][12]. Bu durum, erişilebilir bilimsel veri tabanlarının "Özet, Başlık ve Anahtar Kelime" alanlarında "yaşam döngüsü değerlendirme", "YDD" ve "bina" terimleriyle arama yapılarak tespit edilen yayınlanmış makaleleri gösteren Şekil 1.1'de de görülmektedir. Yayın sayısının her yıl artması, binaların yaşam döngüsü değerlendirmesine yönelik ilginin arttığını göstermektedir. Ancak derleme makalelerin çoğu (örneğin. [13][14][15][16][17]) sadece binaları incelemiş, YDD ve bina standartlarının tarihsel gelişimini ele almamıştır.



Şekil 1.1 Erişilebilir bilimsel veri tabanlarının “Özet, Başlık ve Anahtar Kelime” alanlarında “yaşam döngüsü değerlendirmesi”, “YDD” ve “bina” terimleriyle arama yapılarak tespit edilen yayınlanmış makaleleri gösteren grafik.

Son 20 yılda inşaat sektörünün çevresel etkilerini ölçmek için YDD yöntemini kullanan çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Ancak kapsam ve yöntem farklılıkları, verilerdeki belirsizlikler ve iklim bölgelerinin farklı olmasından dolayı bu çalışmaların sonuç ve bulgularını kapsamlı bir şekilde karşılaştırmak mümkün olmamıştır. Dolayısıyla bu çalışma kapsamında literatür araştırması, 20 yıldır gerçekleştirilen araştırmalarda öne çıkan bulguları özet bir şekilde sunarak bu konudaki literatürün gelişiminin ve halihazırdaki durumunun daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

Yakın zamanda gerçekleştirilen bir çalışmada, yüksek ofis binalarının enerji tasarrufu potansiyelini değerlendirilmiştir [18]. Altı adımdan oluşan genel akış şeması, çalışmanın temelini oluşturmuştur (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Yüksek ofis binalarının enerji tasarrufu potansiyeli için önerdiği yöntemin akış şeması [9].

Yüksek ofis binası stoğunun enerji tasarrufu potansiyelini tahmin etmek için, en uygun maliyetli yol analizi sonuçlarına göre üç senaryo oluşturulmuştur. Mevcut bina stoğunun enerji tasarrufu potansiyelini değerlendirme için bu senaryoların gelecek tahminleri yapıp baz senaryonun gelecek tahmini ile karşılaştırılmış ve ikisi arasındaki fark, mevcut bina stoğunun enerji tasarrufu potansiyeli olarak tanımlanmıştır.

Bu çalışma, Brezilya'nın Belo Horizonte şehrindeki mevcut yüksek ofis binası stoğunun enerji verimliliğinin artırılması için ciddi fırsatlar olduğunu göstermiştir. Mevcut teknolojileri kullanarak yüksek ofis binası stoğunda 2036'ya kadar %24'lük bir enerji tasarrufu elde etmek ve bunu düşük bir maliyetle yapmak mümkündür. Maliyetler dikkate alınmadığında, kapsamlı tadilat paketleriyle 2036'ya kadar %28'lik bir tasarruf mümkündür. Ayrı ayrı gerçekleştirilen senaryo tahminleri mevcut bina stoğuyla ilgilenmenin önemini ortaya koymuş, ama aynı zamanda mevcut bina stoğu tüketimini azaltmak için politika yapıcılarının önümüzdeki 20 yıl boyunca yeni yapılacak binalara da dikkat etmesi gerektiğini göstermiştir.

Wang vd. (2018), binanın işletilmesindeki enerji tüketiminin son derece önemli olduğunu ve %78 ila 89'luk bir katkı yaptığını, kalan %11 ila 22'yi ise gömülü enerjinin oluşturduğunu bulmuştur [19]. Gömülü enerji miktarı açısından yüksek binalarla alçak binalar arasında bir farklılıklar olmakla beraber bina yüksekliği ile gömülü enerji arasındaki korelasyonun zayıf olduğunu belirtmişlerdir. Praseeda vd. (2015) de işletme enerjisi ile gömülü enerjinin yaşam döngüsü enerjisi içindeki paylarının büyük oranda inşaatta kullanılan malzemelere ve iklimlendirmeye bağlı olduğunu belirtmiştir [20]. Bazı durumlarda gömülü enerjinin yaşam döngüsü enerjisi içindeki payı işletme enerjisinden fazla olabilir. Hindistan'da farklı iklim bölgelerindeki 16 konut amaçlı bina incelendiğinde, betonarme çerçeveli ve tek parça betonarme duvarlı binaların gömülü enerjisinin çok yüksek olduğu bulunmuştur.

Sharma vd. (2011), hem şehir merkezindeki yüksek binalarda hem de dış mahallelerdeki alçak binalarda toplam yaşam döngüsü enerjisine en büyük katkısı bina işletme enerjisinin yaptığını vurgulamıştır [21]. Yazarlara göre, yüksek binaların daha fazla enerji verimliliğine sahip olması gerektiği şeklinde yaygın kanının aksine, zemin alanı başına düşen kabuk yüzey alanı daha küçük olduğu için bu binaların doluluk yoğunluğu daha yüksek olmaktadır. Ancak, nüfus yoğunluğu göreceli olarak daha fazla olan yüksek binalarda alan başına ve kişi başına enerji gereksiniminin yüksek olmasına neden olan başka enerjiler de vardır. Ayrıca, hem şehir merkezlerinde hem de dış mahallelerde toplam yaşam döngüsü enerjisine en fazla katkısı bina işletme enerjisinin yaptığı sonucuna varmışlardır.

Çelik binalarda üretim süreçleri de karbon salınımını ve dolayısıyla binalardaki gömülü karbonu ciddi oranda etkileyebilir. Gan vd. (2016), Hong-Kong'daki 60 katlı, kompozit, çekirdek-dış destek sistemli yüksek bir binanın gömülü karbonuna en büyük katkısı yapan unsurlardan birinin, yüksek fırın - bazlı oksijen fırın süreciyle üretilen donatı çelikleri ve yapısal çelikler olduğunu ve bunların toplam salınımın %80'inden fazlasından sorumlu olduğunu göstermiştir [22]. Yazarlar elektrik ark ocağında (EAO, hammadde olarak doğrudan indirgenmiş demir (DİD) kullanılarak çelik üretilmesi durumunda binalardaki gömülü karbonun %20 civarında

azalacağını belirtmişlerdir. Ayrıca EAO'da çelik üretiminde DİD yerine geri dönüştürülmüş atıkların kullanılması durumunda binaların gömülü karbonu %60'ın üzerinde azaltılabilir. Hazır karılmış beton yerine beton muadillerinin kullanılması, gömülü karbonu %10 ile 20 arasında azaltabilir (%35 uçucu kül veya %75 mıcır).

Gan vd. (2017), yüksek binalarda gömülü karbon ile farklı tasarım parametreleri arasındaki ilişkileri incelemek için kapsamlı bir çalışma gerçekleştirmiştir [23]. Farklı inşaat malzemeleri (donatılı beton, yapısal çelik ve kompozit malzemeler), geri dönüşüm içeriği (atık çelik ve çimento muadilleri), yapısal formlar (yani çekirdek-çerçeve, çekirdek-dış destek, iç içe tüpler ve devasa bağ) ve bina yükseklikleri kullanılarak çekirdek-dış destek sistemli farklı yüksek binalar tasarlanmıştır. Yapısal form ve bina yüksekliği aynı olduğunda, çelik binaların toplam ağırlığı kompozit ve betonarme binalarla karşılaştırıldığında %50 ile %60 arasında daha düşük olmakta, ama gömülü karbonu %25 ile %30 arasında daha fazla olmaktadır. Binalarda kullanılan çeliğin %80'inin geri dönüşüm olması halinde çelik binalardaki gömülü karbonun yaklaşık %60 civarında azaldığını ve bütün binalar arasında en düşük değere ulaştığını bulmuşlardır. Bu çalışma, her bir yapısal formda gömülü karbonun, bina yüksekliğinin bir fonksiyonu olarak önce azalıp sonra artan bir eğriye sahip olduğuna, yani her bir yapısal form için, gömülü karbonun en aza indiği optimum bir yükseklik değeri olduğuna işaret etmektedir.

Woon vd.'nin (2016) gerçekleştirdiği ilginç bir çalışmada, minimum karbondioksit salınımıyla inşaat malzemeleri optimum bir şekilde bir araya getirilerek betonarme kompozit yapılar için sürdürülebilir tasarımlar incelenmiştir [24]. Her bir bileşenin kolon sağlamlığına olan katkısı analiz edildiğinde, yüksek binalarda yüksek eksenel yüklere maruz kalan kompozit yapılarda çelik şeklin kesit alanını artırmak, betonun kesit alanını artırmakla karşılaştırıldığında, karbondioksit salınımını azaltmak açısından daha avantajlıdır. Bu çalışma ayrıca, çelik donatılı beton kolonların çevresel etki ve mekan kullanımı performansının kusursuz olduğunu göstermiştir.

Nadoushani vd. (2015), yapısal sistem tercihinin binaların gömülü karbonu üzerindeki etkisini değerlendirmeye çalışmıştır. 3 katlı, 10 katlı ve 20 katlı binalar

için moment dayanımlı çerçeve (MDÇ), güçlendirilmiş çerçeve (GÇ), perde duvar (PD) ve ikili sistemler dahil olmak üzere 15 farklı çelik ve betonarme yapısal sistem tasarlanmıştır [25]. Sonuçlar, yapısal sistem tercihinin binanın gömülü karbonunu %13'e varan oranda etkileyebildiğini göstermiştir. Sonuçlar, belli bir yapısal sistemin gömülü karbonunun, hem binanın yüksekliğine göre hem de yapıda kullanılan malzeme tercihinine göre ciddi şekilde değiştiğini de göstermiştir. Farklı bina türleri, yapılar, malzemeler ve bina yüksekliklerinin gömülü enerjisi (GE) ve sera gazı salınımıyla ilgili literatürü gösteren Tablo 1.1'de bu durum daha açık bir şekilde görülebilir. Ancak, nüfus yoğunluğu göreceli olarak daha fazla olan yüksek binalarda alan başına ve kişi başına enerji gereksiniminin yüksek olmasına neden olan başka enerjiler de vardır. Ayrıca, hem şehir merkezlerinde hem de dış mahallelerde toplam yaşam döngüsü enerjisine en fazla katkısı bina işletme enerjisinin yaptığı sonucuna varmışlardır.

Bu çalışma, Brezilya'nın Belo Horizonte şehrindeki mevcut yüksek ofis binası stoğunun enerji verimliliğinin artırılması için ciddi fırsatlar olduğunu göstermiştir. Mevcut teknolojileri kullanarak yüksek ofis binası stoğunda 2036'ya kadar %24'lük bir enerji tasarrufu elde etmek ve bunu düşük bir maliyetle yapmak mümkündür. Maliyetler dikkate alınmadığında, kapsamlı tadilat paketleriyle 2036'ya kadar %28'lik bir tasarruf mümkündür. Ayrı ayrı gerçekleştirilen senaryo tahminleri mevcut bina stoğuyla ilgilenmenin önemini ortaya koymuş, ama aynı zamanda mevcut bina stoğu tüketimini azaltmak için politika yapıcılarının önümüzdeki 20 yıl boyunca yeni yapılacak binalara da dikkat etmesi gerektiğini göstermiştir.

Tablo 1.1 Yüksek binaların gömülü enerjisiyle (GE) ilgili literatüre genel bakış.

Tip	Kat Sayısı	Konum	Yapı	Ömrü (Yıl)	Yöntem	Bedenlenmiş Enerji (GJ/m ²)	Emisyon (kg CO ₂ /m ²)	Belirsizlik	Kaynak
Ticari	10 ve 20	Avustralya	Çelik ve beton yapı	30	Süreç bazlı	X	140 - ³ 240	Hariç	Mousavi Nodoushani ve Akbarnezhad (2015)
Konut	10	Amerika Birleşik Devletleri	Beton ve çelik	100	Süreç bazlı, hibrit Giriş-Çıkış	5.8 - 18.7	X	Dahil	Du ve diğerleri (2015)
Ticari	60	Çin	Betonarme perde duvarlar	30	Süreç bazlı	X	120 - 527	Hariç	Gan ve diğerleri (2016)
Ticari	38	Tayland	Beton ve çelik	50	Süreç bazlı, hibrit Giriş-Çıkış	X	10, 416.65, 516.5	Hariç	Kofoworola ve Gheewala (2008)
Ticari	43	Avustralya	Beton ve ahşap	30	Karışık	6.387, 5.602, 8.956	8391.47, 3421.25, - 1338.51	Hariç	Li ve diğerleri (2019)
Konut	56	Iran	Beton	30	Süreç bazlı	X	X	Hariç	Lotfabadi (2014)

Tablo 1.1 Yüksek binaların gömülü enerjisiyle (GE) ilgili literatüre genel bakış (devamı).

Tip	Kat Sayısı	Konum	Yapı	Ömrü (Yıl)	Yöntem	Bedenlenmiş Enerji (GJ/m ²)	Emisyon (kg CO ₂ /m ²)	Belirsizlik	Kaynak
Konut	20	Endonezya	Beton ve çelik	40	Süreç bazlı	868.1, 883.1	X	Hariç	Utama ve Gheewala (2009)
Ticari	-	Çin	Betonarme	50	Karışık	51.78, 73.64	X	Hariç	wang ve diğerleri (2018)
Ticari	12	Çin	Geri dönüştürülmüş agrega betonu, doğal agrega betonu	30	Süreç bazlı	669.3, 768	168.46, 182.93	Hariç	Xiao ve diğerleri (2018)
Ticari	30	Çin	Betonarme	50	Süreç bazlı	X	378.14, 524.63	Hariç	Yan ve diğerleri (2010)
Konut	9	Norveç	Beton	≥30	Süreç bazlı	5.373, 13.6 (×10 ⁻⁴)	228.41, 163.15, 195.78	Hariç	Wralsen ve diğerleri (2018)
Ticari	35	İtalya	Çelik betonarme	30, 50	Karışık	15.717	X	Hariç	Trabucco (2012)
Konut	–	Hollanda	Beton, ahşap çerçeve	73.3, 66.8, 58.3, 51.8	Süreç bazlı	3.0, 6.4	X	Dahil	Koezjakov ve diğerleri (2018)
Konut	40	Çin	Betonarme	40	Süreç bazlı	0.12 - 5.0	X	Hariç	Chen ve diğerleri (2001)
Konut, Ticari	8, 15	Avustralya	Betonarme	50	Karışık	5.28, 27.2	X	Hariç	Crawford (2005)

Tablo 1.1 Yüksek binaların gömülü enerjisiyle (GE) ilgili literatüre genel bakış (devamı).

Tip	Kat Sayısı	Konum	Yapı	Ömrü (Yıl)	Yöntem	Bedenlenmiş Enerji (GJ/m ²)	Emisyon (kg CO ₂ /m ²)	Belirsizlik	Kaynak
Konut	8	Avustralya	Prefabrik modüler çelik, ahşap yapılar	50	Karışık	14.40, 9.64, 10.49	864.04, 578.23, 629.46	Hariç	Aye ve diğerleri (2011)
Ticari	7	Çin	Betonarme	50	Süreç bazlı	X	10009.35	Hariç	Zhang ve diğerleri (2006)
Ticari	7	İsviçre	Betonarme	60	Süreç bazlı	X	0.12 – 5.27	Hariç	Vuarnoz ve diğerleri (2018)
Ticari	8	Spanya	Betonarme	25, 100	Input-output	X	X	Dahil	Oregi ve diğerleri (2016)
Konut	7, 12, 21	Norveç	Betonarme, ahşap çerçeve	60	Süreç bazlı	X	-234.8 ⁴ , 441.8	Hariç	Lyslo ve diğerleri (2016)
Ticari	15	Brezilya	Beton ve güçlü çelik	20	Süreç bazlı	X ¹	X	Hariç	Alves ve diğerleri (2018)
Ticari	19	Çin	Çerçeve perde duvar	30	Süreç bazlı, hibrit Giriş-Çıkış	6.3	794.2, ² 735.4, 7	Hariç	Chang ve diğerleri (2012)
Ticari	35	Kore Cumhuriyeti	Çelik betonarme	30	Süreç bazlı	X	X	Hariç	Woon ve diğerleri (2016)

Yüksek binalarla karşılaştırıldığında yükseklikleri göreceli olarak daha düşük olsa da, alçak binalar ve tek konuttan oluşan binalar da iklim değişimine katkı yapan önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Yakın zamanda gerçekleştirilen bir çalışmada Nolan vd. (2018), ömrünü tamamlama aşaması dikkate alınmadığında, yapısal çerçevenin bir binanın ömrü boyunca kullanılan işletme enerjisini etkileyebileceğini göstermiştir [26]. Yani yapı türü tercihinin, binanın çevresel performansı üzerinde de bir etkisi olabilir. Yazarlar, orta yükseklikteki konut amaçlı binalarda, binanın yaşam döngüsü boyunca enerji kullanımını ve karbon salınımını azaltma açısından en avantajlı yöntemin, yerinde dökme kirişsiz döşemeli betonarme çerçeve olduğunu belirtmektedir.

Kadir vd. (2015), uygun malzeme ve bileşen seçimiyle alçak binaların çevresel performansını ciddi oranda artırmanın mümkün olduğunu, ahşap çerçeveli yapılarla binanın enerji performansını sürdürmenin toplam çevresel performans açısından en iyi seçenek olduğunu belirtmiştir [27]. Malezya'daki farklı iklim bölgelerinde iç ve dış duvarlar için gerçek inşaat senaryolarından oluşan yedi farklı kombinasyonda, enerji tasarrufu ve küresel ısınma potansiyeli açısından en iyi performansa ahşap çerçeveli yapılarla ulaşıldığı bulunmuştur.

Monteiro vd. (2016), enerji verimli binalarda gömülü birincil enerjinin toplam yaşam döngüsü enerjisi içindeki payının standart binalarda olduğundan birkaç kat fazla olduğunu ve benzer konut tasarımları için ahşap kullanımı artırıldığında yaşam döngüsü birincil enerjisinin genellikle 1/3'ünden fazlasını oluşturduğunu, bu durumda sera gazı salınımının da ciddi oranda düştüğünü, ancak ahşap ve kargir binalarla karşılaştırıldığında kütük binaların bütün etki kategorileri açısından en rasyonel çözüm olarak tespit edildiğini belirtmiştir [28].

Ingrao vd. (2016), özellikle de geri dönüştürülmüş polietilen tereftalat kullanılan havalandırılmalı cephelerin standart konvansiyonel duvarlarla karşılaştırıldığında enerji ve çevre performansı açısından bütün etki kategorilerinde %16'lık bir düşüş sağladığını belirtmiştir [29].

Tablo 1.2’de yüksek ve alçak binaların gömülü enerjileri ve sera gazı salınımları özetlenmiştir. Alçak ve küçük binaların yüksek binalara kıyasla daha fazla çalışmada konu edilmesi anlaşılır bir durumdur. Bilimsel dergilerde yayınlanan 66 makaleden neredeyse 40’ı alçak binaların çevresel ayak izine odaklanmıştır. Bunun nedeni hem bina yapımındaki hem de YDD yönteminin uygulanmasındaki farklılıklardır. Çalışmaların çoğu bu tekniği kendi özel koşullarına ve mülahazalarına göre uygulamıştır. Öte yandan, alçak, küçük ve tek konutlu binalarla karşılaştırıldığında yüksek binalar için yapılması gereken hesaplamalar çok daha karmaşıktır.

Tablo 1.2 Alçak binaların gömülü enerjisiyle (GE) ilgili literatüre genel bakış.

Tip	Kat Sayısı	Konum	Yapı	Ömrü (Yıl)	Yöntem	Bedenlenmiş Enerji (GJ/m ²)	Emisyon (kg CO ₂ /m ²)	Belirsizlik	Kaynak
Tip	Kat sayısı	Konum	Bina Yapısı	Ömür (Yıl)	Metod	Bedenlenmiş Enerji (GJ/m ²)	Emisyon (kg CO ₂ eq/m ²)	Belirsizlik	Referans
Konut	6, 1	Italy	Beton ve Beton arme	50	Süreç bazlı	0.216	X	Hariç	(Giordano ve diğerleri (2015))
Konut	8	İsveç	Ahşap çerçe ve	50	Süreç bazlı	X	-361, -246	Dahil	Gustavsson ve diğerleri (2010)
Konut	2	Slovenya	Beton arme, tuğla, çapraz lamin e ahşap, ahşap çerçe ve	100	Süreç bazlı, Girdi-Çıktı analizi, Karışık	1.4	-92 to 135	Hariç	Kova (2018)
Konut	5	Norveç	Beton ve güçlendirilmiş çelik	30	Süreç bazlı	0.4 - 5.61	3263, 0.07, 0.05, 0.06	Hariç	Wralsen ve diğerleri(2018)

Tablo 1.2 Alçak binaların gömülü enerjisiyle (GE) ilgili literatüre genel bakış (devamı).

Tip	Kat Sayısı	Konum	Yapı	Ömrü (Yıl)	Yöntem	Bedenlenmiş Enerji (GJ/m ²)	Emisyon (kg CO ₂ /m ²)	Belirsizlik	Kaynak
Konut	1	İsveç	Ahşap	100	Süreç bazlı	30.155	566.7	Hariç	Petrovic ve diğerleri (2019)
Konut	7	İrlanda	Betonarme, çelik çerçeve, prefabrik çelik çerçeve	50	Süreç bazlı	9.30, 13.48, 9.16, 16.78 (kWh/m ² /year)	3.32, 4.09, 3.28, 4.88	Hariç	Nolan ve Doyle-kent (2018)
Ticari	2	Hindistan	Beton ve güçlendirilmiş çelik	50	Süreç bazlı	14.65	978.87	Hariç	(Nautiyal ve diğerleri, 2018)
Konut	1	Litvanya	Beton ve güçlendirilmiş çelik	100	Süreç bazlı	29.57	1987	Hariç	(Motuzienė ve diğerleri (2016)
Konut	2	Portekiz	Beton ve güçlendirilmiş çelik	50	Süreç bazlı	39.82	625.71, 715.54, 550, 617.14, 614.28, 464.28, 300	Hariç	Monteiro ve Freire (2012)
Ticari	4	Amerika Birleşik Devletleri, Finlandiya	Beton ve güçlendirilmiş çelik	50	Girdi-Çıktı analizi	53.20	3013.63	Hariç	Junnila ve diğerleri (2006)
Konut	1	Danimarka	Ahşap	120	Süreç bazlı	X	X	Dahil	Hennequin ve diğerleri (2019)

Tablo 1.2 Alçak binaların gömülü enerjisiyle (GE) ilgili literatüre genel bakış (devamı).

Tip	Kat Sayısı	Konum	Yapı	Ömrü (Yıl)	Yöntem	Bedenlenmiş Enerji (GJ/m ²)	Emisyon (kg CO ₂ /m ²)	Belirsizlik	Kaynak
Konut	4	İsveç	Beton ve güçlendirilmiş çelik	50	Süreç bazlı	1.835, 1.771, 1.979, 1.799	35 - 52	Hariç	Yao ve diğerleri (2014)
Konut	3	Fransa	Duvar	≤100	Süreç bazlı	X	X	Hariç	Morel ve diğerleri (2001)
Konut	1	Birleşik Krallık	Ahşap Çerçeve	50	Süreç bazlı	5.7	350	Hariç	Monahan ve Powell (2011)
Konut	1	Yeni Zelanda	Ahşap çerçeve, beton döşeme	100	Süreç bazlı	5, 5.3, 5.7	391, 426	Hariç	Mithrarantne ve Vale (2004)
Konut	5	Spanya	Termal köprü kırılmalarına sahip / olmadan metalik çerçeve, Termal köprü kırılmalarına sahip metalik çerçeve 12 mm'den büyük	50	Süreç bazlı	X	36.37, 14.84, 11.91, 13.07	Hariç	Lopez-Ocho ve diğerleri (2018)
Konut	2	Israel	Betonarme	50	Süreç bazlı	8.479	61	Hariç	Huberman ve Pearlmutter (2008)

Tablo 1.2 Alçak binaların gömülü enerjisiyle (GE) ilgili literatüre genel bakış (devamı).

Tip	Kat Sayısı	Konum	Yapı	Ömrü (Yıl)	Yöntem	Bedenlenmiş Enerji (GJ/m ²)	Emisyon (kg CO ₂ /m ²)	Belirsizlik	Kaynak
-	4	İsveçre	Termal köprü kırılmalarının a sahip / olmadan metalik çerçeve, Termal köprü	60	Süreç bazlı	X	7.1, 12.5, 6.1, 7.8	Dahil	Hafliger ve diğerleri (2017)
Konut	1, 2	Avustralya	Beton döşeme, Asma döşeme, Ahşap döşeme	50	Süreç bazlı	X	25254,32365, 22144	Hariç	Ximenes ve Grant (2013)
Konut	4	İsveç	Beton döşeme, Asma döşeme, Ahşap döşeme	50	Süreç bazlı	X	20953, 20966, 20725	Hariç	Wallhagen ve diğerleri (2011)
Ticari	3	Hindistan	Betonarme	50	Süreç bazlı	2.654	450	Hariç	Sharma ve diğerleri (2012)
Konut	1	Hindistan	Betonarme	75	Süreç bazlı	X	X	Hariç	Ramesh ve diğerleri (2012)
Konut	4	Sweden	Hafif ahşap yapı	100	Süreç bazlı	X	27.54	Hariç	Penaloza(2013)

Tablo 1.2 Alçak binaların gömülü enerjisiyle (GE) ilgili literatüre genel bakış (devamı).

Tip	Kat Sayısı	Konum	Yapı	Ömrü (Yıl)	Yöntem	Bedenlenmiş Enerji (GJ/m ²)	Emisyon (kg CO ₂ /m ²)	Belirsizlik	Kaynak
Ticari	2	Amerika Birleşik Devletleri	Ahşap Çerçeve	50	Süreç bazlı	X	0.9, 4.1, 3.7, 0.4, 0.7, 3.2 (×10 ⁵)	Hariç	Milaj ve diğerleri (2017)
Konut	1	Fransa	Betonarme	50, 100	Süreç bazlı	X	8.4, 6.3	Hariç	Lasvaux ve diğerleri (2017)
Ticari	2	Birleşik Krallık	Çelik Çerçeve	80	Süreç bazlı	7.5	X	Hariç	Alwan ve Jones (2014)
Konut	1	Hindistan	Betonarme	50	Süreç bazlı	3.7, 2.29	260 (Tons/m ³)	Hariç	Chel ve Tiwari (2009)
Konut	2	İsveçre	Duvar	50	Süreç bazlı	0.35, 0.82, 0.45	27, 10.5, 9.8	Hariç	Citherlet ve Defaux (2007)
Konut	1 - 4	Hindistan	Betonarme	50	Süreç bazlı	2 - 4.5	X	Hariç	Bansal ve diğerleri (2013)
Konut	2	Avusturya	Duvar	100	Karışık	35.4	X	Hariç	Fay ve diğerleri (2010)
Ticari	1	Spanya	Betonarme	75	Süreç bazlı	0.3283 - 0.5810	X	Dahil	Morales ve diğerleri (2017)
Ticari	2	İtalya	Ahşap Çerçeve	10,15 and 20	Süreç bazlı	8.36, 1.477, 5.014	X	Hariç	Grosso ve Thiebet (2015)
Konut	4	Almanya	Prefabrik		Süreç bazlı	X	-15.4 - 12.9	Hariç	Achenbach (2018)

Tablo 1.2 Alçak binaların gömülü enerjisiyle (GE) ilgili literatüre genel bakış (devamı).

Tip	Kat Sayısı	Konum	Yapı	Ömrü (Yıl)	Yöntem	Bedenlenmiş Enerji (GJ/m ²)	Emisyon (kg CO ₂ /m ²)	Belirsizlik	Kaynak
Ticari	5	Amerika Birleşik Devletleri	Lamine Ahşap, Betonarme	50	Süreç bazlı	8.2, 4.6	2.3 - 2.5, 13 - 20	Dahil	Robertson ve diğerleri (2012)
Konut	1, 2	Hindistan	Betonarme, duvar	50	Süreç bazlı	1.24, 1.02, 4.12, 1.23, 1.8, 1.8, 2.45, 2.43, 2.89, 2.76, 2.04, 3.79, 4.25, 10.51, 2.69, 1.71	X	Hariç	Praseeda ve diğerleri(2016)
Ticari	5	Amerika Birleşik Devletleri	Çelik, yerinde dökme beton	50	Girdi-Çıktı	0.418, 0.939	26	Dahil	Guggemos ve Hovarrh (2005)

Binaların YDD'sinde fonksiyonel birim "metrekare" den "binanın tümü"ne, "termal yalıtım malzemelerinin ağırlığı" ndan "bina kabuğunun yüzey alanı"na kadar çok farklı şekillerde tanımlanan ve ciddi çeşitlilik içeren parametrelerden biridir. Tablo 1.3'te mevcut yaşam döngüsü uygulamalarında en sık kullanılan fonksiyonel birimler gösterilmiştir.

Tablo 1.3 Bina yaşam döngüsü çalışmalarında kullanılan fonksiyonel birimler.

Fonksiyonel Birim	Açıklama	Kategoriler							Referans
		E	GWP	EP	AP	ODP	POCP	Others	
m ³	Net malzeme hacmi	•							Alwan ve Jones (2014)
	Isı yalıtım malzemeleri	•							Dylewski ve Adamczyk (2016)
kg	İnşaat ürünü	•	•				•	•	Lasvaux ve diğerleri (2015)
	Isı direnci R değeri 1 (m ² K / W) sağlayan yalıtım levhasının kütlesi	•	•	•	•	•	•	•	Pargana ve diğerleri (2014)
	Ortalama dış duvar elemanı	•	•	•	•	•	•		Achenbach ve diğerleri (2018)
m ²	Ortalama iç duvar elemanı	•	•	•	•	•	•		Achenbach ve diğerleri (2018)
	Ortalama kat tavan elemanı	•	•	•	•	•	•		Achenbach ve diğerleri (2018)
	Ortalama çatı elemanı	•	•	•	•	•	•		Achenbach ve diğerleri (2018)
	Net yaşam alanı	•	•	•	•	•	•		Achenbach ve diğerleri (2018)
	Yaşam alanı birimi	•	•	•	•	•	•	•	Peuportier (2001)
	Yaşam alanı birimi	•	•						Petrovic ve diğerleri (2019)
	Yaşam alanı birimi	•	•						Penaloza ve diğerleri (2013)
	Yaşam alanı birimi	•	•						Weiler ve diğerleri (2016)
	Isıtmalı taban alanı	•	•			•			Motuziene ve diğerleri (2016)

Tablo 1.3 Bina yaşam döngüsü çalışmalarında kullanılan fonksiyonel birimler (devamı).

Fonksiyonel Birim	Açıklama	Kategoriler							Referans
		E	GWP	EP	AP	ODP	POCP	Others	
m ²	Net Isıtmalı taban alanı	•							Takano ve diğerleri (2015)
	Net taban alanı	•	•						Passer ve diğerleri (2012)
	Kullanılabilir taban alanı	•	•						Sharma ve diğerleri (2012)
	Kullanılabilir taban alanı	•	•						Nautiyel ve diğerleri (2018)
	Brüt taban alanı	•	•						Tavares ve diğerleri (2019)
	Brüt iç kat alanı	•	•						Moschetti ve diğerleri (2019)
	Brüt dış taban alanı		•						Hafner ve Schafer, (2018)
	Yapı bileşeni	•	•	•	•	•	•	•	Marsh (2016)
	Bir yatak odasının dış, termal zarfı	•	•						Monahan ve Powell (2011)
	Dış duvarların tek aile evini çevrelemesi için gerekli alan	•	•					•	Rios ve diğerleri (2019)

Tablo 1.3 Bina yaşam döngüsü çalışmalarında kullanılan fonksiyonel birimler (devamı).

Fonksiyonel Birim	Açıklama	Kategoriler							Referans
		E	GWP	EP	AP	ODP	POCP	Others	
m ²	Yapı		•						Agusti-Juan, (2019)
	Faydalı taban alanı		•						Dahlstrom ve diğerleri (2012)
	Ofislerin, depolama alanlarının, ana perakende ve kafeterya	•	•						Arrigoni ve diğerleri (2019)
	Binanın yaşam alanı		•	•	•	•		•	Hasik ve diğerleri (2019)
	Bina ömrü boyunca yaşam alanı		•	•	•	•	•	•	Monteiro ve Freire (2012)
m ² / year	Binanın enerji referans alanı	•	•	•	•	•	•	•	John (2012)
	Toplam inşaat alanı	•	•	•	•	•	•	•	Evangelista ve diğerleri (2018)
	Müstakil bir evin yaşam alanı		•						Bat ve diğerleri (2017)
	Kişi başı yer alımı	•	•						Tavares ve diğerleri (2019)

Tablo 1.3 Bina yaşam döngüsü çalışmalarında kullanılan fonksiyonel birimler (devamı).

Fonksiyonel Birim	Açıklama	Kategoriler							Referans
		E	GWP	EP	AP	ODP	POCP	Others	
	Yıllık birincil enerji	•							Giordano ve diğerleri (2015)
kWh	Isı kaynağına bağlı olarak termal enerji	•							Dylewski ve Adamczyk (2016)
	Brezilya pavyonu, yapının benzersizliği ve pavyonun iki bölümü tarafından yerine getirilen farklı fonksiyonlar	•	•	•	•	•	•	•	Arrigoni ve diğerleri (2018)
Whole building	Standart özelliklerle donatılmış müstakil ev	•	•						Lawania ve Biswas (2018)
m ²	Yıllık enerji referans alanı		•						Hafliger ve diğerleri (2017)
	Çatı		•						Peterson ve Solberg (2002)

Tablo 1.3 Bina yaşam döngüsü çalışmalarında kullanılan fonksiyonel birimler (devamı).

Fonksiyonel Birim	Açıklama	Kategoriler							Referans
		E	GWP	EP	AP	ODP	POCP	Others	
m ²	Duvar	•	•					•	Ingrao ve diğerleri (2016)
	Dış duvar	•	•						Ben-Alon ve diğerleri (2019)
	Dijital olarak üretilmiş yapı elemanı		•						Agusti-Juan (2019)
	yaklaşık 125 çalışan için çalışma ve destek alanı		•	•	•	•	•		Hasik ve diğerleri (2019)

Bilimsel dergilerde yayınlanan 46 makalede en sık kullanılan birim, farklı şekillerde tanımlanan ve toplam atıfların %61'ini oluşturan “metrekare” olmuştur. Binaların enerji tüketimine odaklanan çalışmalarda “kilovatsaat” de sık kullanılan bir fonksiyonel birimdir. Çalışmanın sonuçlarının başka çalışmalarla karşılaştırılmasını basitleştirmek, fonksiyonel birim seçimindeki en önemli faktörlerden biridir [30]. Binalarda kullanılan fonksiyonel birimi standartlaştırmak için çok çaba sarf edilmiş, ancak şimdiye kadar umut vadeden bir sonuç elde edilememiştir. Bir YDD çalışmasında hesaplanan çevresel etkilerin her birinde, çalışma boyunca kullanılan tek bir fonksiyonel birime atıf yapılması gerekir.

Her ürün kullanım ömrü boyunca çeşitli aşamalardan geçer. Her bir aşama birkaç farklı etkinlikten oluşur. Sanayi ürünleri için bu aşamalar ana hatlarıyla malzeme çıkarma, imalat, kullanım-bakım ve ömrünü tamamlama olarak sıralanabilir. Binalarda ise bütün süreçleri doğru bir şekilde ele alabilmek için araştırmacılar farklı aşamalar kullanmaktadır. Burada binaların beşikten mezara YDD'si tanımlanırken yaygın bir şekilde kullanılan üç yöntemi ele alacağız.

Bayer vd. (2010), binaların yaşam döngüsü değerlendirmesi için dört farklı aşama önermiştir. Bu aşamalar malzeme imalatı, inşaat, kullanım-bakım ve ömrünü tamamlamadır [31]. Malzeme imalatı, hammaddenin topraktan çıkarılması ve imalat yerine getirilmesi, inşaat malzemelerinin imalatı ve bina ürünlerinin üretilmesi, paketlenmesi ve dağıtılmasını içerir. İnşaat aşamasının kapsamına bizzat inşaat projesiyle ilgili bütün faaliyetler girerken, kullanım ve bakım aşamasının kapsamına ise enerji tüketimi, su kullanımı, çevresel atık üretimi, bina müstemilatı ve sistemlerinin tamiri ve yenilenmesi ile bakım ve yenileme için gereken ekipmanın taşınması ve kullanılması dahil olmak üzere bina işletmesiyle ilgili faaliyetler girer. Son olarak, ömrünü tamamlama aşamasında binanın yıkımı ve hafriyatın depolanması ve taşınmasıyla ilgili enerji tüketimi ve atık üretimi söz konusudur. Bayer vd. (2010), binanın gömülü enerjisinin hesaplanmasında öncelikli olarak malzeme imalatı ve inşaat aşamalarının YDD'ye dahil edilmesi gerektiğini belirtir [31].

Yakın zamanda gerçekleştirilen bir çalışmada Petrovic vd. (2019), eksiksiz bir YDD gerçekleştirirken son aşama olarak sistem sınırları dışındaki çevresel ayak izlerini de dikkate almıştır [32]. Bu aşamadaki alt sistemler yeniden kullanım, geri kazanım ve geri dönüşümdür. İlgili aşamalar şu şekildedir: Ürün, inşaat süreci, kullanım, ömrünü tamamlama ve sistem sınırları dışındaki faydalar ve yükler. Ürün aşamasında hammadde tedariki, taşınması ve imalatı olmak üzere üç alt sistem mevcuttur. İnşaat süreci aşamasında şantiyeye ulaştırma ve binaya kurulum, kullanım aşamasında ise bakım, tamir, yenileme, tadilat ve işletme enerjisi kullanımı alt sistemleri mevcuttur. Dördüncü ve son aşama olan ömrünü tamamlama aşaması

ise söküm/yıkım, taşıma, atık teklifi ve atık imhası olmak üzere dört alt sistemden oluşmaktadır. Sonuçlar enerji kullanımı ve su tüketimi dahil edilmeden inşaat malzemesi türünün ve malzemelerin taşınma mesafesinin çevresel etkilerini göstermektedir.

YDD sürecinin karmaşık olmasından ve metraj cetveli gibi gerekli verilerin olmamasından dolayı yaşam döngüsü uzmanlarının çoğu, süreci basitleştirme veya süreçte değişiklikler yapma eğilimindedir. En sık yapılan değişikliklerden biri, toplam çevresel etkiye olan katkısı göreceli olarak düşük olan veya yeterli veri olmadığından etkisini hesaplamanın zor olduğu aşamaları yaşam döngüsü sürecinden çıkararak aşama sayısını azaltmaktır. Mesela B3 (tamir) ve B5 (tadilat), binaların yaşam döngüsü değerlendirmesinde daha az ele alınmaktadır [33]. Tablo 1.4, binaların yaşam döngüsü değerlendirmesinde kullanılan aşamalarla ilgili mevcut literatürü özetlemektedir. 87 vaka çalışmasında en çok kullanılan aşamalar ($\geq 70\%$) ürünlerin ve yan ürünlerin imalatı (A3), ürünlerin şantiyeye taşınması (A4) ve imalat ve kurulum (A5) aşamaları olmuştur. Bu üç aşamayla karşılaştırıldığında daha az kullanılan yaşam döngüsü aşamalarına bakıldığında, çalışmaların %67'sinde hammaddelerin çıkarılması ve işlenmesi (A1), %69'unda fabrika kapısına kadar olan nakliye (A2), %57'sinde kullanım, bakım ve yenileme (B1, B2 ve B4), %63'ünde işletme enerjisi ve su kullanımı (B6 ve B7), %54'ünce ömrünü tamamlama (C1-4) aşamaları ele alınırken, sistem sınırları dışındaki fayda ve yüklere çalışmaların sadece %11'inde yer verilmiştir. Bu tercihler genellikle çalışmanın amacına ve verilerin ulaşılabilirliğine göre yapılmıştır. Örneğin Oregi vd. (2017), ürünlerin şantiyeye ulaştırılması aşamasının en sık kullanılan aşama olduğunu, diğer aşamaların ise daha az kullanıldığını belirtmektedir. Yaşam döngüsü aşamalarının kullanım sıklığındaki farklılıklar, belli bir aşamanın toplam yaşam döngüsü içindeki etkilerinin nispeten düşük olmasından da kaynaklanabilir. Örneğin, Sartori ve Hestnes (2007), Cetiner ve Edis (2014) ve Ostermeyer vd. (2013), inşaat sürecinin yaşam döngüsü enerji kullanımındaki payının genellikle %1 civarında olduğunu göstermiştir [34][35][36].

Tablo 1.4 Mevcut literatürde bina yaşam döngüsü aşamaları.

Kaynak	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B4	B6	B7	C1-4	D
Kadir ve diğerleri (2015)				√	√	√	√	√	√	√		
Blengini ve diğerleri (2010)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Citherlet and Defaux (2007)		√	√				√				√	
Bat ve diğerleri (2017)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Doddo ve diğerleri (2011)	√	√	√						√	√	√	
Evangelista ve diğerleri (2018)					√							
Gustavsson ve diğerleri (2010)	√	√	√	√	√				√	√	√	
Huberman ve Pearlmutter (2008)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Lasvaux ve diğerleri (2015)	√	√	√									

Tablo 1.4 Mevcut literatürde bina yaşam döngüsü aşamaları (devamı).

Kaynak	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B4	B6	B7	C1-4	D
Lasvaux ve diğerleri (2017)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Milaj ve diğerleri (2017)	✓	✓	✓	✓	✓						✓	✓
Monahan ve Powell (2011)				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Moschetti ve diğerleri (2019)						✓	✓	✓	✓	✓		
Motuziene ve diğerleri (2016)						✓	✓	✓	✓	✓		
Nautiyal ve diğerleri (2018)				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Onat ve diğerleri (2014)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Pargana ve diğerleri (2014)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Passer ve diğerleri (2012)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Petrovic ve diğerleri (2019)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Tablo 1.4 Mevcut literatürde bina yaşam döngüsü aşamaları (devamı).

Kaynak	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B4	B6	B7	C1-4	D
Takano ve diğerleri (2015)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Tavares ve diğerleri (2015)	✓	✓	✓	✓	✓							
Sharma ve diğerleri (2012)				✓	✓		✓		✓	✓		
Wallhagen ve diğerleri (2011)			✓						✓	✓		
Weiler ve diğerleri (2016)	✓	✓	✓								✓	
Yan ve diğerleri (2010)				✓	✓							
Wang ve diğerleri (2018)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Nygaard ve diğerleri (2018)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Meneghelli (2018)	✓	✓	✓	✓	✓			✓				
Lolli ve diğerleri (2017)	✓	✓	✓									

Tablo 1.4 Mevcut literatürde bina yaşam döngüsü aşamaları (devamı).

Kaynak	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B4	B6	B7	C1-4	D
Kofoworola ve Gheewala (2008)			√						√	√		
Koezjakov ve diğerleri (2018)	√	√	√	√	√	√			√	√		
Giordano ve diğerleri (2017)	√	√	√	√	√							
Gan ve diğerleri (2018)									√	√		
Gan ve diğerleri (2016)				√	√							
Collinge ve diğerleri (2015)			√									
Ben-Alon ve diğerleri (2019)	√	√	√	√	√							
Di ve diğerleri (2018)											√	
Gardner ve diğerleri (2019)	√	√	√	√	√						√	
Junnla (2016)	√	√	√	√	√							

Tablo 1.4 Mevcut literatürde bina yaşam döngüsü aşamaları (devamı).

Kaynak	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B4	B6	B7	C1-4	D
schlegl ve diğerleri (2019)						√	√	√	√	√	√	
Sirnivasan ve diğerleri (2014)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Ristimäki ve diğerleri (2013)				√	√	√	√	√	√	√		
Pearlmutter ve diğerleri (2007)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Paulsen ve Sposto (2014)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Wu ve diğerleri (2012)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Wu ve diğerleri (2017)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Crawford ve diğerleri (2006)	√	√	√	√	√							
Rauf ve Crawford (2015)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Saynajoki ve diğerleri (2017)	√	√	√	√	√							

Tablo 1.4 Mevcut literatürde bina yaşam döngüsü aşamaları (devamı).

Kaynak	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B4	B6	B7	C1-4	D
Kmetkova ve Krajcik (2015)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
De Meester ve diğerleri (2008)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Arrigoni ve diğerleri (2018)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Azzouz ve diğerleri (2017)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Buyle ve diğerleri (2019)	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓				
De Cozar ve diğerleri (2018)	✓	✓	✓	✓	✓						✓	
Garcia-Ceballos ve diğerleri (2018)				✓	✓							
Guarino ve diğerleri (2016)						✓	✓	✓	✓	✓		
Hasik ve diğerleri (2019)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Tablo 1.4 Mevcut literatürde bina yaşam döngüsü aşamaları (devamı).

Kaynak	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B4	B6	B7	C1-4	D
Karunathilake ve diğerleri (2019)						√	√	√	√	√		
Lopez ve diğerleri (2019)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mourao ve diğerleri (2019)	√	√	√			√	√	√	√	√	√	
Rodrigues ve diğerleri (2018)							√	√				
Tokede ve diğerleri (2018)						√						
Tuleyech ve diğerleri (2018)			√								√	
Vuarnoz ve diğerleri (2018)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Oregi ve diğerleri (2017)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Morales ve diğerleri (2017)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 1.4 Mevcut literatürde bina yaşam döngüsü aşamaları (devamı).

Kaynak	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B4	B6	B7	C1-4	D
Grosso ve Thiebat (2015)	√	√	√									
Achenbach ve diğerleri (2018)	√	√	√	√	√							
Zhang ve diğerleri (2014)			√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Yang and Qi (2016)			√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Whitehead ve diğerleri (2015)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Traverso ve diğerleri (2010)	√	√	√									
Rajagopalan ve diğerleri (2012)				√	√	√	√	√	√	√		
Paleari et al, (2016)	√	√	√	√	√	√		√	√	√		
Mehta et al, (2017)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Davies ve diğerleri (2018)	√	√	√	√	√		√	√				√
Cellura ve diğerleri (2014)			√	√	√	√	√	√	√	√		

Tablo 1.4 Mevcut literatürde bina yaşam döngüsü aşamaları (devamı).

Kaynak	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B4	B6	B7	C1-4	D
Atmaca (2016)				√	√	√	√	√	√	√		
Zeitz ve diğerleri (2019)	√	√	√									
Puettmann ve Wilson (2005)	√	√	√									
Guggemos ve Horvath (2005)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Robertson ve diğerleri (2012)	√	√	√									

ISO 14040'a göre, YDD çalışmasının amacında "planlanan uygulama, çalışmayı gerçekleştirme nedenleri ve hedef kitlenin yanı sıra, sonuçların karşılaştırmalı bir biçimde kamuoyuna açıklanmasının hedeflenip hedeflenmediği" açık bir şekilde belirtilmelidir [37]. Çalışmanın sonraki aşamalarında takip edilecek yolu belirleyeceği için bu kısım YDD'nin en önemli unsurlarından biridir. Çalışma ilerledikçe ürün sistemi hakkında daha fazla bilgi edinileceğinden amaç ve kapsamı yeniden tanımlamak gerekebilir, bu yüzden çalışmanın amaç ve kapsamının olabildiğince açık bir şekilde tanımlanması tavsiye edilmektedir.

YDD projelerinin sonuçları bina düzeyinde karşılaştırılırken kullanılan başlıca özellikler şekil, tasarım veya malzemedir. Uzmanlar genellikle farklı tasarım senaryolarının olası etkilerini karşılaştırmakta veya belli iklim koşullarındaki belli bir bina türü için belirlenen performans ölçütüne göre sonuçları değerlendirmektedir.

Binaların YDD'sinin yapılandırılmasına ve hesaplanmasına yönelik çok sayıda yaklaşım olmakla beraber, bir binanın çevresel etkilerinin başka bir binanın çevresel etkileriyle bire bir karşılaştırılması neredeyse imkansızdır [38]. Bunun nedeni, bina türü, lokasyon özellikleri, iç dekorasyon, bakım kalitesi, enerji verimliliği uygulamaları gibi çok sayıdaki gereksinim ve talep dikkate alındığında, değerlendirilen her bir binanın kullanım şeklinin kendine özgü ve bireysel olmasıdır.

Envanter analizi YDD'nin üçüncü ve genellikle en çok zaman gerektiren kısmıdır ve temel amacı, sistemdeki bütün süreçlerden gelen temel akışlarla ilgili verilerin toplanması ve depolanmasıdır. Binaların yaşam döngüsü envanteri temelde inşaat malzemelerinin hazırlanması, nakliye, inşaat, kullanım-bakım ve yıkım aşamalarından oluşur [39]. Süreç analizine dayalı olarak enerji analizinin yapılması, envanter analizinin önemli unsurlarından biridir ve binanın ürün sisteminin yaşam döngüsü boyunca girdilerinin ve çıktılarının toplanıp sayıya dökülmesiyle ilgilidir.

Yaşam döngüsü envanter analizinden sonra yaşam döngüsü etki değerlendirmesi (YDED) gelmektedir. YDD'nin bu aşamasında amaç, YDE akış sonuçlarına dayalı olarak potansiyel etkilerin boyutlarını değerlendirmektir. Temel etki kategorileri, gözlemlenebilir veya ölçülebilir etkilerin olduğu kategoriler olarak tanımlanır. Genellikle tekrarlamalı bir süreç kullanılarak kapsamda belirtilen etki kategorileri daraltılır ve "temel" kategoriler alt kümesi oluşturulur. YDED aşamasında YDE sonuçlarıyla bağlantılı olan etki kategorilerinin (kütle ve enerji girdileri ve çıktıları) yanı sıra, doğrudan arazi kullanımıyla ilgili etkiler gibi YDİ veri setleri ile bağlantılı olmayan etki kategorilerinin de tespit edilmesi önemlidir.

YDD projelerinin birçoğunda yaşam döngüsü etki değerlendirmesi (YDED) karakterizasyon süreci ile sonlandırılır; ISO 14044:2006'ya göre zorunlu ve kapsamlı aşamaların sonuncusu budur [40]. Ancak Sharma vd. (2011), YDD çalışmasının amaçlarına bağlı olarak uygulayıcıların yukarıdaki zorunlu adımlara ek

olarak normalizasyon, gruplandırma ve ağırlıklandırma da yapabileceğini belirtir [41].

Tablo 1.5'te sera gazları, ana kirleticiler ve binanın enerji gereksinimi gibi parametreler dikkate alınarak binaların iç çevre kalitesiyle ilgili mevcut literatür ana hatlarıyla özetlenmiştir. 38 vaka çalışmasının neredeyse tamamında iç hava kalitesi göstergeleri olarak enerji ve CO₂-eq kullanılmış, ancak incelenen çalışmaların %50'sinden fazlasında kısmen veya tamamen yer verilen ana kirleticiler de önemli bir ilgi odağı olmuştur. Bu durum, iç çevre kalitesinin binaların yaşam döngüsü değerlendirmesine dahil edilmesinde altı ana kirleticinin önemini göstermektedir.

Tablo 1.5 Binaların envanter analiziyle ilgili literatüre genel bakış.

Referans	Dikkate alınan parametreler		
	Enerji	Sera Gazları	Birincel kirleticiler
Schlegl ve diğerleri (2019)	√	GWP (CO ₂ -eq)	-
Kua ve Wong (2012)	√	CO ₂ , CH ₄	-
Aye ve diğerleri (2011)	√	GWP (CO ₂ -eq)	-
Shah ve diğerleri (2008)	√	GWP (CO ₂ -eq)	PM _{2.5} -eq
Monahan ve Powell (2011)	√	GWP (CO ₂ -eq)	-
Filimonau ve diğerleri (2011)	√	GWP (CO ₂ -eq)	-

Tablo 1.5 Binaların envanter analiziyle ilgili literatüre genel bakış (devamı).

Referans	Dikkate alınan parametreler		
	Enerji	Sera Gazları	Birincel kirleticiler
Utama ve Gheewala (2009)	√	-	-
Upton ve diğerleri (2008)	√	CO ₂	-
Tulevech ve diğerleri (2018)	√	CO ₂ -eq, CFC ₁₁ -eq	SO ₂ -eq
Trabucco ve diğerleri (2016)	√	GWP (CO ₂ -eq)	-
Tingley ve Davison (2012)	√	GWP (CO ₂ -eq)	-
Ramirez-Villegas (2019)	√	GWP (CO ₂ -eq)	-
Tetty ve diğerleri (2018)	√	-	-
Petrovic ve diğerleri (2019)	√	CO ₂ -eq, CFC ₁₁ -eq, C ₂ H ₄ -eq	SO ₂ -eq
Bastos ve diğerleri (2014)	√	GWP (CO ₂ -eq)	-
Taborianski ve Prado (2012)	√	CO ₂	-
Radhi ve Sharples (2013)	√	GWP (CO ₂ -eq)	-
Jonsson (2000)	-	-	O ₃
Dorger ve Weber (2009)	√	GWP (CO ₂ -eq)	-
Yung ve diğerleri (2013)	√	-	-

Tablo 1.5 Binaların envanter analiziyle ilgili literatüre genel bakış (devamı).

Referans	Dikkate alınan parametreler		
	Enerji	Sera Gazları	Birincel kirleticiler
Asif ve diğerleri (2007)	√	GWP (CO ₂ -eq)	SO ₂ -eq, NO ₂ -eq
Ortiz ve diğerleri (2009)	-	CO ₂ -eq, CFC ₁₁ -eq	SO ₂ -eq
Wallhagen ve diğerleri (2011)	√	GWP (CO ₂ -eq)	-
Kneifel (2010)	√	GWP (CO ₂ -eq)	-
Dimoudi ve Tompa (2008)	√	GWP (CO ₂ -eq)	SO ₂ -eq
Rossi ve Sales (2014)	√	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	CO
Peterson ve Solberg (2002)	√	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	-
Sinha ve Kutnar (2012)	√	GWP (CO ₂ -eq)	-
Lutzkendorf ve diğerleri (2015)	√	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, SF ₆ , HFC, PFC, CFC ₁₁ -eq, HCFC	-
Kofoworola ve Gheewala (2008)	√	CO ₂ -eq, C ₂ H ₄ -eq	SO ₂ -eq
Junnla ve Hovarth (2003)	-	GWP (CO ₂ -eq)	SO ₂ -eq, H ₂ C ₄ -eq, Pb _{eq}
Guggemos ve Horvath (2005)	√	CO ₂	CO, NO _x , PM ₁₀ , SO ₂
Ortiz ve diğerleri (2012)	√	CO ₂ -eq, CFC ₁₁ -eq	SO ₂ -eq
Heinonen ve Junnila (2011)	√	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, SF ₆ , HFC, PFC	-

Tablo 1.5 Binaların envanter analiziyle ilgili literatüre genel bakış (devamı).

Referans	Dikkate alınan parametreler		
	Enerji	Sera Gazları	Birincel kirleticiler
Xing ve diğerleri (2008)	√	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CFC	O ₃ , CO, NO _x , PM ₁₀ , SO _x
Zhan ve diğerleri (2018)	√	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	- ¹
Van Ooteghem ve Xu (2012)	√	GWP (CO ₂ -eq)	-

Yaşam döngüsü değerlendirmesinin tekrarlamalı bir süreç olması, binanın her bir yönünü temsil edecek çok sayıda hesaplamanın yapılmasını gerektirmektedir [42]. Kapsamlı bir yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılabilmesi için büyük önem taşıdıklarından, bu verilerin erişilebilir olması gerekir. Bu yüzden verilerin saklanması ve mümkün olan her yerden erişilebilmeleri için veri tabanları oluşturulmuştur. Binalarla ilgili YDD çalışmaları yapılırken karşılaşılan önemli sınırlılıklardan biri de güncel veri tabanlarına erişim sağlamaktır. Tablo 1.6, binaların yaşam döngüsü değerlendirmesinde en sık kullanılan yaşam döngüsü envanteri veri tabanlarıyla, en sık kullanılan üç yazılım paketi hakkındaki literatürü özetlemektedir.

Tablo 1.6 Mevcut envanter veri tabanları ve bina YDD'si yazılım paketleriyle ilgili literatüre genel bakış.

Referans	Veritabanı					Yazılım		
	US LCI	Ecoinvent	University of Bath ICE	Australian material inventory database	Other databases	SimaPro	GaBi	ATHENA
Lyslo ve diğerleri (2016)		√				√		
Acquaya ve diğerleri (2011)					√			
Aye ve diğerleri (2011)				√		√		
Du ve diğerleri (2015)	√							
Georges ve diğerleri (2015)		√				√		
Giordano ve diğerleri (2017)			√					
Li ve diğerleri (2019)				√				
Meneghelli (2018)			√			√		
Monahan ve Powell (2011)	√	√	√			√		
Monteiro ve diğerleri (2016)		√						
Pomponi ve diğerleri (2015)		√	√			√		

Tablo 1.6 Mevcut envanter veri tabanları ve bina YDD'si yazılım paketleriyle ilgili literatüre genel bakış (devamı).

Referans	Veritabanı					Yazılım		
	US LCI	Ecoinvent	University of Bath ICE	Australian material inventory database	Other databases	SimaPro	GaBi	ATHENA
Scheuer ve diğerleri (2003)	√	√			√	√		
Wang ve diğerleri (2018)		√						
Wralsen ve diğerleri (2018)		√						
Agusti-juan (2019)		√				√		
Ben-alon ve diğerleri (2015)	√	√				√		
Blengini ve De Carlo (2010)		√				√		
Bat ve diğerleri (2017)		√				√		
Crawford ve diğerleri (2004)				√				
Dahlstrom ve diğerleri (2012)		√				√		
Seo ve diğerleri (2016)					√			
Evangelista ve diğerleri (2018)		√						
Giordano ve diğerleri (2015)			√					
Hafliger ve diğerleri (2017)		√			√			

Tablo 1.6 Mevcut envanter veri tabanları ve bina YDD'si yazılım paketleriyle ilgili literatüre genel bakış (devamı).

Referans	Veritabanı					Yazılım		
	US LCI	Ecoinvent	University of Bath ICE	Australian material inventory database	Other databases	SimaPro	GaBi	ATHENA
Monahan ve Powell (2011)					√			
Ingrao ve diğerleri (2016)		√				√		
Lasvaux ve diğerleri (2015)		√			√			
Lasvaux ve diğerleri (2017)		√			√			
Lee ve diğerleri (2011)					√			√
Milaj ve diğerleri (2017)	√							√
Monteiro ve Freire (2012)					√	√		
Moschetti ve diğerleri (2019)		√				√		
Montuzeit ve diğerleri (2016)						√		
Napolano ve Menna (2015)		√				√		
Pargana ve diğerleri (2014)		√			√	√		
Passer ve diğerleri (2012)		√						
Tulevech ve diğerleri (2018)		√			√	√		

Tablo 1.6 Mevcut envanter veri tabanları ve bina YDD'si yazılım paketleriyle ilgili literatüre genel bakış (devamı).

Referans	Veritabanı					Yazılım		
	US LCI	Ecoinvent	University of Bath ICE	Australian material inventory database	Other databases	SimaPro	GaBi	ATHENA
Karunathilake ve diğerleri (2019)		√				√		
Huang ve diğerleri (2018)		√						
Garcia-ceballos ve diğerleri (2018)		√				√		
De Cozar ve diğerleri (2018)		√						
Buyle ve diğerleri (2019)		√				√		
Arrigoni ve diğerleri (2018)		√						
Alvarez-rodriguez ve diğerleri (2019)		√						
Grosso ve Thiebat, (2015)			√					
Oviir (2016)					√		√	
Vuarnoz ve diğerleri (2018)		√			√			
Weißberger ve diğerleri (2014)		√			√	√	√	
Achenbach ve diğerleri (2018)		√			√		√	
Atmaca (2016)			√					

Tablo 1.6 Mevcut envanter veri tabanları ve bina YDD'si yazılım paketleriyle ilgili literatüre genel bakış (devamı).

Referans	Veritabanı					Yazılım		
	US LCI	Ecoinvent	University of Bath ICE	Australian material inventory database	Other databases	SimaPro	GaBi	ATHENA
Haynes (2013)			√					
Hennequin ve diğerleri (2019)		√				√		
Lawania ve Biswas (2018)				√				
Li ve diğerleri (2017)			√					
Mehta ve diğerleri (2017)			√					
Menna ve diğerleri (2013)					√			
Paleari ve diğerleri (2016)		√				√		
Pommier ve diğerleri (2016)		√						
Cole (1999)					√			√
Collinge ve diğerleri (2015)	√	√						√
Vukotic ve diğerleri (2016)			√					
Worth (2007)					√			
Winistorfer ve diğerleri (2006)					√			
Van Ooteghem ve Xu (2012)					√			√

Tablo 1.6 Mevcut envanter veri tabanları ve bina YDD’si yazılım paketleriyle ilgili literatüre genel bakış (devamı).

Referans	Veritabanı					Yazılım		
	US LCI	Ecoinvent	University of Bath ICE	Australian material inventory database	Other databases	SimaPro	GaBi	ATHENA
Bhochhibhoya ve diğerleri (2017)		√				√		
Ipsen ve diğerleri (2019)		√						
Lasvauz ve diğerleri (2016)		√						

Literatürdeki çalışmaların %59’unda atıf yapılan meşhur yaşam döngüsü envanteri yazılımı Ecoinvent, en sık kullanılan bilgisayar destekli platform olmuştur. Avrupa’da en sık kullanılan yazılım olan SimPro’ya çalışmaların %40’ında atıf yapılmıştır. İngiltere merkezli Bath Üniversitesi Karbon ve Enerji Envanteri’ne çalışmaların %20’inde atıf yapılırken, belli başlı yaşam döngüsü envanteri veri tabanlarından olan ABD Yaşam Döngüsü Envanteri’ne bina yaşam döngüsü envanteri çalışmalarının %7,5’inde atıf yapılmıştır. Avustralya Materyal Envanteri Veri Tabanı, Gabi ve diğer veri tabanlarına ise sırasıyla çalışmaların %3, %7,5 ve %8’inde atıf yapılmıştır.

Binalardaki bütün malzemelerle ilgili güvenilir yaşam döngüsü envanteri verileri olmadığı için, veriler konusunda dünya genelinde büyük bir açık bulunmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler için ise bu açık daha ciddi boyutlardadır. Bu yüzden YDD çalışmalarında uluslararası veriler veya SimPro ve GaBi gibi bilgisayar programları kullanılmıştır. Uluslararası veri tabanları ve bilgisayar programları ise, hava

koşulları, imalat süreçleri ve yakıt kaynakları gibi açılardan bölgesel farklılıkları yansıtmada başarılı olamayabilir [43].

Mevcut literatür dikkatli bir şekilde gerçekleştirilmiş kıymetli çalışmalardan oluşmakla beraber, kullanılan yöntemlerin farklı oluşu kesin sonuçlar çıkarmayı zorlaştırmaktadır. Farklı coğrafi bölgelerdeki farklı bina formlarını ve kullanım ömürlerini yeterli bir şekilde dikkate alan ortak bir yöntem mevcut değildir. Ayrıca birçok çalışmada temel veri kaynağı olarak ticari ve resmi veri tabanları kullanılmıştır ve birinci elden yerel verilere çok az yer verilmiştir. Bu veri açığı sayısal sonuçlarda ciddi bir belirsizlik ihtimaline işaret etmektedir, ancak bu husus birçok yayında yeterince dikkate alınmamıştır. Sadece yayınlanan sonuçların güvenilirliğini anlamak için değil, veri toplama ve karşılaştırma çabalarına yardımcı olması açısından da YDD çalışmalarında belirsizliğin rapor edilmesi önemlidir.

Mevcut çalışmalarda salınımların ölçülmesine büyük önem verilmektedir ancak belirsizlikler konusunun daha çok incelenmesine ihtiyaç vardır. Yaşam döngüsü değerlendirmesinde belirsizlikler genellikle veri girişi hatalarından, sistem sınırları ile senaryo varsayımları arasındaki uyumsuzlıklardan ve YDD modeli seçiminden kaynaklanmaktadır; bunlara kısaca parametre, senaryo ve model kaynaklı belirsizlikler de denebilir. YDD araştırmacıları belirsizlik analizi konusuna gittikçe daha fazla önem vermeye başlamıştır [44][45]. Ancak mevcut çalışmalar daha çok parametre belirsizliğinin değerlendirilmesine vurgu yapmaktadır ve inşaat aşamasının temel odak noktası olduğu bina salınımları ile ilgili çalışmalar yeterli ve tatmin edici olmaktan uzaktır. Tablo 1.7, mevcut literatürden yola çıkılarak yapılan önerileri liste halinde sunmaktadır.

Tablo 1.7 Literatürdeki bulgulardan yola çıkılarak yapılan öneriler.

Parametere	Literatür taramasına dayalı öneriler
Ömrü	Etki analizinin doğruluğunu arttırmak için aşağıdakilere bağlı olarak en uygun oran sağlanmalıdır: YDD'nın türü. Düşük değerler gerçek dışı olabilir ve sonuçların belirsizliğini artırabilir.
Fonksiyonel Birim	Farklı tanımlarla daldırılmış bir varyasyon vardır, ancak literatürün çoğunluğunun kapsamına bağlı olarak m ² , m ² / yıl ve kWh en sık kullanılan fonksiyonel birimlerdir.
YDA aşamaları	B3 (onarım) ve B5 (Yenileme) daha az dikkate alınan aşamalar olmakla birlikte, ürün ve ürün imalatı (A3), ürünlerin sahaya (A4) taşınması ve İnşaat ve kurulum (A5) aşamaları, binaların yaşam döngüsü değerlendirmesi.
YDA Fazları	Binaların kullanım aşaması yaşam döngüsü etkilerinin çoğunu oluşturmaktadır, ancak inşaat aşamasının özellikle enerji tasarruflu evlerde büyük rol oynayabileceğine dair göstergeler vardır.
Etki kategorileri	Enerji kullanımı ve sera gazı emisyonları (GWP) mevcut literatürün ana odağıdır
Yaşam döngüsü veritabanları ve yazılımları	Ecoinvent, en sık kullanılan veritabanlarından yararlandı. Avrupa'da en sık kullanılan yazılım olan SimaPro, literatürün% 40'ını çekti. İngiltere merkezli karbon ve enerji banyo envanteri literatürün% 20'sine sahipken, Yaşam döngüsü envanteri için en büyük veritabanlarından biri olan ABD envanter veritabanı, binanın yaşam döngüsü envanteri hakkındaki literatürün% 7,5'ini topladı.

Binaların gömülü enerjisi konusuna büyük bir ilgi olmakla beraber, hem ticari hem de konut amaçlı binaların özellikle de kullanım aşamasındaki işletme enerjisiyle ilgili bilgilere literatürde nadiren rastlanmaktadır. Binaların toplam enerji gereksinimi içinde işletme enerjisinin payı konusuna yer veren ve yakın zamanda gerçekleştirilen çalışmalardan bazıları Kovacic vd. (2018), Mourão vd. (2019), Tevis vd. (2019), Macias vd. (2017) ve Stephan ve Stephan (2016) olarak sıralanabilir [46][47][48][49][50]. İşletme enerjisinin termodinamik özellikleri karmaşık bir konu olmakla beraber, temsil kabiliyetine sahip modeller oluşturmaya çalışmak süreci daha iyi anlamamıza yardımcı olabilir. Bu yüzden, kavramları tam ölçekli binalara aktarmadan önce model sonuçları farklı işletme verileri üzerinden değerlendirilebilir. Ayrıca en uygun modelin seçilmesi, olası teknik kusurların planlama aşamasında fark edilmesine ve binaların işletme maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlayabilir.

1.2 Tezin amacı

Bu çalışma kapsamında iç çevre kalitesi iki farklı şehirde yaşam döngü analizinin nasıl etkileyecek amacı ile düzenlenmiş. Mart ayından 2020 Haziran ayının başlarına kadar yüksek katlı konut sakinlerine, yani 18 yaş ve üstü halka, çevrimiçi bir anket dağıtıldı. Mevcut literatürün titiz bir şekilde incelenmesi, Türkiye'deki LCA çalışmalarının çoğunun İstanbul metropol bölgesinde yer alan vaka çalışmaları için yapılmış ve diğer büyük şehirlerde yer alan vaka çalışmalarına odaklanma fırsatı bırakmıştır [51][52][53][54][55][56][57]. Bu vaka çalışmalarının çoğu Tahran metropol alanı için yapıldığından, araştırmanın büyük bir kısmı için aynı senaryo İran'da gözlemlenmektedir [58][59][60][61]. Bu bağlamda ve literatür boşluğunun küçük bir bölümünü kapsamak için, İran'da Tebriz Şehirleri ve Türkiye'de Ankara'da 1.559.000 ve 3.517.182 kişi seçildi.

1.3 Hipotez

Bu çalışma, iç çevre kalitesi iki farklı şehirde yaşam döngü analizinin nasıl etkileyeceğini amaçlandırır. Mart ayından başlayarak, Haziran ayının sonlarına kadar, yüksek katlı konut sakinlerine, çevrimiçi bir anket dağıtıldı ve sakinlerin iç çevre kalitelere hakkında aldıkları algılar değerlendirildi. Mevcut literatür titiz bir şekilde incelendikten sonra, İrandaki YDA çalışmalarının çoğunun Tahran metropol bölgesinde yapılmış olduğu neden ile, ülkedeki diğer büyük şehirler genellikle araştırılmamış [63][64][65][66]. Benzer şekilde Türkiyede, YDA çalışmalarının büyük bir kısmında sadece İstanbul'a yapılırken, diğer büyük şehirler göz altına alınmamış [67][68][69][70]. Bu bağlamda ve literatür boşluğunun kapsamak için, İran'da Tebriz ve Türkiye'de Ankara şehri hedef değerlendirme şehirleri olarak seçildi.

ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ VE ANKET SONUÇLARI

2.1 Anket ve Araştırma Yöntemi

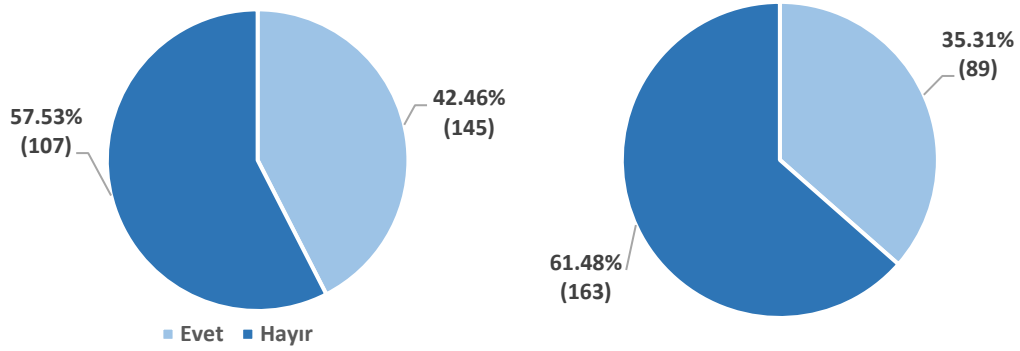
2020 Mart'ından Haziran başına kadar olan dönemde, konut amaçlı yüksek binaların 18 yaş üzerindeki sakinlerine çevrim içi bir anket gönderilmiştir. Mevcut literatür dikkatli bir şekilde incelendiğinde, Türkiye'deki YDD çalışmalarının çoğunun İstanbul şehir merkezindeki örneklerle odaklandığı, diğer büyük şehirlerdeki örnekleri göz ardı ettiği görülmektedir [71][72][73][74]. Aynı durum, mevcut çalışmaların büyük çoğunluğunun Tahran şehir merkezindeki örneklerle odaklandığı İran için de geçerlidir [75][76][77][78]. Bunu dikkate alarak ve literatürdeki açığı bir nebze de olsa gidermek adına, bu çalışmada nüfusları sırasıyla 1.559.000 ve 3.517.182 olan İran'dan Tebriz ve Türkiye'den Ankara şehirleri seçilmiştir. Anlamlı bir örneklem büyüklüğüne erişebilmek için, Türkiye ve İran'dan belirlenen şehirler için istatistiksel gücü dikkate alan örneklem büyüklüğü hesabı yapılmıştır. Bu amaçla Raosoft çevrim içi örneklem büyüklüğü hesaplama aracı kullanılmıştır (<http://www.raosoft.com/samplesize.html>). Örneklem büyüklüğüyle ilgili ayrıntılı bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur. İstatistiksel gücü dikkate alarak yapılan hesaplamada, güven düzeyi %95 ve güven aralığı 6,17 olduğundan her iki şehirden 253 kişilik bir örneklem bu şehirlerin nüfuslarını temsil kabiliyetine sahip olacağı anlaşılmıştır.

Tablo 2.1 Belirlenen şehirler için istatistiksel güce göre örnekleme büyüklüğü.

Şehir	Nüfus	Güven seviyesi	Güven aralığı	Numune büyüklüğü
Ankara	3,517,182	95%	6.17	253
Tebriz	1,559,658	95%	6.17	253

2.2 Anket Bulguları

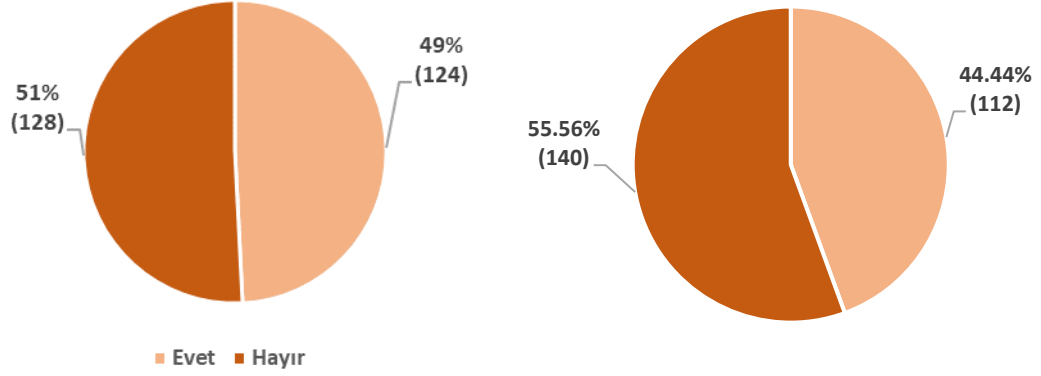
Şekil 2.1, çevreyle ilgili konularda eğitim almış katılımcıların yüzdelerini göstermektedir. Şekil 2.1’de görüldüğü üzere, Tebriz’de %57,53 ve Ankara’da %61.48 olmak üzere katılımcıların çoğu çevreyle ilgili konularda eğitim almıştır.



Şekil 2.1 Tebriz’de (sol) ve Ankara’da (sağ) çevreyle ilgili konularda eğitim almış katılımcı sayıları.

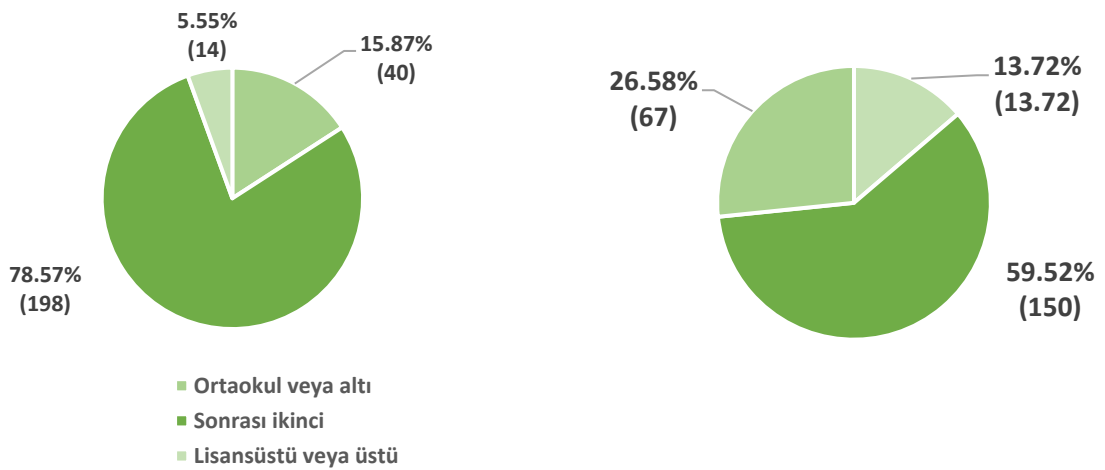
Şekil 2.2, binalarla ilgili sektörlerde çalışan katılımcıların dağılımını göstermektedir. Şekil 2.2’de görüldüğü üzere Tebriz’de katılımcıların yaklaşık yarısı (%51) binalarla ilgili sektörlerde çalışırken Ankara’da ise %55,56 ile bu oran biraz daha yüksektir. İran hükümetinin 2019 tarihli resmî raporuna göre, Tebriz nüfusunun %18,8 ve %15’i sırasıyla “İnşaat” ve “Emlak” sektörlerinde çalışmakta ve bu çalışanlar beraberce şehirdeki ve emlak sektörlerinde çalışanların oranı sırasıyla %7,7 ve

%12,3'tür ve bu sektörlerde çalışanlar nüfusun toplam %20'sini oluşturmaktadır [79]. nüfusun %33,8'ini oluşturmaktadır [80]. Türkiye'de ise inşaat



Şekil 2.2 Tebriz (sol) ve Ankara'da (sağ) binalarla ilgili sektörlerde çalışan katılımcı sayıları.

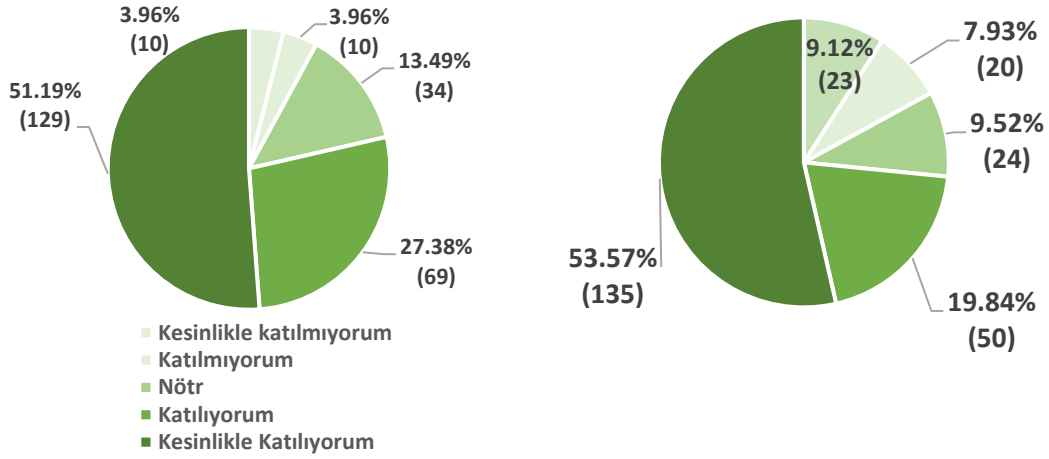
Şekil 2.3'de görüldüğü üzere katılımcıların çoğu (%78,58) ön lisans veya lisans eğitimi aldıklarını belirtmiştir. Ortaöğretim mezunu olduklarını ve lisansüstü eğitim aldıklarını belirten katılımcıların oranları ise sırasıyla %15,87 ve %5,55'tir. Ön lisans veya lisans eğitimi aldıklarını belirten katılımcıların oranının yüksek olması (toplamda %78,58), katılımcıların çoğunun yüksek bir eğitim seviyesine sahip olduğunu ve anketin içeriği anlayabilecek durumda olduklarını göstermektedir.



Şekil 2.3 Tebriz (sol) ve Ankara'daki (sağ) katılımcıların eğitim düzeyleri.

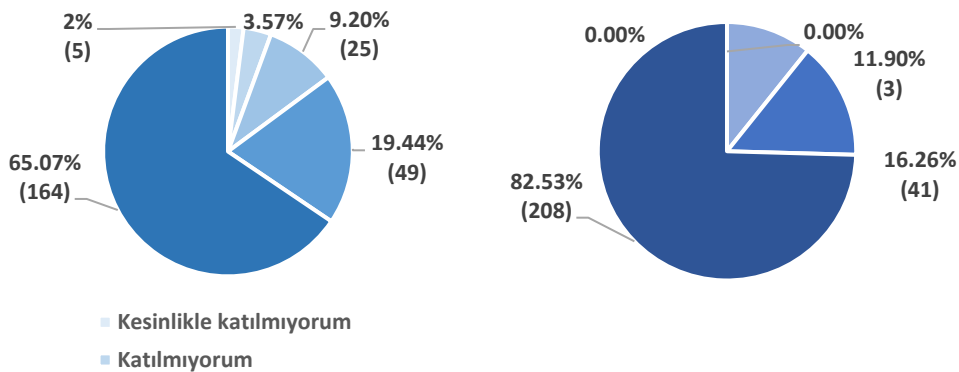
2.3 Yeşil Binaların Önemi

Bu bölümde katılımcıların yanıtlarından yola çıkılarak konut amaçlı binaların çevresel performansı ile ilgili sonuçlar sunulacaktır. Şekil 2.4’de görüldüğü üzere, katılımcıların çoğu (%78,57) çevresel performansı yüksek olan konut amaçlı binaların çevrenin korunmasına katkı sağlayacağına katıldıklarını veya tamamen katıldıklarını belirtmiştir.

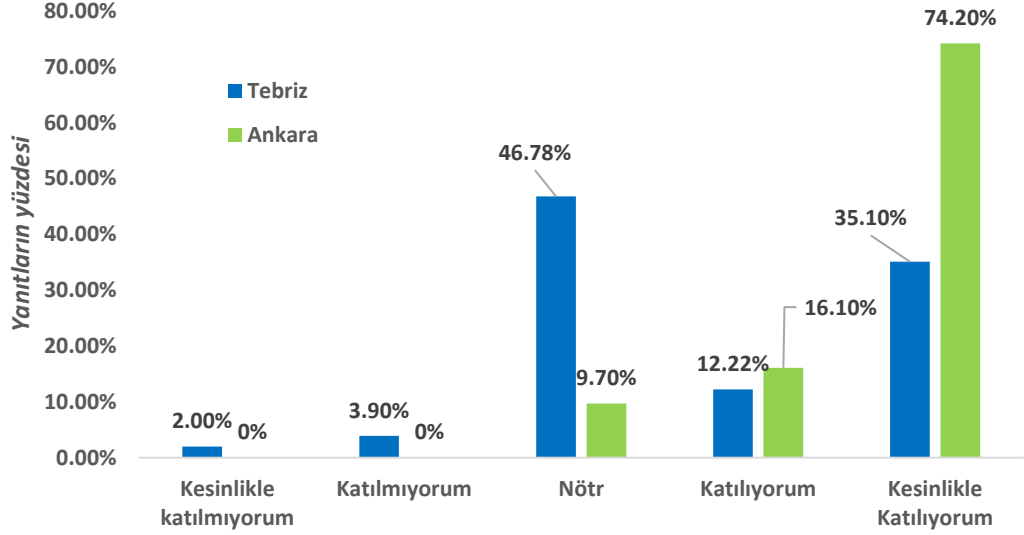


Şekil 2.4. ‘Çevresel performansı yüksek olan konut amaçlı binaların çevrenin korunmasına katkı sağlayıp sağlamayacağı’ konusunda Tebriz (sol) ve Ankara’daki (sağ) katılımcıların görüşleri.

Şekil 2.5’de katılımcıları ülkelerindeki konut amaçlı binaların durumuyla ilgili algıları gösterilmektedir. Katılım yüzdeleri ve Ankara ile Tebriz’den katılım oranları yüksek olduğu için, burada iki ülke arasındaki karşılaştırma sunulmuştur.



Şekil 2.5. ‘Ülkemdeki binalar daha yeşil olmalı’ önermesiyle ilgili Tebriz (sol) ve Ankara’daki (sağ) katılımcıların görüşlerin.



Şekil 2.6 Katılımcıların, ülkelerindeki konut amaçlı binaların çevresel performansının yüksek olmasının önemli olup olmadığıyla ilgili görüşleri.

Şekil 2.6’da katılımcıların, iki ülkedeki konut amaçlı binaların yüksek bir çevresel performansa sahip olmasının önemiyle ilgili algıları gösterilmiştir. Türkiye’deki katılımcıların büyük bir çoğunluğu (%90,3) yukarıdaki önermeye tamamen katıldıklarını belirtirken, İran’daki katılımcıların sadece %47,3’ü bu konunun önemine katıldıklarını veya tamamen katıldıklarını belirtmiştir. İran’daki katılımcıların çoğunluğu ya kararsız kalmış ya da konunun önemine kısmen katılmıştır; bu durum, kamuoyunda yeterli farkındalığın olmamasına ve hükümetin konunun önemini vurgulama konusundaki çabalarının yetersiz olmasına bağlanabilir [81][82].

Yukarıdaki sorulara verilen yanıtların gösterdiği üzere, katılımcıları çoğunun çevresel performansı yüksek olan konut amaçlı binalara yönelik algısı olumludur. Katılımcılar Türkiye ve İran’daki konut amaçlı binaların çevresel performanslarını artırmayı hedef olarak belirlemesi gerektiği ve konut amaçlı binaların çevresel performans açısından ciddi bir iyileştirmeye ihtiyaç duyduğu görüşlerine katılmaktadır.

2.4 Konut Amaçlı Binaların Çevresel Performansını Etkileyen Faktörler

Konut amaçlı binaların performansını etkileyen faktörler literatürden tespit edilmiş [83][84][85][86][87][88][89][90][91][92] ve be faktörlerin konut amaçlı binaların çevresel performansını belirlemedeki rollerini incelemek için katılımcılardan her bir faktörün önem derecesini 1 ile 5 arasında bir rakam seçerek (1 = fazla önemli değil, 5 = çok önemli) belirtmeleri istenmiştir. Her bir cevabın yüzdesini sayısal değeriyle çarpıp sonra da bu beş kategorinin puanlarını toplayarak elde edilen sıralamaya göre 10 faktör şu şekilde sıralanmıştır:

Tablo 2.2 Konut amaçlı binaların çevresel performansını etkileyen faktörlerin sıralanması.

Sıra	Konut binalarının çevresel performansını etkileyen faktörler	Puanlar	
		Tebriz	Ankara
1	Enerji tasarrufu	4.238	4.756
2	Sera gazı (SG) emisyonlarını en aza indirin veya azaltın	4.099	4.564
3	Mahalle alanının olumsuz çevresel etkilerini en aza indirmek veya azaltmak	3.965	4.325
4	İsrafi azaltmak	3.936	3.882
5	İç mekan ortam kalitesini sağlamak	3.919	3.875
6	Çevresel etkileri ve kirliliği en aza indirin veya azaltın	3.899	3.869
7	Su tüketiminden tasarruf edin	3.840	3.868
8	Doğal kaynakları koruyun	3.745	3.802

Tablo 2.2 Konut amaçlı binaların çevresel performansını etkileyen faktörlerin sıralanması (devamı).

9	Binaların yaşam döngüsü boyunca ekolojik etkileri en aza indirin veya azaltın	3.714	3.792
10	Yenilenebilir enerji tesislerini kullanın	3.658	3.652

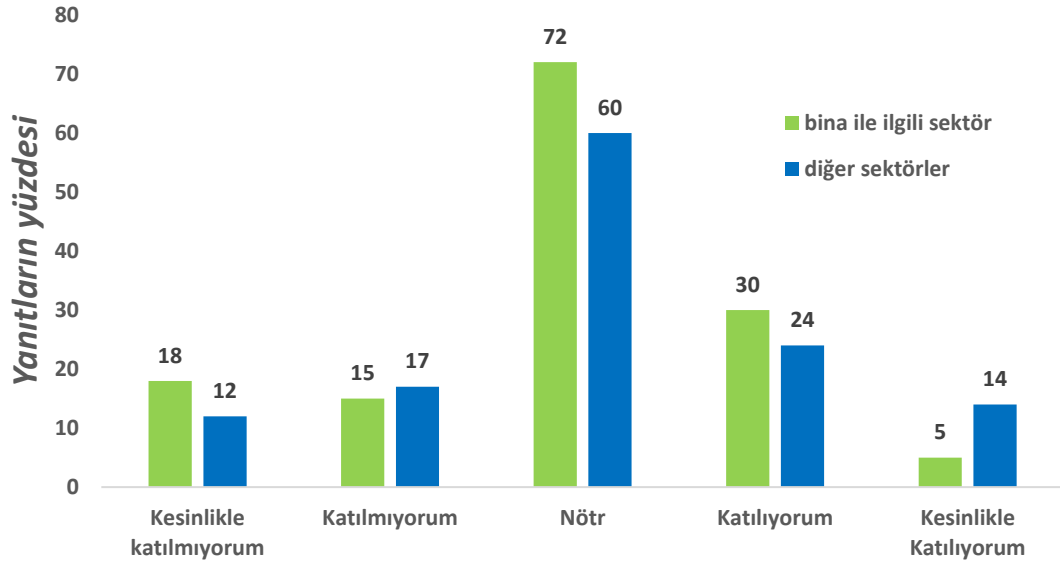
Konut amaçlı binaların performansını etkileyen önemli parametrelerin sıralanması sonucunda, katılımcılar tarafından önem bakımından ilk beş sıraya yerleştirilen faktörlerin ‘Enerji tasarrufu’, ‘Sera gazı salınımının en aza indirilmesi veya azaltılması’, ‘Mahalle üzerindeki olumsuz çevresel etkilerin en aza indirilmesi veya azaltılması’, ‘Atıkların azaltılması’ ve ‘İç çevre kalitesinin artırılması’ olduğu görülmüştür. Katılımcıların konut amaçlı binalarla ilgili algıları, bu binaların Türkiye ve İran’daki mevcut durumlarıyla uyumludur. Her iki ülkedeki binalar da büyük oranda doğal gaz ve fosil yakıt kullanmaktadır. İran’da binaların yaklaşık %66’sı enerji kaynağı olarak doğal gazı kullanmakta ve İran’ın sera gazı salınımının yaklaşık %45’ini oluşturmaktadır [92]. Türkiye’de ise doğal gaz binaların enerji kaynağının neredeyse %80’ini oluşturmaktadır.

2.5 Ankara’daki Konut Amaçlı Binaların Çevresel Performansı ile İlgili Algılar

İki farklı katılımcı grubu istatistiksel olarak incelenmiştir. Birinci grup binalarla ilgili sektörlerde çalışanlardan (toplam 123 katılımcı), ikinci grup ise binalarla ilgili sektörlerde çalışmayanlardan (toplam 129 katılımcı) oluşmaktadır. Binalarla ilgili sektörlerde çalışanların, konut amaçlı binaların çevresel performansını daha iyi anlayacağı varsayılmıştır.

Yanıtlar arasında anlamlı farklılıkların olup olmadığını daha iyi anlamak için Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Mann-Whitney U testi, binalarla bağlantılı katılımcılarla (ortalama sıralama = 82,35, n = 140) binalarla bağlantısız

katılımcıların (ortalama sıralama = 83,11, n = 112) ‘yeşil bina sertifikası alan binaların gerçekten yeşil performans sergileyip sergilemediği’ konusundaki görüşleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığını göstermiştir (U = 1608,00, z = -0,084 beraberlikler için düzeltmeli, p = 0,95 iki uçlu). 0,1’in altında bir r değeri olduğu için etkinin “çok küçük” olduğu söylenebilir (r = 0,0052). Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların görüşlerinin dağılımı Şekil 2.7’de gösterilmiş, Mann-Whitney U testinin tam sonuçları ise Ek A’da verilmiştir.

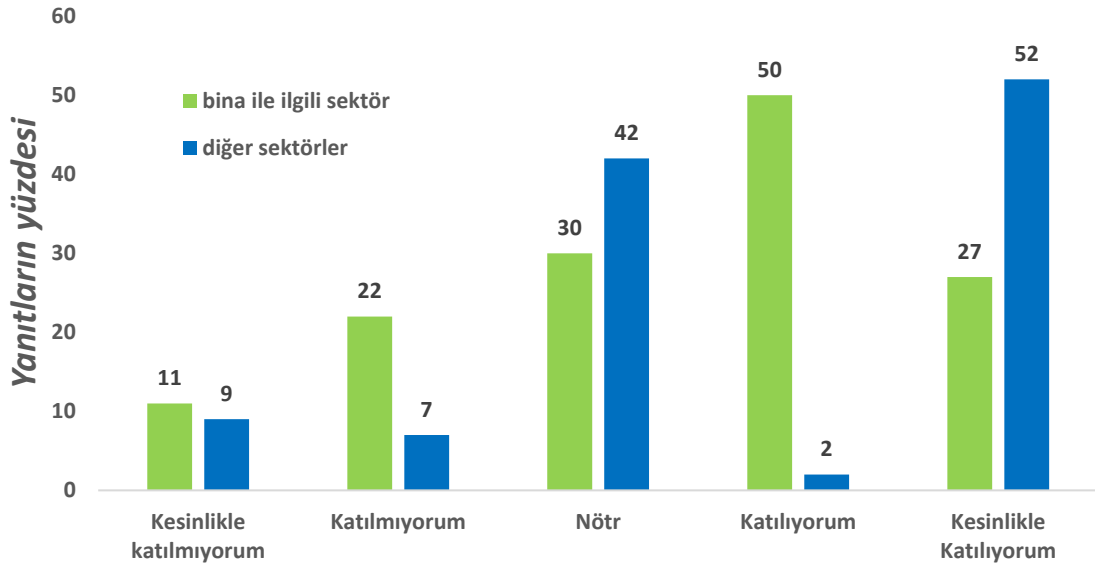


Şekil 2.7. Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların ‘yeşil bina sertifikası alan binaların gerçekten yeşil performans sergileyip sergilemediği’ konusundaki görüşleri (Ankara).

Şekil 2,7’de görüleceği üzere, ‘Ankara’da yeşil bina sertifikası olan binaların gerçekten yeşil performans sergileyip sergilemediği’ konusunda hem binalarla ilgili sektörlerde çalışan katılımcıların (%51,42) hem de diğer sektörlerde çalışan katılımcıların (%53,57) yarıdan fazlası kararsız kalmıştır. Bununla beraber, binalarla ilgili sektörlerde çalışan katılımcılar arasında olumlu cevap verenlerin oranı (%25), diğer sektörlerde çalışan katılımcılara (%2,67) kıyasla daha yüksektir.

Mann-Whitney U testi, binalarla bağlantılı katılımcılarla (ortalama sıralama = 68,57, n = 123) binalarla bağlantısız katılımcıların (ortalama sıralama = 82,22, n = 129) ‘yeşil bina skoru daha yüksek olan binaların çevresel performansının da daha

yüksek olup olmadığı’ konusundaki görüşleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığını göstermiştir ($U = 1502,46$, $z = -0,782$ beraberlikler için düzeltmeli, $p = 0,455$ iki uçlu). Burada söz konusu olan etki “çok küçük” olarak nitelendirilebilir ($r = 0,049$). Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların görüşlerinin dağılımı Şekil 2,8’de gösterilmiş, Mann-Whitney U testinin tam sonuçları ise Ek B’de verilmiştir.

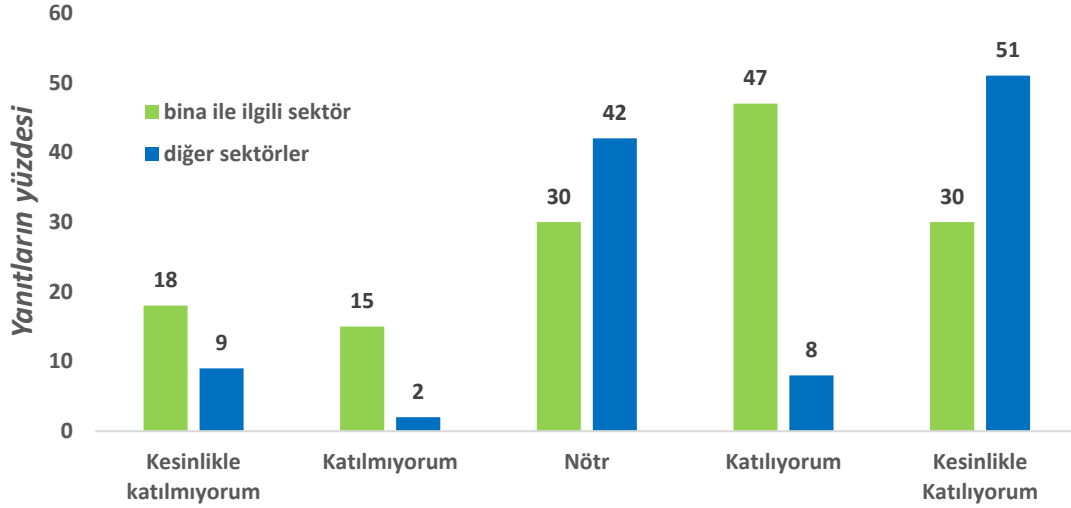


Şekil 2.8. Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların ‘yeşil bina skoru daha yüksek olan binaların çevresel performansının da daha yüksek olup olmadığı’ konusundaki görüşleri (Ankara).

Yukarıda Şekil 2.8’de görüldüğü üzere, binalarla ilgili sektörlerde çalışan katılımcılar arasında ‘Ankara’da yeşil bina skoru daha yüksek olan yani platin olarak sınıflandırılan skorlara sahip binaların çevresel performansının da daha yüksek olduğu’ önermesine katılanlar (%39,28) en büyük grubu oluşturmaktadır. Bununla beraber, bu önermeye katılmayan katılımcıların oranı (%15,71), binalarla ilgili sektörlerde çalışmayan katılımcılar arasında (%6,25) olduğundan daha yüksektir. Binalarla ilgili sektörlerde çalışmayan katılımcılar arasında bu önermeye tamamen katılanlar (%46,42) en büyük grubu oluşturmuş, kararsız kalanlar da onu takip etmiştir (%37,50).

Mann-Whitney U testi, binalarla bağlantılı katılımcılarla (ortalama sıralama = 75,66, $n = 123$) binalarla bağlantısız katılımcıların (ortalama sıralama = 81,22, $n = 129$)

‘yeşil bina sertifikası alan binaların konvansiyonel binalardan daha fazla enerji tasarrufu sağlayıp sağlamadığı’ konusundaki görüşleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığını göstermiştir ($U = 1488,610$, $z = -1,698$ beraberlikler için düzeltmeli, $p = 0,272$ iki uçlu). Burada söz konusu olan etki “küçük” olarak nitelendirilebilir ($r = 0,106$). Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların görüşlerinin dağılımı Şekil 2.9’da gösterilmiş, Mann-Whitney U testinin tam sonuçları ise Ek A’da verilmiştir.



Şekil 2.9. Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların ‘yeşil bina sertifikası alan binaların konvansiyonel binalardan daha fazla enerji tasarrufu sağlayıp sağlamadığı’ konusundaki görüşleri (Ankara).

Yukarıda Şekil 2.9’da görüldüğü üzere, binalarla ilgili sektörlerde çalışan katılımcılar arasında ‘yeşil bina skoru daha yüksek olan binaların konvansiyonel binalardan daha fazla enerji tasarrufu sağladığı’ önermesine katılanlar (%33,57) en büyük grubu oluşturmaktadır. Öte yandan, binalarla ilgili sektörlerde çalışmayanlar arasında en büyük grubu, ‘yeşil bina skoru daha yüksek olan binaların konvansiyonel binalardan daha fazla enerji tasarrufu sağladığı’ önermesine tamamen katılanlar (%44,64) oluşturmaktadır. Kararsız kalan katılımcılar ise hem

binalarla ilgili sektörlerde (%30) hem de diğer sektörlerde (%26,78) çalışan katılımcılar arasında ikinci en büyük grubu oluşturmaktadır.

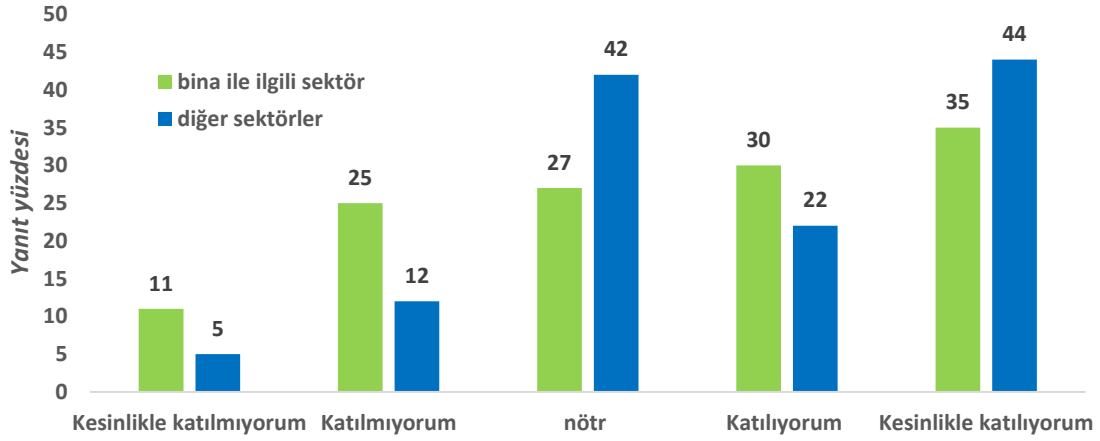
Özet olarak, yeşil sertifikası olan binaların ‘gerçekten yeşil performans sergileyip sergilemediği’ ve ‘konvansiyonel binalardan daha fazla enerji tasarrufu sağlayıp sağlamadığı’ konularında kararsız karanlar, her iki katılımcı kategorisinde de (binalarla ilgili sektörlerde çalışanlar ve diğer sektörlerde çalışanlar) en büyük grubu oluşturmuştur. Diğer sektörlerde çalışan katılımcıların ‘kararsız’ kalma nedeni yeşil binaları ve performanslarını bilmemeleri olabilir. Ancak binalarla ilgili sektörlerde çalışan (ve yeşil binaları daha iyi bildikleri varsayılan) katılımcılar da ‘kararsız’ kalmıştır. Bu katılımcıların ‘kararsız’ seçeneğini seçmesinin çeşitli nedenleri olabilir. Yeşil binaların uygulamadaki performansının işletme aşamasındaki kullanım şekline bağlı olacağını, dolayısıyla belirlenen performanstan ciddi sapmalar olabileceği düşünmüş olabilirler.

Ankara’da yeşil bina skoru daha yüksek olan binaların çevresel performansının da daha yüksek olup olmadığı’ konusunda binalarla bağlantılı katılımcıların yaklaşık yarısı, binaların yeşil bina skoru ile çevresel performansı arasında bir dereceye kadar da olsa pozitif bir korelasyon olduğu görüşüne katılmıştır.

2.6 Tebriz’deki Konut Amaçlı Binaların Çevresel Performansı İlgili Algılar

Önceki bölümde olduğu gibi bu bölümde de iki farklı katılımcı grubu istatistiksel olarak incelenmiştir. Birinci grup binalarla ilgili sektörlerde çalışanlardan (toplam 128 katılımcı), ikinci grup ise binalarla ilgili sektörlerde çalışmayanlardan (toplam 124 katılımcı) oluşmaktadır. Önceki bölümde olduğu gibi, binalarla ilgili sektörlerde çalışanların, konut amaçlı binaların çevresel performansını daha iyi anlayacağı varsayılmıştır. Buna göre yanıtlar arasında anlamlı farklılıkların olup olmadığını daha iyi anlamak için Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Sonuçlar, binalarla bağlantılı katılımcılarla (ortalama sıralama = 80,44, n = 128) binalarla bağlantısız katılımcıların (ortalama sıralama = 79,86, n = 124) ‘yeşil bina sertifikası alan

binaların gerçekten yeşil performans sergileyip sergilemediği' konusundaki görüşleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığını göstermiştir ($U = 1402,772$, $z = -0,656$ beraberlikler için düzeltmeli, $p = 0,20$ iki uçlu). $0,1$ 'in altında bir r değeri olduğu için etkinin "çok küçük" olduğu söylenebilir ($r = 0,046$). Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların görüşlerinin dağılımı Şekil 2.10'da gösterilmiş, Mann-Whitney U testinin tam sonuçları ise Ek B'de verilmiştir.

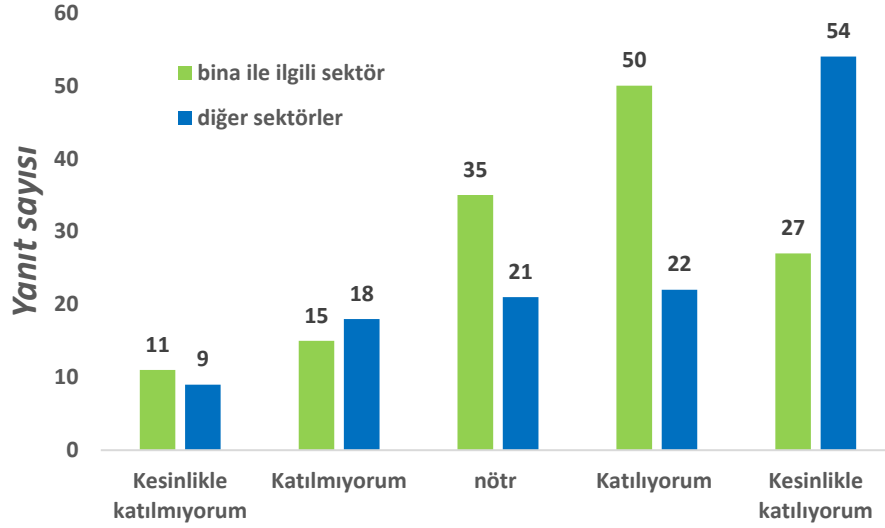


Şekil 2. 10. Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların 'yeşil bina sertifikası alan binaların gerçekten yeşil performans sergileyip sergilemediği' konusundaki görüşleri (Tebriiz).

Şekil 2.10'da görüleceği üzere, 'Tebriiz'de yeşil bina sertifikası olan binaların gerçekten yeşil performans sergilediği' önermesine hem binalarla ilgili sektörlerde çalışan katılımcıların (%58,59) hem de diğer sektörlerde çalışan katılımcıların (%53,22) yarısından fazlası katıldığını veya tamamen katıldığını belirtmiştir. Binalarla ilgili sektörlerde çalışan katılımcıların %32,88'i kararsız kaldıklarını belirtmiştir.

Mann-Whitney U testi, binalarla bağlantılı katılımcılarla (ortalama sıralama = 68,57, $n = 123$) binalarla bağlantısız katılımcıların (ortalama sıralama = 82,22, $n = 129$) 'yeşil bina skoru daha yüksek olan binaların çevresel performansının da daha yüksek olup olmadığı' konusundaki görüşleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığını göstermiştir ($U = 1502,46$, $z = -0,782$ beraberlikler için düzeltmeli, $p = 0,455$ iki uçlu). Burada söz konusu olan etki "çok küçük" olarak nitelendirilebilir (r

= 0,049). Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların görüşlerinin dağılımı Şekil 2.11’de gösterilmiş, Mann-Whitney U testinin tam sonuçları ise Ek C4’te verilmiştir.

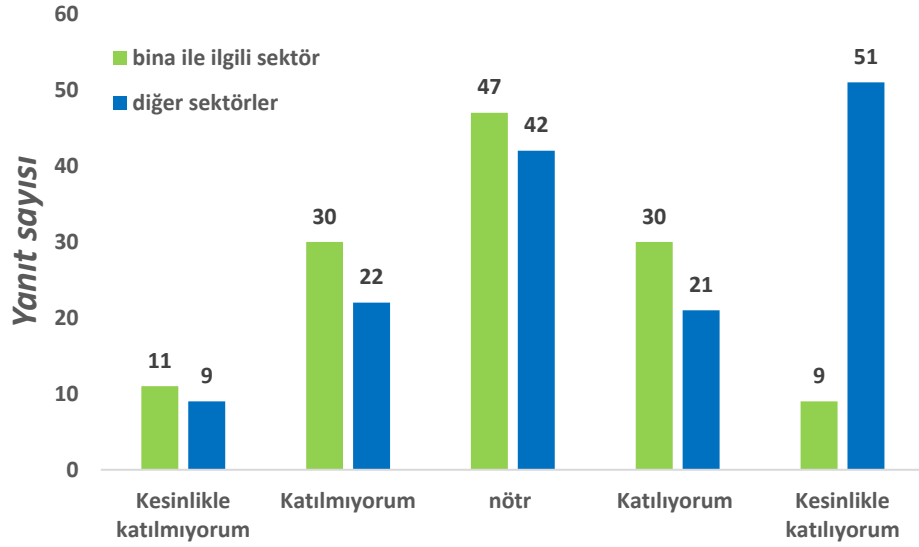


Şekil 2. 11. Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların ‘yeşil bina skoru daha yüksek olan binaların çevresel performansının da daha yüksek olup olmadığı’ konusundaki görüşleri (Tebriz).

Yukarıda Şekil 2.11’de görüldüğü üzere, binalarla ilgili sektörlerde çalışan katılımcılar arasında ‘yeşil bina skoru daha yüksek olan binaların çevresel performansının da daha yüksek olduğu’ önermesine katılanlar ve tamamen katılanlar beraberce (%60,15) en büyük grubu oluşturmaktadır. Ancak katılımcıların %27,34’ü bu önerme konusunda kararsız kalmıştır. Binalarla ilgili sektörlerde çalışmayan katılımcılar arasında bu önermeye tamamen katılanlar (%35,71) en büyük grubu oluşturmuş, kararsız kalanlar da onu takip etmiştir (%16,39).

Mann-Whitney U testi, binalarla bağlantılı katılımcılarla (ortalama sıralama = 75,66, n = 123) binalarla bağlantısız katılımcıların (ortalama sıralama = 81,22, n = 129) ‘yeşil bina sertifikası alan binaların konvansiyonel binalardan daha fazla enerji tasarrufu sağlayıp sağlamadığı’ konusundaki görüşleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığını göstermiştir (U = 1488,610, z = -1,698 beraberlikler için

düzeltilmeli, $p = 0,272$ iki uçlu). Burada söz konusu olan etki “küçük” olarak nitelendirilebilir ($r = 0,106$). Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların görüşlerinin dağılımı Şekil 2.12’de gösterilmiş, Mann-Whitney U testinin tam sonuçları ise Ek A’da verilmiştir.



Şekil 2.12 Binalarla bağlantılı ve bağlantısız katılımcıların ‘yeşil bina sertifikası alan binaların konvansiyonel binalardan daha fazla enerji tasarrufu sağlayıp sağlamadığı’ konusundaki görüşleri (Tebriz).

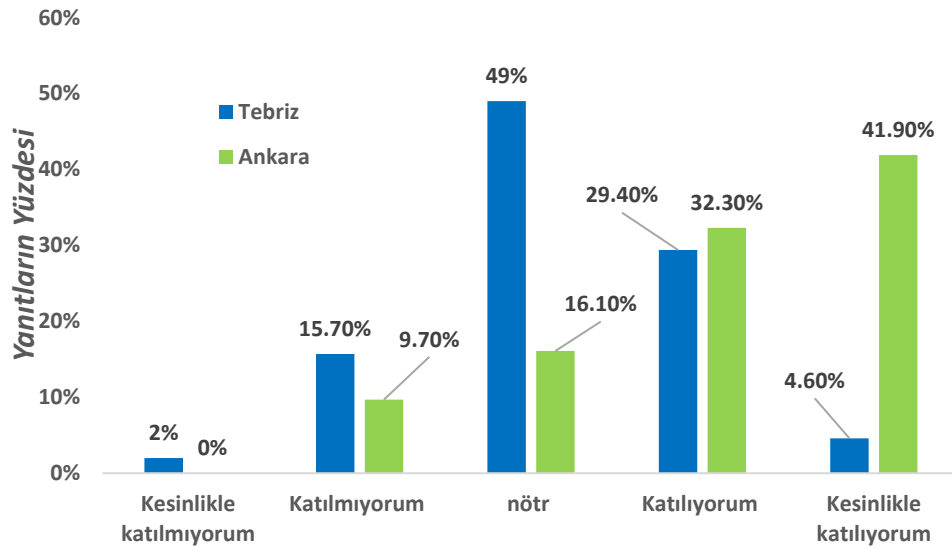
Yukarıda Şekil 2.12’de görüldüğü üzere, binalarla ilgili sektörlerde çalışan katılımcılar arasında ‘yeşil bina skoru daha yüksek olan binaların konvansiyonel binalardan daha fazla enerji tasarrufu sağlayıp sağlamadığı’ konusunda kararsız kalanlar (%36,71) en büyük grubu oluşturmaktadır. Öte yandan, binalarla ilgili sektörlerde çalışmayanlar arasında en büyük grubu, ‘yeşil bina skoru daha yüksek olan binaların konvansiyonel binalardan daha fazla enerji tasarrufu sağladığı’ önermesine tamamen katılanlar (%41,12) oluşturmaktadır. Bu katılımcılar arasında ikinci en büyük grubu ise kararsız kalanlar (%33,87) oluşturmaktadır.

Özet olarak, yeşil sertifikası olan konut amaçlı binaların ‘gerçekten yeşil performans sergileyip sergilemediği’ ve ‘konvansiyonel binalardan daha fazla enerji tasarrufu sağlayıp sağlamadığı’ konularında kararsız kalanlar, her iki katılımcı kategorisinde de (binalarla ilgili sektörlerde çalışanlar ve diğer sektörlerde çalışanlar) en büyük grubu oluşturmuştur. Diğer sektörlerde çalışan katılımcıların ‘kararsız’ kalma

nedeni yeşil binaları ve performanslarını bilmemeleri olabilir. Ancak binalarla ilgili sektörlerde çalışan (ve yeşil binaları daha iyi bildikleri varsayılan) katılımcılar da 'kararsız' kalmıştır. Bu katılımcıların 'kararsız' seçeneğini seçmesinin çeşitli nedenleri olabilir. Yeşil binaların uygulamadaki performansının işletme aşamasındaki kullanım şekline bağlı olacağını, dolayısıyla belirlenen performanstan ciddi sapmalar olabileceği düşünmüş olabilirler.

Tebriz'de yeşil bina skoru daha yüksek olan binaların çevresel performansının da daha yüksek olup olmadığı' konusunda binalarla bağlantılı katılımcıların yaklaşık yarısı, binaların yeşil bina skoru ile çevresel performansı arasında bir dereceye kadar da olsa pozitif bir korelasyon olduğu görüşüne katılmıştır.

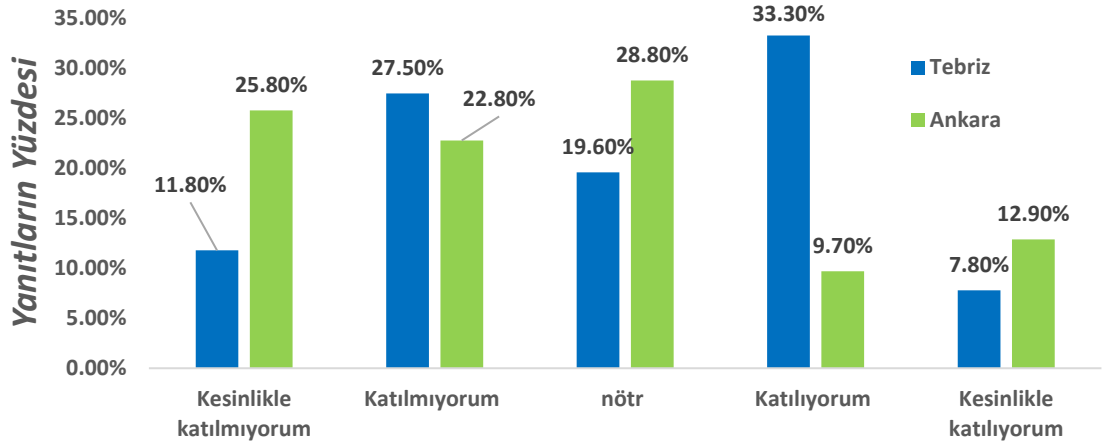
2.7 İç Çevre Kalitesi



Şekil 2. 13. Katılımcıların 'Evim fazla aydınlık' önermesiyle ilgili görüşleri.

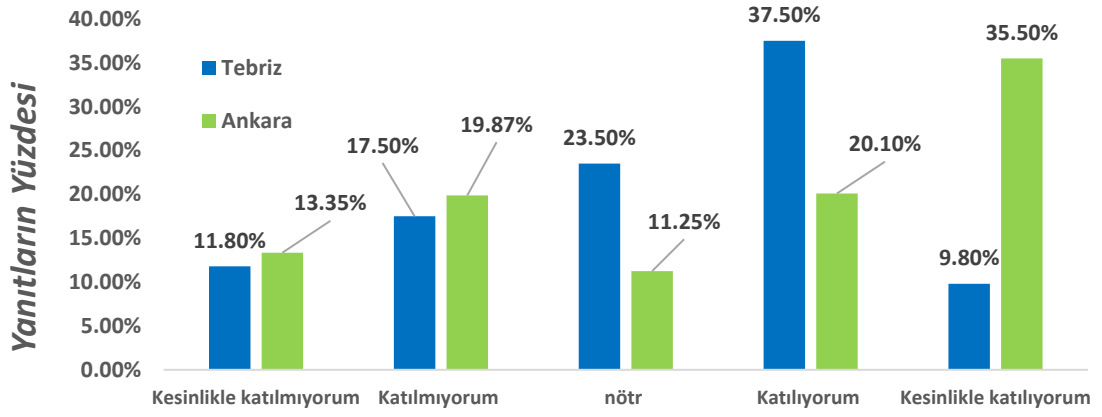
Şekil 2.13'te görüleceği üzere, Tebriz'deki katılımcıların neredeyse yarısı (%49) 'Evim çok aydınlık' önermesi karşısında kararsız kalmıştır. Bu durum, güneş ışığının apartman geometrisiyle yakın bir ilişkisi olmasından ve parlaklık düzeyini anlamının karmaşık bir iş olmasından kaynaklanmış olabilir (Bournas & Dubois, 2020). Yine de bu önermeye katılan katılımcılar (%29,4) ikinci en büyük grubu oluşturmuştur. Ankara'da evinin fazla aydınlık olduğuna tamamen katılanlar en

büyük grubu (%41,9), sadece katılanlar ise (%32,3) ikinci en büyük grubu oluşturmuştur.



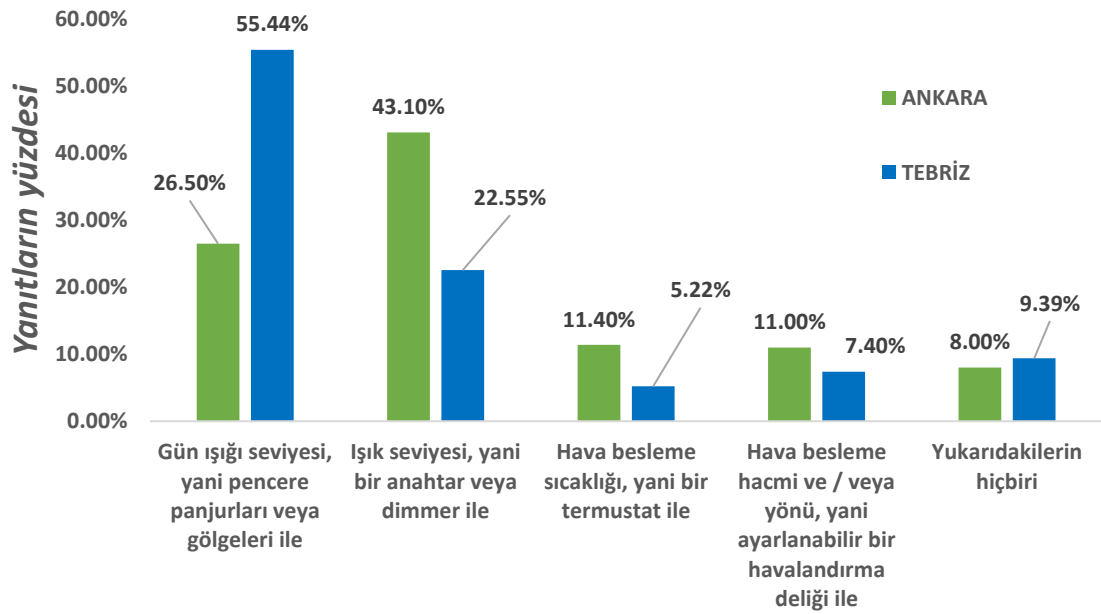
Şekil 2.14. Katılımcıların 'Başka insanların konuşmalarından dolayı evimde fazla gürültü oluyor' önermesiyle ilgili görüşleri.

Gürültü kirliliğiyle ilgili olarak, Tebriz'deki katılımcıların %33,3'ü 'Başka insanların konuşmalarından dolayı evimde fazla gürültü oluyor' önermesine katıldığını bildirmiştir. Bu durum, günümüzde inşaat sektöründe yaygın bir sorun olan, inşaat aşamasında yeterli izolasyonun sağlanmamasına bağlanabilir [94]. Ankara'da ise 'Başka insanların konuşmalarından dolayı evimde fazla gürültü oluyor' önermesi karşısında kararsız kalanlar (%28,8) en büyük grubu oluşturmuştur. İkinci en büyük grubu ise bu önermeye kesinlikle katılmayanlar (%25,8) oluşturmuştur. Bu durum, söz konusu binaların inşaat aşamasında yeterli izolasyonun sağlanmasından kaynaklanıyor olabilir.

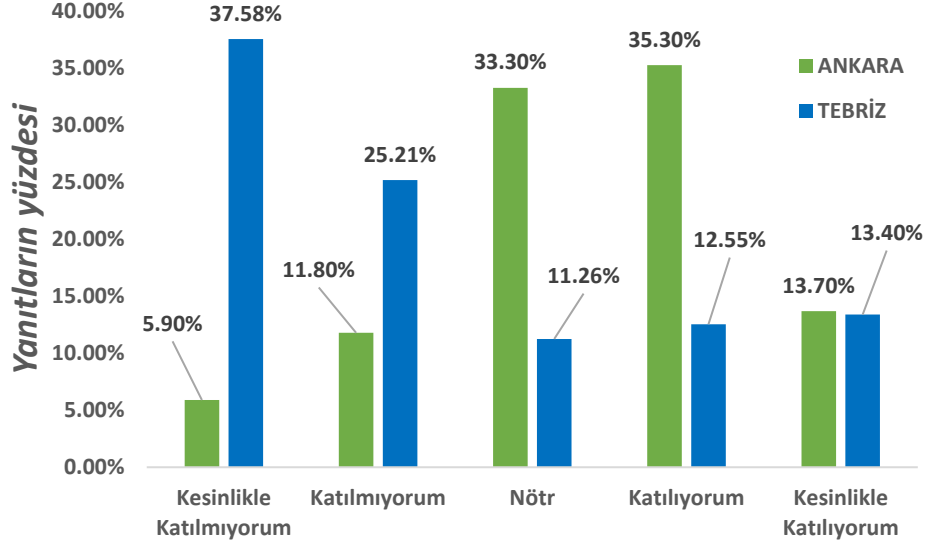


Şekil 2.15. Katılımcıların 'Konusma dışındaki diğer arka plan sesleri (ör. makine sesleri, sokak sesleri) yüzünden evimde fazla gürültü oluyor' önermesiyle ilgili görüşleri.

Şekil 2.15'te gösterildiği üzere, her iki şehirde de katılımcıların çoğu 'Konusma dışındaki diğer arka plan sesleri (ör. makine sesleri, sokak sesleri) yüzünden evimde fazla gürültü oluyor' önermesine katılmış veya tamamen katılmıştır. Tebriz'de bunu kararsız kalan (%23,5) ve önermeye katılmayan (%19,87) katılımcılar takip etmiştir.



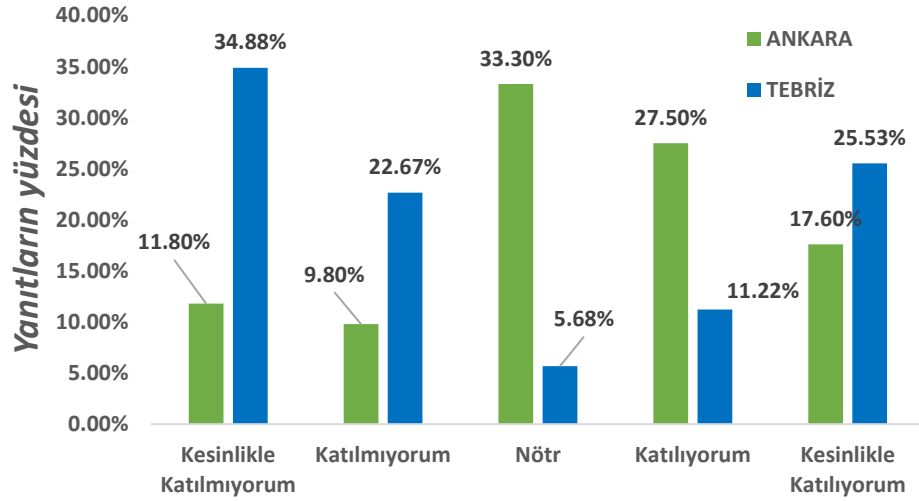
Şekil 2.16. Katılımcıların "Segmelerden hangisi kişisel olarak ayarlayabilir veya kontrol edebilirim" önermesiyle ilgili görüşleri.



Şekil 2.17 Katılımcıların “Sıcak havalarda evimin sıcaklığından memnunum” önermesiyle ilgili görüşleri.

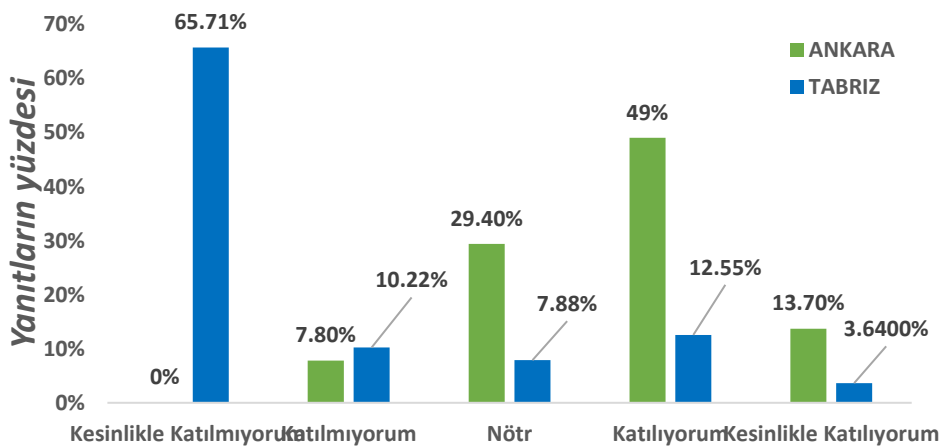
Şekil 2.16 ve 2.17’de görüldüğü üzere, katılımcıların çoğu sıcak havalarda evinin sıcaklığından memnun değildir (%62,79). Katılımcıların sadece %25,55’i sıcak havalardan evlerinin sıcaklığından memnun olduklarını belirtmiştir. Bu durum, yarı kurak ve sıcak bir iklime sahip Tebriz’in iklim koşullarına bağlanabilir. Bu koşullarla baş edebilmek için bazı şirketler konutların içinde mevsim odaları tasarlamaya ve uygulamaya başlamıştır. Mevcut literatür, ayrı mevsim evlerinin bina içindeki iklim koşullarını değiştiren karmaşık bir pasif soğutma işlevi gördüğünü göstermiştir [206]. Bazı araştırmacılar, bu bölgelerde nesiller boyu geliştirilen prensiplere uygun bir şekilde yapılan ve çevreye daha uyumlu olan yerel mimariyi önermiştir [95].

Ankara’da katılımcıların yaklaşık yarısı sıcak havalarda evlerinin sıcaklığından memnun olduklarını belirtmişlerdir. Bu durum, Türkiye’deki inşaat sektörünün koşullara uyum sağlayabildiğini göstermektedir.



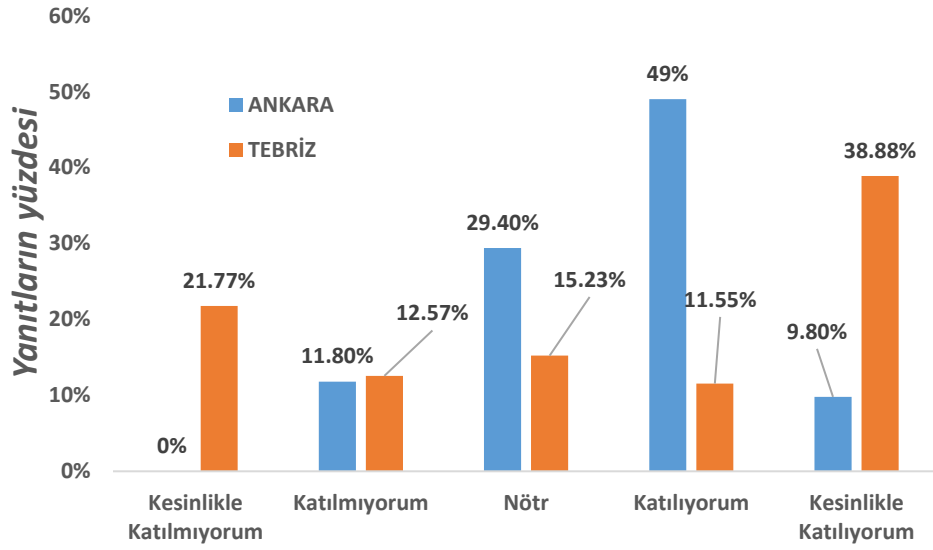
Şekil 2.18 Katılımcıların “Genel olarak evimin sıcaklığından memnunum” önermesiyle ilgili görüşleri.

Şekil 2.18’de görüldüğü üzere, Tebriz’deki katılımcıların büyük bir kısmı soğuk havalarda evlerinin sıcaklığından memnun değildir. Katılımcıların yaklaşık %37’si evlerinin sıcaklığından memnun olduklarını belirtirken, %5,68’i “Soğuk havalarda evimin sıcaklığından memnunum” önermesi karşısında kararsız kalmışlardır. Ankara’da ise katılımcıların çoğunluğu (%45,1) soğuk havalarda evlerinin sıcaklığından memnun olduklarını belirtmişlerdir. Katılımcıların %33,3’ü kararsız kalmış, yaklaşık %20’si ise soğuk havalarda evlerinin sıcaklığından memnun olmadıklarını belirtmiştir.

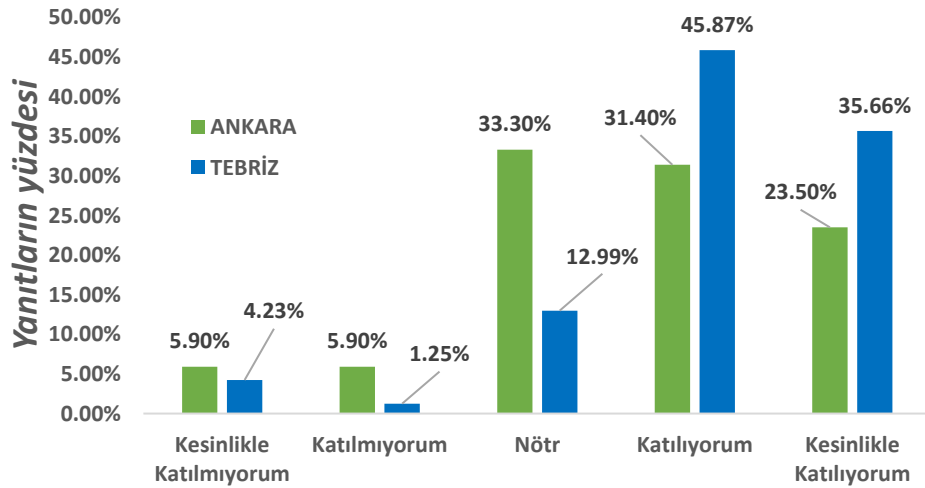


Şekil 2.19 Katılımcıların “Genel olarak evimin sıcaklığından memnunum” önermesiyle ilgili görüşleri.

Şekil 2.19’da görüldüğü üzere, Tebriz’deki katılımcıların çoğunluğu hem sıcak hem soğuk havalarda genel olarak evlerinin sıcaklığından memnun olmadıklarını belirtmiştir (%75,93). Bazı araştırmacılar, tasarım özelliklerinin evlerin gölgeleme performansı üzerinde ciddi bir etkisi olduğunu belirtmektedir [96]. Günümüzde İran’daki konutların konforunu, özellikle de iklim konforunu artırmak için uygun teknolojiler kullanılarak Givoni’nin psikrometrik çizelgesinden her bir bölge için belirtilen iklime duyarlı tasarımların kullanılması önerilmektedir [97].

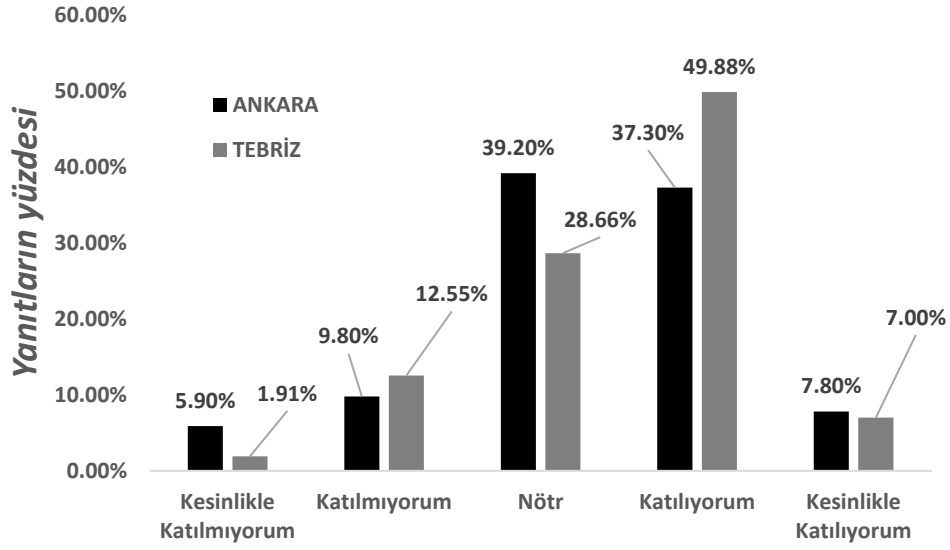


Şekil 2.20 Katılımcıların “Genel olarak evimin termal konforundan memnunum” önermesiyle ilgili görüşleri.

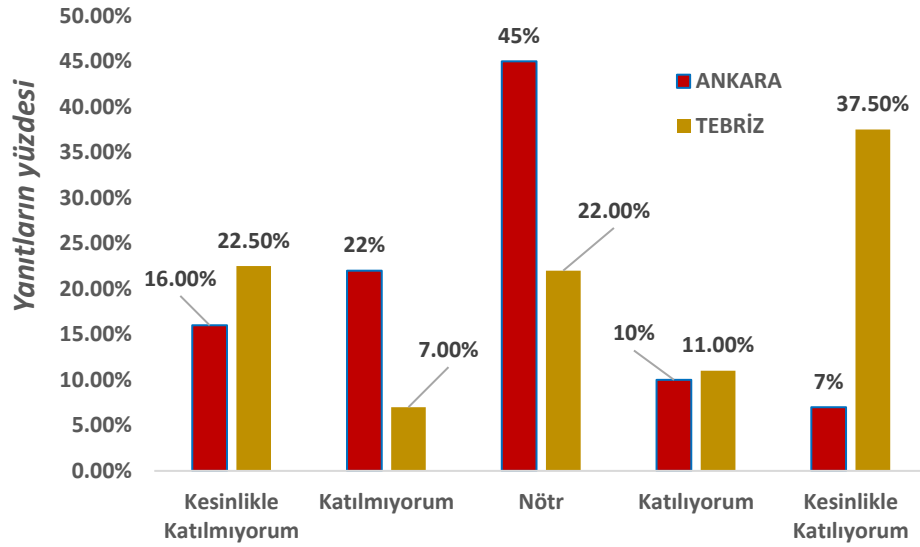


Şekil 2.21 Katılımcıların “Evimdeki havanın temiz olduğunu düşünüyorum” önermesiyle ilgili görüşleri.

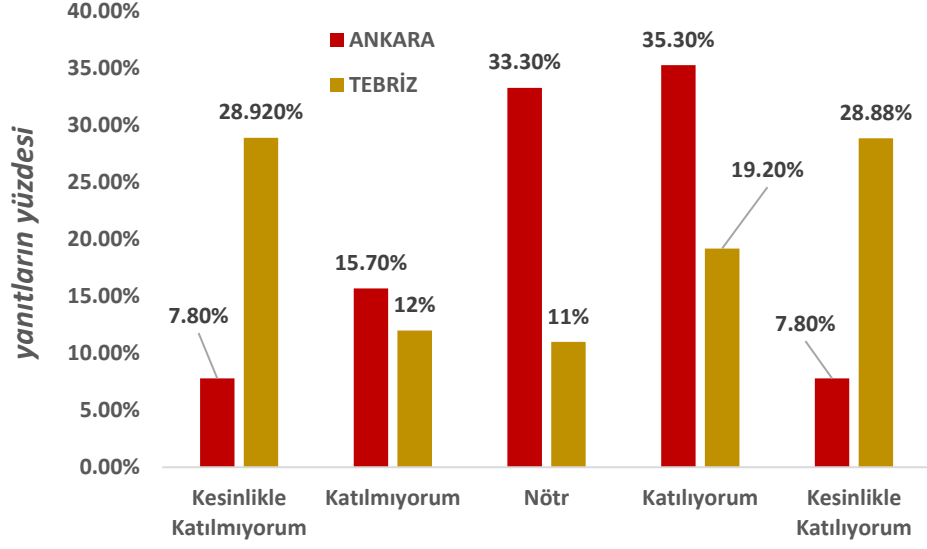
Şekil 2.20 ve Şekil 2.21’de görüldüğü üzere, katılımcıların çoğu evlerinin temiz ve düzenli olduğunu ve evlerinin konfor düzeyinden memnun olduklarını belirtmiştir.



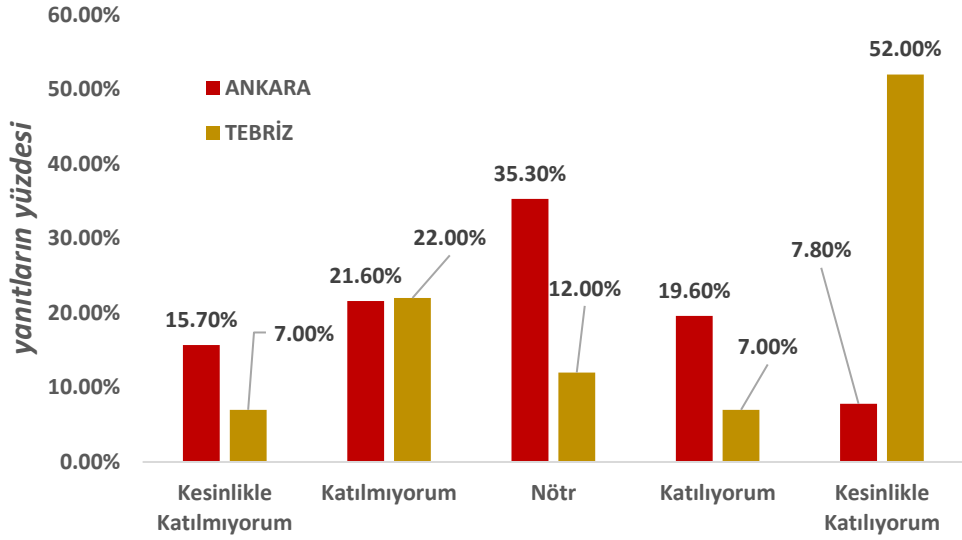
Şekil 2.22 Katılımcıların “(Termal konfor, hava kalitesi, ışıklandırma ve akustik dahil olmak üzere) evinizin genel iç çevre kalitesi refahınızı nasıl etkilemektedir?” sorusuyla ilgili görüşleri.



Şekil 2.23 Katılımcıların “Sizce sıcak havalarda evinizin sıcaklığının birkaç derece daha yüksek olması refahınızı nasıl etkiler?” sorusuyla ilgili görüşleri.



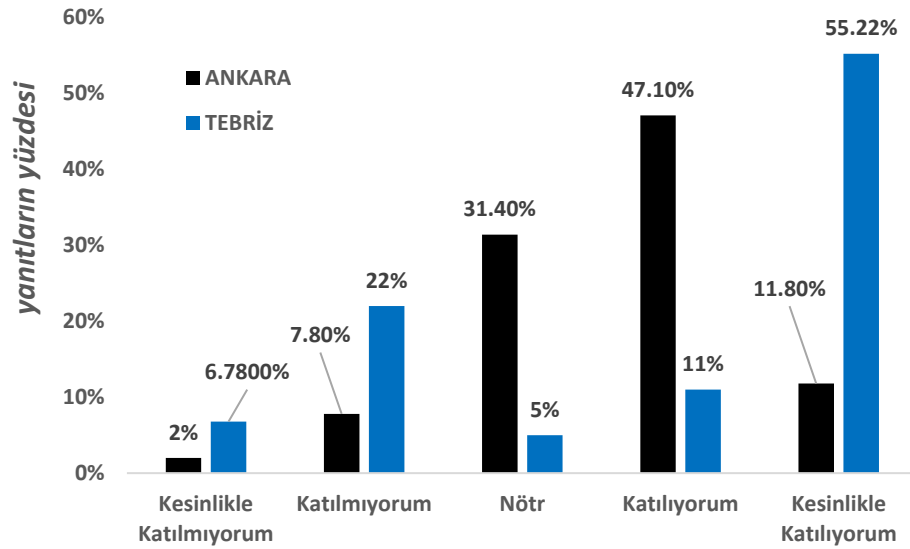
Şekil 2.24 Katılımcıların “Sizce soğuk havalarda evinizin sıcaklığının birkaç derece daha düşük olması refahınızı nasıl etkiler?” sorusuyla ilgili görüşleri.



Şekil 2.25 Katılımcıların “Evinizin havalandırmasını azaltmak sizce refahınızı nasıl etkiler?” sorusuyla ilgili görüşleri.

Şekil 2.21, Şekil 2.22, Şekil 2.23 ve Şekil 2.24, çalışmaya dahil edilen şehirlerdeki katılımcıların havalandırma yoğunluğundaki değişimin etkisiyle ilgili algılarını göstermektedir. Tebriz’deki katılımcıların yarıdan fazlası havalandırmanın refahları üzerinde etkisi olduğuna tamamen katılırken, Ankara’daki katılımcıların çoğunluğu kararsız kalmış (%35,3) veya olumsuz görüş bildirmiştir (%38,3). Tebriz’in hava koşullarıyla karşılaştırıldığında Ankara’nın havası çok daha temiz olduğu için bu durum aslında beklenen bir şeydir. Yakın zamanda gerçekleştirilen bazı çalışmalar,

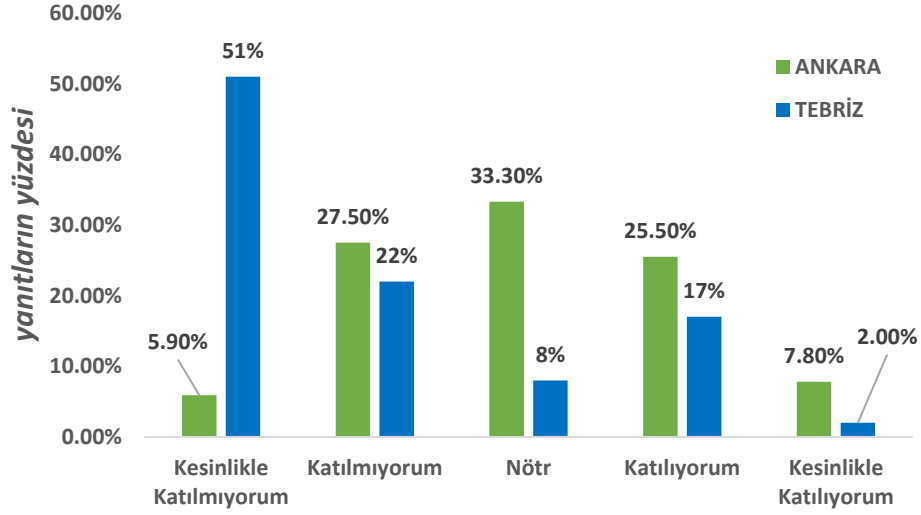
uçucu organik bileşiklerin (UOB) bina içindeki yoğunluğunun yüksek olduğunu ortaya çıkarmıştır [98][99]. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) modellemesinin sonuçları, havalandırmanın tavanda olması durumunda düşük sıcaklıkta ve belli koşullar altında 25 ppm’lik kirlilik yoğunluğunun olabileceğini göstermiştir. Havalandırmanın duvarda ve kirlilik kaynağına yakın olması durumunda ise, bina içi ortamda 5 ppm ve aşağısı gibi düşük yoğunluklar gözlenmiştir [100]. Ayrıca, bakteri ve mantar kaynağı olarak bina için salınımlar (kullanım ve tekrar havaya kaldırmadan dolayı) ile havalandırma (dışarıdaki havanın içeri girmesi) karşılaştırıldığında, parçacık, bakteri ve mantarın en büyük kaynağının bina içi salınımlar olduğu ve bu salınımların bina içindeki PM10 parçacıklarının yaklaşık %94’ünden, bakterilerin yaklaşık %97’inden ve mantarların yaklaşık %91’inden sorumlu olduğu bulunmuştur [101].



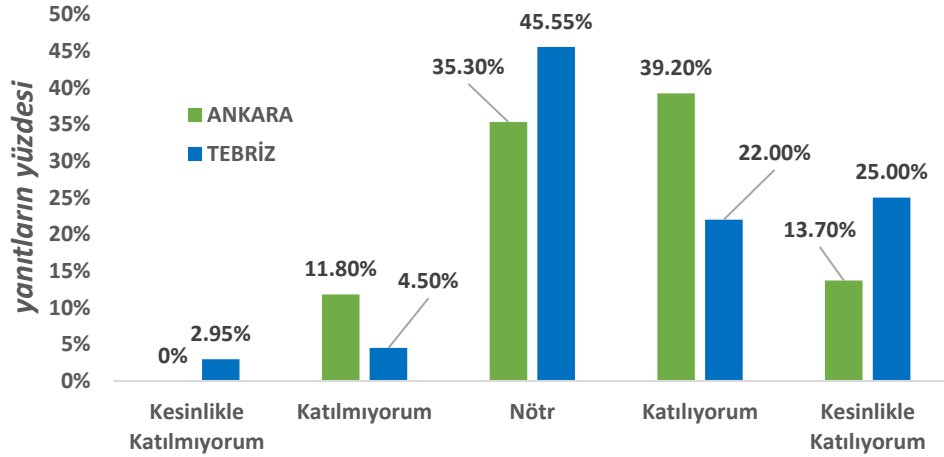
Şekil 2.26 Katılımcıların “Evinizde açılır-kapanır pencerelerin olması sizce refahınızı nasıl etkiler?” sorusuyla ilgili görüşleri.

Şekil 2.25’te görüldüğü üzere, her iki şehirdeki katılımcıların çoğu, evlerinde açılır-kapanır havalandırma ve pencerelerin olmasının refahları üzerindeki etkisi konusunda olumlu görüş bildirmiştir. Literatürde de iç hava kalitesini artırmak için açılır-kapanır pencerelerin kullanılması önerilmektedir. Örneğin Stabile vd. (2016), karbondioksit ve radon yoğunluğunda ciddi bir düşüşün gerçekleştiği ilkbaharda açılır-kapanır pencereler yoluyla doğal havalandırma yapılmasının iç hava

kalitesine olumlu etki yaptığını bildirmiştir [102]. Havalandırma etkisinin fazla olması, mikrometre altı parçacıkların dışarıdan daha fazla taşınması sonucunu da doğurmuş ve sonbahar/kış ve ilkbahar mevsimlerinde parçacık girişi faktörü sırasıyla 0,83 ve 1 olmuştur.



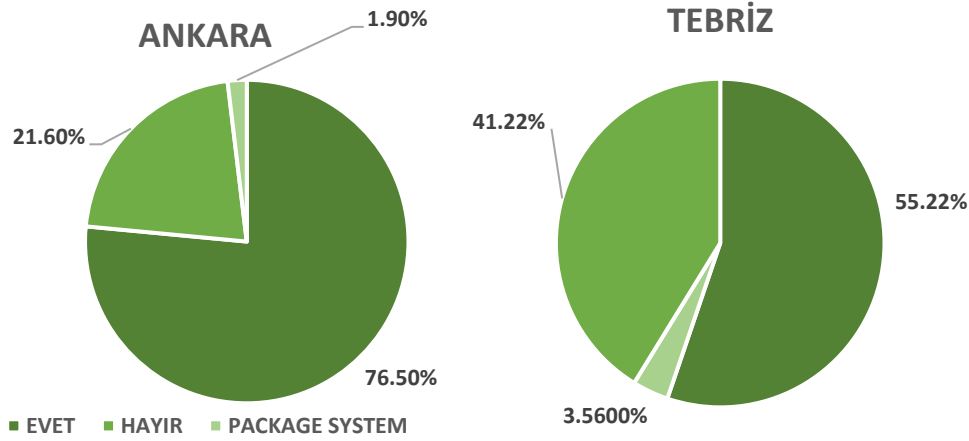
Şekil 2.27 Katılımcıların “Evinizin aldığı güneş ışığını azaltmak sizce refahınızı nasıl etkiler?” sorusuyla ilgili görüşleri.



Şekil 2.28 Katılımcıların “Yeterli güneş ışığı olduğunda evinizdeki ışıkların otomatik olarak kapanması sizce refahınızı nasıl etkiler?” sorusuyla ilgili görüşleri.

Şekil 2.26, 2.27 ve 2.28, katılımcıların konutlarındaki ışıklandırma düzeyiyle ilgili algılarını göstermektedir. Tebriz’deki katılımcıların çoğu, evlerinin aldığı güneş ışığını azaltmanın sağlıkları üzerinde olumlu bir etki yapacağı görüşüne kesinlikle katılmazken, Ankara’daki katılımcıların büyük bir kısmı bu soru karşısında kararsız

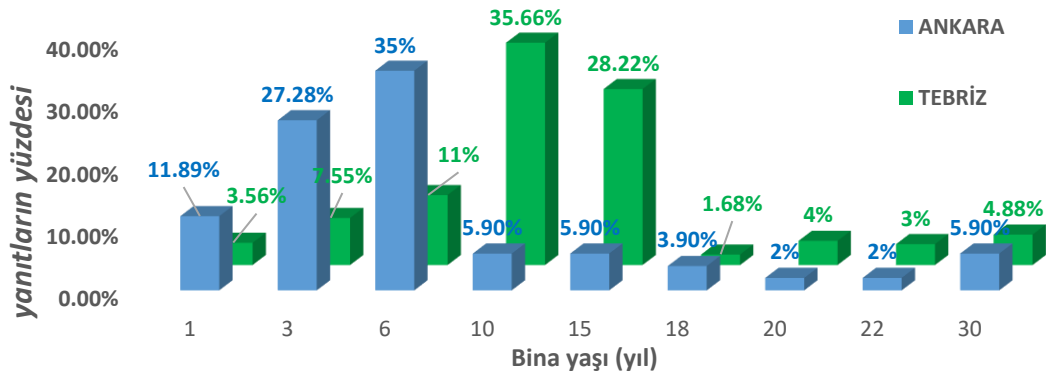
kalmıştır. Evin aldığı güneş ışığının ev sakinlerinin refahı üzerindeki etkisi konusunda mevcut literatür, güneş ışığı ile refah arasında pozitif bir korelasyon olduğunu belirtmektedir [103][104][105][106]. Örneğin Xue vd. (2014), ışık konforunu en çok etkileyen faktörün eve giren güneş ışığından duyulan memnuniyet olduğunu bildirmiştir [107]. Işık konforunu etkileyen en önemli fiziksel faktör dış engeller olurken, ev sakinlerinin güneş ışığıyla ilgili tutumlarını en çok etkileyen faktör homojenlik algısı olmuştur. Işık konforunu en çok etkileyen davranış faktörü yapay ışıklandırma kullanımı olmuştur çünkü uzun saatler boyunca yapay ışıklandırma kullanılması evin yeterli güneş ışığı almadığının ve ışık konforunun düşük olduğunun göstergesidir.



Şekil 2.29. Çalışmaya dahil edilen binalarda iklimlendirme sistemleri.

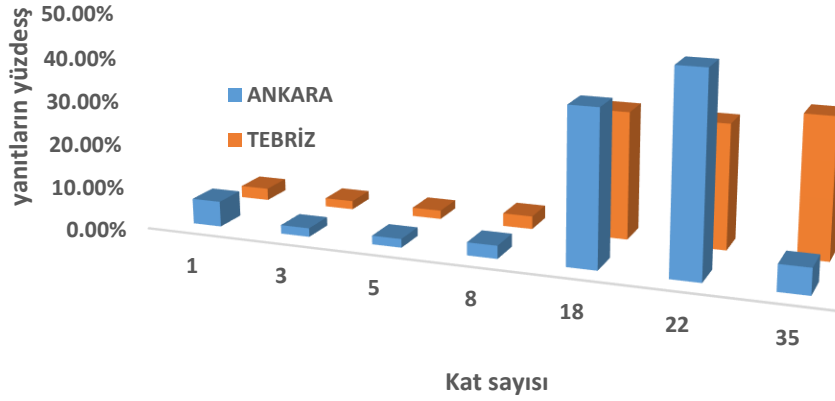
Şekil 2.29’da görüldüğü üzere, çalışmaya dahil edilen binaların çoğunda iklimlendirme sistemleri mevcuttur. Modern ofis binalarının iç ortamı, tamamen insanlar tarafından oluşturulan yeni bir ekosistem türüdür. Bizzat havalandırma sistemleri de dahil olmak üzer bu bina içi ortamda bakteri ve mantar gibi kirleticiler bulunmakta ve bu durumun sağlık üzerinde olumsuz etkileri olabilmektedir. Korolija et al, (2011) değişken hava hacmi sistemi ve ayrı dış hava sistemli fan coil olmak üzere iki ayrı sistemi incelemiş ve sistem gereksinimi ile bina gereksinimi arasındaki farkın soğutma için -%40 ile +%30 arasında, ısıtma içinse -%20 ile +%15 arasında değiştiğini bulmuştur [108]. Isı geri kazanımı ünitesinin kullanılması durumunda ısıtma performansındaki fark daha da büyüyerek -%70 olmaktadır. Srinivasan et al., (2017), mevcut altyapıyı değiştirmeden iklimlendirmeyi takip

etmeyi sağlayacak şekilde binalarda tadilat yapılmasına izin verecek bir model önerisinde bulunmuştur [109]. Bu yöntem, iklimlendirme sisteminden gelen ses sinyallerini yakalayıp işlemek için enerji verimli, düşük maliyetli ve dağıtılmış bir akustik algılama platformu kullanmaktadır. Parameshwaran et al, (2010), mekan iklimlendirmesinde enerji tasarrufunu artırmak için, değişken hava hacmine (DHH) dayanan soğuk sulu klima sistemi ile termal enerji depolama (TED) sisteminin birleşiminden oluşan yeni bir uygulama önermiştir [110]. Bu sistemde kullanılan faz değişim malzemesi, ısıyı soğurma ve yayma özelliği iyi olduğundan, soğutma ve havalandırma için harcanan toplam enerjinin azaltılmasına doğrudan katkı sağlamıştır. Mevcut sistem, enerji tasarrufu kabiliyetini açığa çıkarmak için yaz ve kış iklim koşullarında 1- talebe bağlı havalandırma (TBH) ve 2- TBH ve ekonomizer çevrimli havalandırma (EÇH) kombinasyonu kullanılarak deneysel olarak incelenmiştir. Sonuçlar, konvansiyonel soğuk sulu klima sistemi ile karşılaştırıldığında bu sistemin ortalamada TBH modunda %28'lik ve TBH-EÇH modunda %47'lik günlük enerji tasarrufu potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, DHH-TED sistemi de aynı çalışma koşullarında maksimum enerji kullanımında sırasıyla %38'lik ve %42'lik bir tasarruf sağlamıştır.

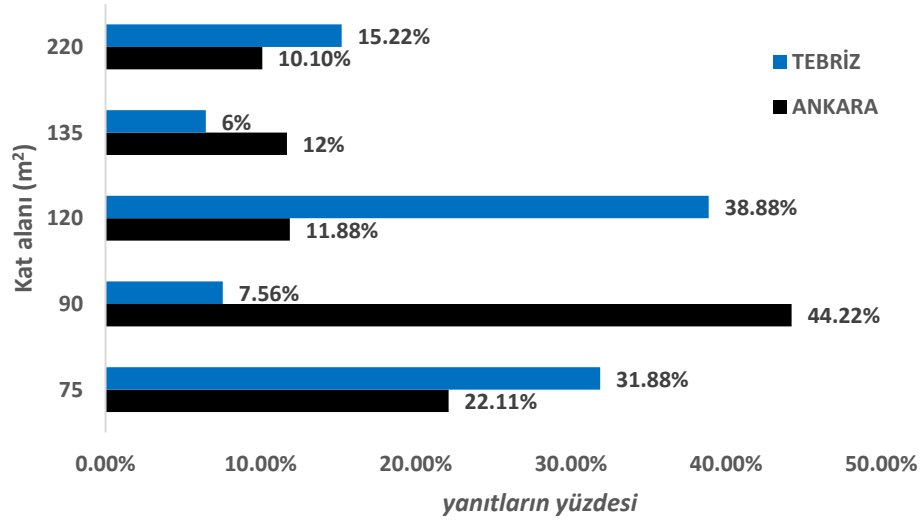


Şekil 2.30 Ankete dahil edilen binaların yaşları.

Şekil 2.30, çalışmaya dahil edilen binaların yaşlarının dağılımını göstermektedir. Çalışmaya Ankara'dan dahil edilen binaların çoğunun yaşları 1 ile 6 arasında, Tebriz'den dahil edilen binaların çoğunun yaşları ise 6 ile 15 yıl arasında değişmektedir.



Şekil 2.31 Çalışmaya dahil edilen binaların kat sayısının dağılımı.



Şekil 2.32 Çalışmaya dahil edilen binaların döşeme alanlarının dağılımı.

Şekil 2.31 ve Şekil 2.32’de görüldüğü üzere, çalışmaya dahil edilen neredeyse bütün binaların döşeme alanları normal konut ölçülerinde olduklarını göstermektedir [111].

Özet olarak, yeşil sertifikası olan binaların ‘gerçekten yeşil performans sergileyip sergilemediği’ ve ‘konvansiyonel binalardan daha fazla enerji tasarrufu sağlayıp sağlamadığı’ konularında kararsız kararlar, her iki katılımcı kategorisinde de (binalarla ilgili sektörlerde çalışanlar ve diğer sektörlerde çalışanlar) en büyük grubu oluşturmuştur. Diğer sektörlerde çalışan katılımcıların ‘kararsız’ kalma nedeni yeşil binaları ve performanslarını bilmemeleri olabilir. Ancak binalarla ilgili sektörlerde çalışan (ve yeşil binaları daha iyi bildikleri varsayılan) katılımcılar da ‘kararsız’ kalmıştır. Bu katılımcıların ‘kararsız’ seçeneğini seçmesinin çeşitli nedenleri olabilir. Yeşil binaların uygulamadaki performansının işletme aşamasındaki kullanım şekline bağlı olacağını, dolayısıyla belirlenen performanstan ciddi sapmalar olabileceği düşünmüş olabilirler. ‘Yeşil bina skoru daha yüksek olan binaların çevresel performansının da daha yüksek olup olmadığı’ konusunda binalarla bağlantılı katılımcıların yaklaşık yarısı, binaların yeşil bina skoru ile çevresel performansı arasında bir dereceye kadar da olsa pozitif bir korelasyon olduğu görüşüne katılmıştır.

3.1 Sonuç

Enerji krizini önlemek ve iklim değişikliği ile mücadele etmek için yeşil bina akımının önemi dünya genelinde artmış ve yeşil binaların performansını değerlendirmek için birçok değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir. Ancak, yeşil bina sertifikası almış bazı binaların çevresel performansının tasarımda öngörüldüğü kadar tatmin edici olmadığı şeklinde eleştiriler zaman zaman yapılmaktadır.

Literatür taraması ve eleştirel analiz gerçekleştirdikten sonra, yeşil binaların performansını etkileyen faktör ve hususlar tespit edilmiştir. Ayrıca bu binaların çevresel performansının nasıl iyileştirilebileceğine yönelik öneriler getirilmiştir. Bu bulguları doğrulamak için bir kamuoyu anketinin yanı sıra yeşil bina profesyonelleriyle mülakatlar da gerçekleştirilmiş ve konu hakkındaki görüşler derlenmiştir.

3.1.1 Yeşil Binaların Çevresel Performansını Etkileyen Kritik Faktörler

Anket ve mülakat sonuçlarına göre, yeşil binaların çevresel performansını etkileyen kritik faktörler enerji tasarrufu ve sera gazı salınımının azaltılmasıdır. Bu faktörler, yeşil binaların tercih edilmesinin arkasındaki temel itici güçler olan enerji krizi ve iklim değişimine de karşılık gelmektedir. Diğer itici güçler konusunda ise anket ve mülakat katılımcılarının farklı görüşleri mevcuttur. Bazı katılımcılar daha çok kamu sağlığı ve refah konularına odaklanırken, diğerleri çevresel etkiler ve kirlenme konularına odaklanmaktadır.

3.1.2 Yeşil Binaların Çevresel Performansını Etkileyen en Önemli Sorunlar

Mülakat sonuçları, yeni binalar için yeşil bina sertifika sistemlerinin bazı eksikliklerinin olduğunu ve bu eksikliklerin yeşil binaların kullanım esnasındaki gerçek çevresel performansını etkilediğini doğrulamıştır. Tespit edilen sorunlardan bazıları skor peşinde koşma, ağırlıklandırmada görülen uyumsuzluklar, gerçek performans yerine tasarıma odaklanma ve sertifikasyon sonrasında takibin olmaması olarak sıralanabilir.

Yeşil binaların çevresel performansını artırmak için bazı öneriler yapılmıştır. Anket ve mülakat katılımcılarını üzerinde hemfikir olduğu iyileştirme yöntemlerinden bazıları, çevresel performansı değerlendirmek için yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) yaklaşımının benimsenmesi, 'yeni binaların' yeşil bina sertifikasyonu aldıktan sonra takip edilmesi ve temel enerji tüketiminin açıklanmasının zorunlu olması şeklindedir.

3.2 Öneriler

Yeşil binaların uygulamadaki çevresel performansını artırmak için literatür taraması, eleştirel analiz ve anket çalışması sonuçlarından yola çıkılarak yapılan öneriler şu şekildedir:

Yeşil bina sertifikasyon sistemini iyileştirmek için önerilen yöntemler

- LEED sertifikasında olduğu gibi yeşil bina sertifikasyon sistemine YDD unsurlarının dahil edilmesi
- LEED sertifikasında olduğu gibi, yeşil bina sertifikası alan 'yeni binalardan' sonrasında gerçek kullanım, enerji tüketimi ve su tüketimi verilerinin talep edilmesi
- 'Yeni bina' sertifikasının süresi dolduktan sonra binaların 'mevcut binalar' için olan yeşil bina sertifikasına başvurmasının teşvik edilmesi veya zorunlu tutulması
- 'Yeni binalar' için olan yeşil bina sertifikasının nihai skoruna ilk yılın gerçek performansının da yansıtılması
- Farklı bina kullanım türleri için enerji kıstasları belirlenmesi

- Kullanım aşamasında yönetim ekiplerine, bina sakinlerine ve kiracılarına çevresel performansın yüksek olması için teşvikler verilmesi

Diğer yumuşak yöntemler:

- Binaların çevresel etkilerini en aza indirmek için alınması gereken önlemler konusunda bina yönetim şirketlerine ve kullanıcılara yönelik eğitim ve tanıtım faaliyetlerinin yapılması

Bu çalışma, konut amaçlı binaların kullanım esnasındaki çevresel performansını artıracak yöntemler bulmak için bir başlangıç niteliğindedir. İyileştirmenin devam etmesi ve sürekli olması için hükümet, inşaat firmaları, tasarım ekipleri, müteahhitler, bina yönetim şirketleri, bina sakinleri ve kiracılar da dahil olmak üzere bütün paydaşların çaba göstermesi gerekmektedir. Türkiye'nin Enerji Tasarrufu Planı, yeni yapılan bütün kamu binalarının ve toplu konut binalarının en azından sırasıyla BEAM Plus Gold ve Gold sertifikası almasını zorunlu tutmakta ve özel sektör binalarını da buna teşvik etmektedir. Önceki bölümde belirtildiği üzere, 'yeni binalar' için olan yeşil bina sertifikası daha çok tasarım performansına odaklanmaktadır ve uygulamada kullanım esnasında bundan sapmalar olabilir. Dolayısıyla kullanım aşamasındaki gerçek performansın yüksek olmasını sağlamak için kullanım aşamasında sürekli olarak takip yapılması gerekir. Ayrıca hükümetin binalarla ilgili enerji verilerini toplayıp bir araya getirmeye yönelik planlarının olması sevindirici bir gelişmedir. Önceki bölümde belirtildiği gibi farklı bina türleri için enerji kıstaslarının belirlenmesinde bu veriler önemli rol oynayacaktır. Hükümetin, Enerji Tasarrufu Planı'nda belirtildiği üzere mevcut binalarda enerji tasarrufunu ve yeşil bina yönetimini teşvik edecek olması da sevindirici bir gelişmedir. Hükümet tarafından belirlenen hedefler ve politikalar sayesinde binaların gerçek çevresel performansını artırmanın daha kolay olacağına inanıyoruz.

- [1] Filimonau, V., Dickinson, J., Robbins, D., Huijbregts, M.A.J., 2011. Reviewing the carbon footprint analysis of hotels: Life Cycle Energy Analysis (LCEA) as a holistic method for carbon impact appraisal of tourist accommodation, *J. Clean. Prod.* 19, 1917–1930.
- [2] Bäckstrand, K., Lövbrand, E. Research handbook on climate governance. Edward Elgar Pub, 2015.
- [3] John, V., 2012. Derivation of reliable simplification strategies for the comparative LCA of individual and "typical" newly built Swiss apartment buildings. Doctoral Thesis, ETH Zurich.
- [4] Alves, T., Machado, L., De Souza, R.G., De Wilde, P.,. Assessing the energy saving potential of an existing high-rise office building stock, *Energy Build.* 173, 547–561, 2018.
- [5] Ximenes, F.A., Grant, T., 2013. Quantifying the greenhouse benefits of the use of wood products in two popular house designs in Sydney , Australia, *Int. J. Life Cycle Assessment*, 18, 891–908.
- [6] I., Agustí-juan. “Environmental assessment of multi-functional building elements constructed with digital fabrication techniques”, *Int. J. Life Cycle Assess.* 24, 1027–1039, 2019.
- [7] M.L., Alcaraz, A., Noshadravan, M., Zgola, R.E., Kirchain, E.A., Olivetti, “Streamlined life cycle assessment: A case study on tablets and integrated circuits;”, *J. Clean. Prod.* 200, 819–826, 2018.
- [8] C., Álvarez-Rodríguez, M., Martín-gamboa, D., Iribarren. Combined use of Data Envelopment Analysis and Life Cycle Assessment for operational and environmental benchmarking in the service sector: A case study of grocery stores, *Sci. Total Environ.* 667, 799–808, 2019.
- [9] H., Achenbach, J.L., Wenker, S., Rüter. “Life cycle assessment of product and construction stage of prefabricated timber houses: a sector representative approach for Germany according to EN 15804, EN 15978 and EN 16485”, *Eur. J. Wood Prod.* 76, 711–729, 2018.
- [10] Z., Alwan, P., Jones. The importance of embodied energy in carbon footprint assessment, *Structural Survey*. 32, 49–60, 2014.
- [11] A., Arrigoni, M., Zucchinelli, D., Collatina, G., Dotelli. Life cycle environmental benefits of a forward-thinking design phase for buildings : the case study of a temporary pavilion built for an international exhibition, *J. Clean. Prod.* 187, 974–983, 2018.
- [12] F., Asdrubali, C., Baldassarri, V., Fthenakis. Life cycle analysis in the construction sector: Guiding the optimization of conventional Italian buildings, *Energy Build.* 64, 73–89, 2013.
- [13] M., Asif, T., Muneer, R., Kelley. Life cycle assessment: A case study of a dwelling home in Scotland, *Build. Environ.* 42, 1391–1394, 2007.

- [14] A., Atmaca. Life-cycle assessment and cost analysis of residential buildings in South East of Turkey : part 2 — a case study, *Int. J. Life Cycle Assess.* 21, 925–942, 2016.
- [15] L., Aye, T., Ngo, R.H., Crawford, R., Gammampila, P., Mendis. Life cycle greenhouse gas emissions and energy analysis of prefabricated reusable building modules, *Energy Build.* 47, 159–168, 2012.
- [16] A., Azzouz, M., Borchers, J., Moreira, A., Mavrogianni. Life cycle assessment of energy conservation measures during early stage office building design : A case study in London, UK, *Energy Build.* 139, 547–568, 2017.
- [17] H. Guo and H. L. Viktor, “Learning from imbalanced data sets with boosting and data generation: The databoost-im approach,” *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 6, 30–39, 2004.
- [18] D., Bansal., R., Singh, R.L., Sawhney. Effect of construction materials on embodied energy and cost of buildings—A case study of residential houses in India up to 60 m² of plinth area, *Energy Build.* 69, 260-266, 2013.
- [19] J., Bastos, S.A., Batterman, F., Freire. Life-cycle energy and greenhouse gas analysis of three building types in a residential area in Lisbon, *Energy Build.* 69, 344–353, 2014.
- [20] T., Bat, E., Case, C., Colli, A., Bataille, E., Antczak, F., Buyle-bodin. Life Cycle Assessment of a French Single-Family House Refurbishment, *Procedia CIRP.* 69, 160–165, 2018.
- [21] C., Bayer, M., Gamble, R., Gentry, S., Joshi. Guide to Building Life Cycle Assessment in Practice, *Am. Inst. Archit.* 1–193, 2010.
- [22] L., Ben-Alon, V., Loftness, K.A., Harries, G., Dipietro, E., Cochran. Cradle to site Life Cycle Assessment (LCA) of natural vs conventional building materials: A case study on cob earthen material., *Build. Environ.* 160, 106-150, 2019.
- [23] Davies, D., Johnson, L., Doepker, B., Hedlund, M., 2018. Quantifying Environmental Impacts of Structural Material Choices Using Life Cycle Assessment: A Case Study, *Embodied Carbon in Build*, 123-142.
- [24] Clavreul, J., Guyonnet, D., Christensen, T.H., 2012. Quantifying uncertainty in LCA-modelling of waste management systems, *Waste Manag.* 32, 2482–2495.
- [25] G.A., Blengini, T., Di Carlo, The changing role of life cycle phases, subsystems and materials in the LCA of low energy buildings, *Energy Build.* 42, 869–880, 2010.
- [26] M., Buyle, W., Galle, W., Debacker, A., Audenaert, Sustainability assessment of circular building alternatives: Consequential LCA and LCC for internal wall assemblies as a case study in a Belgian context, *J. Clean. Prod.* 218, 141–156, 2019.
- [27] De Meester, B., Dewulf, J., Janssens, A., Van Langenhove, H., 2006. An improved calculation of the exergy of natural resources for Exergetic Life Cycle Assessment (ELCA), *Environ. Sci. Technol.* 40, 6844–6851.
- [28] I., Cetiner, E., Edis, An environmental and economic sustainability assessment method for the retrofitting of residential buildings, *Energy Build.* 74, 132–140, 2014.

- [29] Chang, Y., Ries, R.J., Lei, S., 2012. The embodied energy and emissions of a high-rise education building : A quantification using Süreç bazlıhybrid life cycle inventory model, *Energy Build.* 55, 790–798.
- [30] Gardner, H., Garcia, J., Hasik, V., Olinzock, M., Gardner, Banawi, A., Bilec, M.M., 2019. Materials life cycle assessment of a living building, *Procedia CIRP.* 80, 458–463.
- [31] Chen, T.Y., Burnett, J., Chau, C.K., 2001. Analysis of embodied energy use in the residential building of Hong Kong, 26, 323–340.
- [32] Du, P., Wood, A., Stephens, B., Song, X., 2015. Life-Cycle Energy Implications of Downtown High-Rise vs. Suburban Low-Rise Living: An Overview and Quantitative Case Study for Chicago, *Buildings.* 5, 1003–1024.
- [33] G.A., Blengini, T., Di Carlo, Energy-saving policies and low-energy residential buildings: an LCA case study to support decision makers in Piedmont (Italy), *Int. J. Life cycle Assess.* 15, 652–665, 2010.
- [34] Cole, R.J., Kernan, 1996. Life-Cycle Energy Use in Office Buildings, *Building & Env.* 31, 307-317.
- [35] Ghattas, R., Greene, S., 2013. Life Cycle Assessment for Residential Buildings: A Literature Review and Gap Analysis, MIT sustainability Hub.
- [36] Crawford, R.H., 2005. Validation of the use of input-output data for embodied energy analysis of the Australian construction industry, *Construction Research.* 6, 71–90.
- [37] Crawford, R.H., Treloar, G.J., Fuller, R.J., Bazilian, M., 2006. Life-cycle energy analysis of building integrated photovoltaic systems (BiPVs) with heat recovery unit, *Renew. Sustain. Energy. Rev.* 10, 559–575.
- [38] Dahlstrom, O., Sornes, K., Tveit, S., Hertwich, E.G. 2012. Life cycle assessment of a single-family residence built to either conventional- or passive house standard, *Energy Build.* 54, 470–479.
- [39] S., Bhochhibhoya, M., Pizzol, W.M.J., Achten, R.K., Maskey, M., Zanetti, R., Cavalli, Comparative life cycle assessment and life cycle costing of lodging in the Himalaya, *Int. J. Life Cycle Assessment.* 22, 1851–1863, 2017.
- [40] De Cozar, G., Martinez, Lopez, G.C., Alfonsea, I.A., Ruiz, M., A., 2019. Life cycle assessment as a decision-making tool for selecting building systems in heritage intervention: Case study of Roman Theatre in Italica, Spain, *J. Clean. Prod.* 206, 27–39.
- [41] M., Cellura, M., Fontana, S., Longo, D., Milone, M., Mistretta, Energy and Environmental Assessment of Retrofit Actions on a Residential Building, *Path. to Env. Sus.*, 127-135, 2014.
- [42] Vukotic, L., Fenner, R.A., Symons, K., 2016. Assessing embodied energy of building structural elements, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability.* 163, 147–158.
- [43] Di, A., Eyckmans, J., Van Acker, K., 2018. Downcycling versus recycling of construction and demolition waste : Combining LCA and LCC to support sustainable policy making, *Waste Manag.* 75, 3–21.

- [44] Dimoudi, A., Tompa, C., 2008. Energy and environmental indicators related to construction of office buildings, *Resour. Conserv. Recycl.* 53, 86–95.
- [45] Ding, G.K.C., 2018. *Life Cycle Assessment in Buildings: An Overview of Methodological Approach*, Elsevier Ltd.
- [46] Georges, L., Haase, M., Wiberg, A.H., Risholt, B., Georges, L., Haase, M., Wiberg, A.H., Georges, L., Haase, M., Wiberg, A.H., Kristjansdottir, T., 2015. Life cycle emissions analysis of two nZEB concepts Life cycle emissions analysis of two nZEB concepts, *Build. Res. Inf.* 43, 1–12.
- [47] Doodoo, A., Gustavsson, L., Sathre, R., 2011. Building energy-efficiency standards in a life cycle primary energy perspective, *Energy Build.* 43, 1589–1597.
- [48] Giordano, R., Serra, V., Tortalla, E., Valentini, V., 2015. Embodied Energy and Operational Energy assessment in the framework of Nearly Zero Energy Building and Building Energy Rating, *Energy Procedia.* 78, 3204–3209.
- [49] Citherlet, S., Defaux, T., 2007. Energy and environmental comparison of three variants of a family house during its whole life span, *Build. Environ.* 42, 591–598.
- [50] Dylewski, R., Adamczyk, J., 2016. Study on ecological cost-effectiveness for the thermal insulation of building external vertical walls in Poland, *J. Clean. Prod.* 133, 467–478.
- [51] Evangelista, P.P.A., Kiperstok, A., Torres, E.A., Gonçalves, J.P., 2018. Environmental performance analysis of residential buildings in Brazil using life cycle assessment (LCA), *Constr. Build. Mater.* 169, 748–761.
- [52] Fay, R., Treloar, G., Iyer-raniga, U., 2010. Life-cycle energy analysis of buildings : a case study, *Building Res & Inov.* 28, 31–41.
- [53] Guarino, F., Cellura, M., Longo, S., Gulotta, T., Tumminia, G., Ferraro, M., Antonucci, V., 2016. Integration of building simulation and life cycle assessment: a TRNSYS application, *Energy Procedia.* 101, 360–367.
- [54] T., Abergel, B., Dean, J., Dulac, Hamilton, I., “Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector”, 2018 Global Status Report, UN Environment, 2018.
- [55] Foraboschi, P., Mercanzin, M., Trabucco, D., 2014. Sustainable structural design of tall buildings based on embodied energy, *Energy Build.* 68, 254–269.
- [56] Gan, V.J.L., Chan, C.M., Tse, K.T., Lo, I.M.C., Cheng, J.C.P., 2017. A comparative analysis of embodied carbon in high-rise buildings regarding different design parameters, *J. Clean. Prod.* 161, 663–675.
- [57] Heinonen, J., Junnila, S., 2011. A carbon consumption comparison of rural and urban lifestyles, *Sustainability.* 3, 1234–1249.
- [58] Gan, V.J.L., Deng, M., Tse, K.T., Chan, C.M., Lo, I.M.C., Cheng, J.C.P., 2018. Holistic BIM framework for sustainable low carbon design of high-rise buildings, *J. Clean. Prod.* 195, 1091–1104.
- [59] Garcia-ceballos, L., De Andres-díaz, J.R., Contreras-lopez, M.A., 2018. Life cycle study of different constructive solutions for building enclosures, *Sci. Total Environ.* 626, 1167–1174.

- [60] Chel, A., Tiwari, G.N., 2009. Thermal performance and embodied energy analysis of a passive house – Case study of vault roof mud-house in India, *Appl. Energy*. 86, 1956–1969.
- [61] Dixit, M.K., Fernández-Solís, J.L., Lavyö, S., Culp, C.H., 2010. Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review, *Energy Build.* 42, 1238–1247.
- [62] Collinge, W.O., Thiel, C.L., Campion, N.A., Al-Ghamdi, S.G., Woloschin, C.L., Soratana, K., Landis, A.E., Bilec, M.M., 2015. Integrating Life Cycle Assessment with Green Building and Product Rating Systems: North American Perspective, *Procedia Eng.* 118, 662–669.
- [63] Giordano, R., Serra, V., Demaria, E., Duzel, A., 2017. Embodied energy versus operational energy in a nearly zero energy building case study, *Energy Procedia*. 111, 367–376.
- [64] Dorer, V., Weber, A., 2009. Energy and CO₂ emissions performance assessment of residential micro-cogeneration systems with dynamic whole-building simulation programs, *Energy Convers. Manag.* 50, 648–657.
- [65] Grosso, M., Thiebat, F., 2015. Life cycle environmental assessment of temporary building constructions, *Energy Procedia*. 78, 3180–3185.
- [66] Fet, A.M., Skaar, C., 2006. Eco-labeling, product category rules and certification procedures based on ISO 14025 requirements, *Int. J. Life Cycle Assess.* 11, 49–54.
- [67] Guggemos, A.A., Horvath, A., 2005. Comparison of environmental effects of steel- and concrete-framed buildings, *J. Infrastruct. Syst.* 11, 93–101.
- [68] Zeitz, A., Griffin, C.T., Dusicka, P., 2019. Comparing the embodied carbon and energy of a mass timber structure system to typical steel and concrete alternatives for parking garages, *Energy Build.* 199, 126–133.
- [69] Hafner, A., Schäfer, S., 2018. Environmental aspects of material efficiency versus carbon storage in timber buildings, *Eur. J. Wood Prod.* 76, 1045–1059.
- [70] Kofoworola, O.F., Gheewala, S.H., 2008. Environmental life cycle assessment of a commercial office building in Thailand, 498–511.
- [71] Haynes, R., 2013. Embodied Energy Calculations within Life Cycle Analysis of Residential Buildings , 2010 (2013) 1–16.
- [72] Gan, V.J.L., Cheng, J.C.P., Lo, I.M.C., Chan, C.M., 2016. Developing a CO₂-e accounting method for quantification and analysis of embodied carbon in high-rise buildings, *J. Clean. Prod.*
- [73] Hennequin, T., Dong, Y., Arnbjerg-nielsen, K., 2019. Life cycle assessment of a typical European single-family residence and its flood related repairs, *J. Clean. Prod.* 228, 1334–1344.
- [74] Huang, L., Liu, Y., Krigsvoll, G., Johansen, F., 2018. Life cycle assessment and life cycle cost of university dormitories in the southeast China: Case study of the university town of Fuzhou, *J. Clean. Prod.* 173, 151–159.
- [75] Huberman, N., Pearlmutter, D., 2008. A life-cycle energy analysis of building materials in the Negev desert, 40, 837–848.

- [76] I.F. Hafliger, John, V., Passer, Lasvaux, A., S., Hoxha, E., Ruschi, M., Saade, M., Habert, G., 2017. Buildings environmental impacts sensitivity related to LCA modelling choices of construction materials, *J. Clean. Prod.*, 156, 805–816.
- [77] Ingrao, C., Scrucca, F., Tricase, C., Asdrubali, F., 2016. A comparative Life Cycle Assessment of external wall-compositions for cleaner construction solutions in buildings. *J. Clean. Prod.*, 124, 283–298.
- [78] Ipsen, K.L., Zimmermann, R.K., Nielsen, P.S., Birkved, M., 2019. Environmental assessment of Smart City Solutions using a coupled urban metabolism — life cycle impact assessment approach, In *t. J. Life Cycle assessment*. 24, 1239–1253.
- [79] Kua, H.W., Wong, C.L., 2012. Analysing the life cycle greenhouse gas emission and energy consumption of a multi-storied commercial building in Singapore from an extended system boundary perspective, *Energy Build.* 51, 6–14.
- [80] Tingley, D.D., Davison, B., 2012. Developing an LCA methodology to account for the environmental benefits of design for deconstruction, *Build. Environ.* 57, 387–395.
- [81] Jolliet, O., Margni, M., Charles, R., Humbert, S., Payet, J., Rebitzer, G., 2011. Milk Volume, Vitamin D Supplementation, Outdoor Activity and Season Are Important Predictors of Vitamin D Serum Level in Preschoolers: a Target Kids! Study, *Child Health (Oxford)*. 8, 324–330.
- [82] Jönsson, Å., 2000. Is it feasible to address indoor climate issues in LCA?, *Environ. Impact Assess. Rev.* 20, 241–259. doi:10.1016/S0195-9255(99)00039-6.
- [83] Junnila, S., 2016. Pre-use phase LCA of a multi-story residential building: Can greenhouse gas emissions be used as a more general environmental performance indicator ?, *Build. & Env.* 95, 116–125.
- [84] Junnila, S., Horvath, A., 2003. Life-cycle environmental effects of an office building, *J. Infrastruct. Syst.* 9, 157–166.
- [85] Lasvaux, S., Favre, D., Périsset, B., Bony, J., 2016. Life Cycle Assessment of energy related building renovation : methodology and case study, *Energy Procedia*. 78, 3496–3501.
- [86] Kadir, A., Marsono, B., Tighnavard, A., 2015. Combinations of building construction material for residential building for the global warming mitigation for Malaysia, *Constr. Build. Mater.* 85, 100–108.
- [87] Lewandowska, A., Noskowiak, A., Pajchrowski, G., 2013. Comparative life cycle assessment of passive and traditional residential buildings' use with a special focus on energy-related aspects, *Energy Build.* 67, 635–646.
- [88] Morales, P., Letelier, V., Mu, L., Mora, D., Mu, P., 2017. Implications of Life Cycle Energy Assessment of a new school building, regarding the nearly Zero Energy Buildings targets in EU : A case of Study, *Sustainable Cities and Societies*, 32, 142–152.
- [89] Kneifel, J., 2010. Life-cycle carbon and cost analysis of energy efficiency measures in new commercial buildings, *Energy Build.* 42, 333–340.

- [90] Koezjakov, A., Urge-vorsatz, D., Crijns-graus, W., Van Den Broek, M., 2018. Energy & Buildings The relationship between operational energy demand and embodied energy in Dutch residential buildings, *Energy Build.* 165, 233–245.
- [91] Hasik, V., Escott, E., Bates, R., Carlisle, S., Faircloth, B., Bilec, M.M., 2019. Comparative whole-building life cycle assessment of renovation and new construction, *Build. Environ.* 161, 106218.
- [92] König, H., De Cristofaro, M.L., 2012. Benchmarks for life cycle costs and life cycle assessment of residential buildings, *Build. Res. Inf.* 40, 558–580.
- [93] Lasvaux S., Lebert, A. Achim, F., Grannec, F., Hoxha, E., Nibel, S., Schiopu, N., Chevalier, J., 2017. Towards guidance values for the environmental performance of buildings : application to the statistical analysis of 40 low-energy single family houses LCA in France, 657–674.
- [94] Kovacic, I., Reisinger, J., Honic, M., 2018. Life Cycle Assessment of embodied and operational energy for a passive housing block in Austria, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 82, 1774–1786.
- [95] ISO, 2016. Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework, *Int. Organ. Stand.* 3, 20.
- [96] La Notte, A., Tonin, S., Lucaroni, G., 2018. Assessing direct and indirect emissions of greenhouse gases in road transportation, taking into account the role of uncertainty in the emissions inventory, *Environ. Impact Assess. Rev.* 69, 82–93.
- [97] Kova, R., 2018. Environmental impact assessment of building envelope components for low-rise buildings, 163, 501–512.
- [98] Junnila, S., Horvath, A., Guggemos, A.A., 2006. Life-Cycle Assessment of Office Buildings in Europe and the United States, *Infrastructure systems.*, 12, 10–17.
- [99] Lasvaux, S., Habert, G., Peuportier, B., Chevalier, J., 2015. Comparison of generic and product-specific Life Cycle Assessment databases: application to construction materials used in building LCA studies, *Int. J. Life Cycle Assess.* 20, 1473–1490.
- [100] Kmetkova, J., Krajcik, M., 2015. Energy efficient retrofit and life cycle assessment of an apartment building, *Energy Procedia.* 78, 3186–3191.
- [101] Lee, B., Trcka, M., Hensen, J.L.M., 2011. Embodied energy of building materials and green building rating systems — A case study for industrial halls, *Sustain. Cities Soc.* 1, 67–71.
- [102] Karunathilake, H., Hewage, K., Sadiq, R., 2019. Optimal renewable energy supply choices for net-zero ready buildings: A life cycle thinking approach under uncertainty, *Energy Build.* 201, 70-89.
- [103] Li, J., Rismanchi, B., Ngo, T., 2019. Feasibility study to estimate the environmental benefits of utilising timber to construct high-rise buildings in Australia, *Build. Environ.* 147, 108–120.
- [104] Li, S., Yan, H., Chen, J., Shen, L., 2017. A Life Cycle Analysis Approach for Embodied Carbon for a Residential Building Embodied Carbon Residential building, *Proceedings of the 20th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate.* Springer, Singapore. 1185-1196.

- [105] Lolli, N., Mamo, S., Inman, M., 2017. A parametric tool for the assessment of operational energy use, embodied energy and embodied material emissions in building, *Energy Procedia*. 111, 21–30.
- [106] Napolano, L., Menna, C., 2015. LCA-based study on structural retrofit options for masonry buildings, *J. Life Cycle Assessment*. 20, 23–35.
- [107] Motuzienė, V., Rogoža, A., Lapinskienė, V., Vilutienė, T., 2016. Construction solutions for energy efficient single-family house based on its life cycle multi-criteria analysis: a case study, *J. Clean. Prod.*, 112, 532–541.
- [108] Lotfabadi, P., 2014. High-rise buildings and environmental factors, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 38, 285–295.
- [109] Lützkendorf, T., Foliente, G., Balouktsi, M., Wiberg, A.H., 2015. Net-zero buildings: Incorporating embodied impacts, *Build. Res. Inf.* 43, 62–81.
- [110] Nadoushani, Z.S.M., Akbarnezhad, A., Comparative Analysis of Embodied Carbon Associated with Alternative Structural Systems.
- [111] Macias, J., Iturburu, L., Rodriguez, C., Agdas, D., Boero, A., Soriano, G., 2017. Embodied and operational energy assessment of different construction methods employed on social interest dwellings in Ecuador, *Energy Build.* 151, 107–120.
- [112] Onat, N.C., Kucukvar, M., Tatari, O., 2014. Integrating triple bottom line input – output analysis into life cycle sustainability assessment framework: the case for US buildings, *Int. J. of life Cycle Assess.* 19, 1488–1505.
- [113] López, C.D., Carpio, M., Martín-morales, M., 2019. A comparative analysis of sustainable building assessment methods, *Sustain. Cities Soc.* 49, 101611.
- [114] Meneghelli, A., 2018. SC, *Build. Environ.* (2018), Whole-building embodied carbon of a North American LEED-certified library: Sensitivity analysis of the environmental impact of buildings materials, *Build & Env.* 134, 230–241.
- [115] Menna, C., Asprone, D., Jalayer, F., 2013. Assessment of ecological sustainability of a building subjected to potential seismic events during its lifetime, *Int. J. life Cycle assessment*. 18, 504–515.
- [116] Ortiz, O., Bonnet, C., Bruno, J.C., Castells, F., 2009. Sustainability based on LCM of residential dwellings: A case study in Catalonia, Spain, *Build. Environ.* 44, 584–594.
- [117] Mithraratne, N., Vale, B., 2004. Life cycle analysis model for New Zealand houses, 39, 483–492.
- [118] Weiler, V., Harter, H., Eicker, U., 2016. Life cycle assessment of buildings and city quarters comparing demolition and reconstruction with refurbishment, *Energy Build.* 134, 319–328.
- [119] Monteir, H. o, Freire, F., 2012. Life-cycle assessment of a house with alternative exterior walls: Comparison of three impact assessment methods, *Energy Build.* 47, 572–583.
- [120] Monteiro, H., Fernández, J.E., Freire, F., 2016. Comparative life-cycle energy analysis of a new and an existing house: The significance of occupant's habits, building systems and embodied energy, *Sustain. Cities Soc.* 26, 507–518.

- [121] Lawania, K., Biswas, W.K., 2018. Application of life cycle assessment approach to deliver low carbon houses at regional level in Western Australia Building Council of Australia, *Int. J. Life Cycle Assessment*. 23, 204–224.
- [122] Morel, J.C., Mesbah, A., Oggero, M., Walker, P., 2001. Building houses with local materials: means to drastically reduce the environmental impact of construction, 36, 1119–1126.
- [123] Moschetti, R., Brattebø, H., Sparrevik, M., 2019. Exploring the pathway from zero-energy to zero-emission building solutions : A case study of a Norwegian office building, *Energy Build*. 188–189, 84–97.
- [124] López-Ocho, L.M., Las-Heras-Casas, J., López-González, L.M., Olasolo-Alonso, P., 2018. Environmental and energy impact of the EPBD in residential buildings in hot and temperate Mediterranean zones: The case of Spain, *Energy*, 161, 618–634.
- [125] Mourão, J., Gomes, R., Matias, L., Niza, S., 2019. Combining embodied and operational energy in buildings refurbishment assessment, *Energy & Buildings*. 197, 34–46.
- [126] Nygaard, F., Malmqvist, T., Moncaster, A., 2018. Analysing methodological choices in calculations of embodied energy and GHG emissions from buildings, *Energy Build*. 158, 1487–1498.
- [127] Lyslo, J., André, R., Lohne, J., 2016. High-Rise Timber Buildings as a Climate Change Mitigation Measure - A Comparative LCA of Structural System Alternatives, *Energy Procedia*. 96, 112–123.
- [128] Odoemene, A., 2017. Climate change and land grabbing, *Res. Handb. Clim. Chang. Agric. Law*. 423–449.
- [129] Nautiyal, H., Shree, V., Singh, P., Khurana, S., Goel, V., 2018. Life Cycle Assessment of an Academic Building: A Case Study, Elsevier Inc.
- [130] Mehta, S., Chandur, A., Palaniappan, S., 2017. Life Cycle Energy Assessment of a Multi-storey Residential Building, *J. Inst. Eng. Ser. A*. 98, 155–162.
- [131] Murali Krishna, I. V., Manickam, V., 2017. Life Cycle Assessment
- [132] Nolan, T., Doyle-kent, M., 2018. An Investigation into the Role of the Building Structure on Energy Use & CO₂ Emissions over the Life Cycle of a Medium-Rise Residential Building, *IFAC-Papers On Line*. 51, 60–65.
- [133] Marsh, R., 2016. LCA profiles for building components: strategies for the early design process, *Building Research & Innovation*. 44, 358–375.
- [134] Rodríguez Serrano, A.A., Porras Álvarez, S., 2016. Life Cycle Assessment in Building: A Case Study on the Energy and Emissions Impact Related to the Choice of Housing Typologies and Construction Process in Spain, *Sustainability*. 8, 287.
- [135] Oregi, X., Hernandez, P., Hernandez, R., 2017. Analysis of life-cycle boundaries for environmental and economic assessment of building energy refurbishment projects PHASE, *Energy Build*. 136, 12–25.
- [136] Winistorfer, P., Chen, Z., Lippke, B., Stevens, S., 2006. Energy consumptions and Greenhouse Gas emissions related ti the use, maintenance, and disposal of a residential structure, *Wood and Fiber Science*. 37, 128–139.

- [137] Radhi, H., Sharples, S., 2013. Global warming implications of facade parameters: A life cycle assessment of residential buildings in Bahrain, *Environ. Impact Assess. Rev.* 38, 99–108.
- [138] Oviir A., 2016. Life cycle assessment (LCA) in the framework of the next generation Estonian building standard Building certification as a strategy for enhancing sustainability, *Energy Procedia.* 96, 351–362.
- [139] Ramesh, T., Prakash, R., Shukla, K.K., 2010. Life cycle energy analysis of buildings: An overview, *Energy Build.* 42, 1592–1600.
- [140] Pargana, N., Duarte, M., Dinis, J., De Brito. J., 2014. Comparative environmental life cycle assessment of thermal insulation materials of buildings, *Energy Build.* 82, 466–481.
- [141] Passer, A., Kreiner, H., Maydl, P., 2012. Assessment of the environmental performance of buildings : A critical evaluation of the influence of technical building equipment on residential buildings, *Int. J. Life Cycle Assessment.* 17, 1116–1130.
- [142] Robertson, A.B., Lam, F.C.F., Cole, R.J., 2012. A Comparative Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment of Mid-Rise Office Building Construction Alternatives: Laminated Timber or Reinforced Concrete, *Buildings* 2, 245–270.
- [143] Pearlmutter, D., Freidin, C., Huberman, N., 2007. Alternative materials for desert buildings: a comparative life cycle energy analysis: a comparative life cycle energy analysis, *Build. Research & Info.* 35, 37–41.
- [144] Rios, F.C., Grau, D., Chong, W.K., 2019. Reusing exterior wall framing systems : A cradle-to-cradle comparative life cycle assessment, *Waste Manag.* 94, 120–135.
- [145] Petersen, A.K., Solberg, B., 2002. Greenhouse gas emissions, life-cycle inventory and cost-efficiency of using laminated wood instead of steel construction: Case: beams at Gardermoen airport, *Env. Sci. Pol.* 5, 169–182.
- [146] Petrovic, B., Myhren, J.A., Zhang, X., Wallhagen, M., Eriksson, O., 2019. Life cycle assessment of a wooden single-family house in Sweden, *Appl. Energy.* 251, 113253.
- [147] Sartori, I., Hestnes, A.G., 2007. Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article, *Energy Build.* 39, 249–257.
- [148] Pommier, R., Grimaud, G., Prinçaud, M., Perry, N., Sonnemann, G., 2016. Comparative environmental life cycle assessment of materials in wooden boat ecodesign, *Int. J. life Cycle Assessment* 21, 265–275.
- [149] Thormark, C.Å., 2006. The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building, 41, 1019–1026.
- [150] Praseeda, K.I., Reddy, B.V.V., Mani, M., 2016. Embodied and operational energy of urban residential buildings in India, *Energy Build.* 110, 211–219.
- [151] Puettmann, M.E., Wilson, J.B., 2005. Life-cycle analysis of wood products: Cradle-to-gate LCI of residential wood building materials, *Wood Fiber Sci.* 37, 18–29.
- [152] R.J. Cole, 1999. Construction of Alternative Structural Systems, *Build. Environ.* 34, 335–348.
- [153] Ostermeyer, Y., Wallbaum, H., Reuter, F., 2013. Multidimensional Pareto optimization as an approach for site-specific building refurbishment solutions

- applicable for life cycle sustainability assessment, *Int. J. Life Cycle Assess.* 18, 1762–1779.
- [154] Rajagopalan, N., Bilec, M.M., Landis, A.E., 2012. Life cycle assessment evaluation of green product labeling systems for residential construction, *Int. J. Life Cycle Assess.* 17, 753–763.
 - [155] Paleari, M., Lavagna, M., Campioli, A., 2016. The assessment of the relevance of building components and life phases for the environmental profile of nearly zero-energy buildings : life cycle assessment of a multifamily building in Italy, *Int. J. Life Cycle Assess.* 21, 1667–1690.
 - [156] Ramesh, T., Prakash, R., Shukla, K.K., 2012. Life cycle energy analysis of a residential building with different envelopes and climates in Indian context, *Appl. Energy.* 89, 193–202.
 - [157] Ramírez-Villegas, R., Eriksson, O., Olofsson, T., 2019. Life cycle assessment of building renovation measures–trade-off between building materials and energy, *Energies.* 12.
 - [158] Rauf, A., Crawford, R.H., 2015. Building service life and its effect on the life cycle embodied energy of buildings, *Energy* 79, 140–148.
 - [159] Peñaloza, D., 2013. Life Cycle Assessment of Different Building Systems: The Wälluden Case Study, SP Technical Research Institute of Sweden.
 - [160] Ristimäki, M., Säynäjoki, A., Heinonen, J., Junnila, S., 2013. Combining life cycle costing and life cycle assessment for an analysis of a new residential district energy system design, *Energy.* 63, 168–179.
 - [161] Paulsen, J.S., Sposto, R.M., 2013. A life cycle energy analysis of social housing in Brazil : Case study for the program “MY HOUSE MY LIFE”, *Energy Build.* 57, 95–102.
 - [162] Rodrigues, F., Matos, R., Alves, A., Ribeiro, P., Rodrigues, H., 2018. Building life cycle applied to refurbishment of a traditional building from, *J. Build. Eng.* 17, 84–95.
 - [163] Milaj, K., Sinha, A., Miller, T.H., Tokarczyk, J.A., 2017. Environmental Utility of Wood Substitution in Commercial Buildings Using Life Cycle Analysis, *Wood and Fiber Sci.* 49(3), 1-21.
 - [164] Rossi, B., Marique, A.F., Glaumann, M., Reiter, S., 2012. Life-cycle assessment of residential buildings in three different European locations, basic tool, *Build. Environ.* 51, 395–401.
 - [165] Rossi, E., Sales, A., 2014. Carbon footprint of coarse aggregate in Brazilian construction, *Constr. Build. Mater.* 72, 333–339.
 - [166] Wang, J., Yu, C., Pan, W., 2018. Energy & Buildings Life cycle energy of high-rise office buildings in Hong Kong, *Energy Build.* 167, 152–164.
 - [167] Säynäjoki, A., Heinonen, J., Junnonen, J., Junnila, S., 2017. Input – output and process LCAs in the building sector : are the results compatible with each other ?, *Carbon Manag.* 8, 1–12.

- [168] Trabucco, D., Wood, A., Vassart, O., Popa, N., 2016. A Whole LCA of the Sustainable Aspects of Structural Systems in Tall Buildings, *Int. J. High-Rise Build.* 5, 71–86.
- [169] Traverso, M., Rizzo, G., Finkbeiner, M., 2010. Environmental performance of building materials: life cycle assessment of a typical Sicilian marble, *Int. J. Life Cycle Assess.* 15, 104–114.
- [170] Seo, M., Kim, T., Hong, G., Kim, H., 2016. On-Site Measurements of CO₂ Emissions during the Construction Phase of a Building Complex, *Energies*. 9, 1–13.
- [171] Van Ooteghem K., Xu, L., 2012. The life-cycle assessment of a single-storey retail building in Canada, *Build. Environ.* 49, 212–226.
- [172] Sharma, A., Saxena, A., Sethi, M., Shree, V., 2011. Varun, Life cycle assessment of buildings: A review, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 15, 871–875.
- [173] Tulevech, S.M., Hage, D.J., Jorgensen, S.K., Guensler, C.L., Himmler, R., Gheewala, S.H., 2018. Life cycle assessment: a multi-scenario case study of a low-energy industrial building in Thailand, *Energy Build.* 168, 191–200.
- [174] Srinivasan, R.S., Ingwersen, W., Trucco, C., Ries, R., Campbell, D., 2014. Comparison of energy-based indicators used in life cycle assessment tools for buildings, *Build. Environ.* 79, 138–151.
- [175] Tetley, U.Y.A., Dodoo, A., Gustavsson, L., 2018. Effect of different frame materials on the primary energy use of a multi storey residential building in a life cycle perspective, *Energy Build.* 185, 259–271.
- [176] Su, X., Zhang, X., 2016. A detailed analysis of the embodied energy and carbon emissions of steel-construction residential buildings in China, *Energy Build.*
- [177] Utama, A., Gheewala, S.H., 2009. Indonesian residential high rise buildings: A life cycle energy assessment, *Energy Build.* 41, 1263–1268.
- [178] Takano, A., Kumar, S., Kuitinen, M., Alanne, K., Hughes, M., Winter, S., 2015. The effect of material selection on life cycle energy balance: A case study on a hypothetical building model in Finland, *Build. Environ.* 89, 192–202.
- [179] Tavares, V., Lacerda, N., Freire, F., 2019. Embodied energy and greenhouse gas emissions analysis of a prefabricated modular house : The “ Moby ” case study, *J. Clean. Prod.* 212, 1044–1053.
- [180] Stephan, A., Stephan, L., 2016. Life cycle energy and cost analysis of embodied, operational and user-transport energy reduction measures for residential buildings, *Appl. Energy*. 161, 445–464.
- [181] Tevis, R., Schuster, N., Evans, F., Himmler, R., Gheewala, S.H., 2019. A multi-scenario life cycle impact comparison of operational energy supply techniques for an office building in Thailand, *Energy Build.* 190, 172–182.
- [182] Pomponi, F., Piroozfar, P.A.E., Southall, R., Ashton, P., Farr, E.R.P., 2015. Life cycle energy and carbon assessment of double skin façades for office refurbishments, *Energy Build.* 109, 143–156

- [183] J. Van Hulse, T. M. Khoshgoftaar, and A. Napolitano, “Experimental perspectives on learning from imbalanced data,” in *Proceedings of the 24th international conference on Machine learning*, ACM, 935–942, 2007.
- [184] Tokede, O.O., Love, P.E.D., Ahiaga-dagbui, D.D., 2018. Life cycle option appraisal in retrofit buildings, *Energy Build.* 178, 279–293.
- [185] Trabucco, D., 2012. Life Cycle Energy Analysis of Tall Buildings: Design Principles, CTBUH 2012 9th World Congr. Shanghai. 447–453.
- [186] Scheuer, C., Keoleian, G.A., Reppe, P., 2003. Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications, *Energy Build.* 35, 1049–1064.
- [187] Schlegl, F., Gantner, J., Traunspurger, R., Albrecht, S., Leistner, P., 2019. LCA of buildings in Germany: Proposal for a future benchmark based on existing databases, *Energy & Buildings.* 194, 342–350.
- [188] Tulevech, S.M., Hage, D.J., Jorgensen, S.K., Guensler, C.L., Himmler, R., Gheewala, S.H., 2018. Life cycle assessment: a multi-scenario case study of a low-energy industrial building in Thailand, *Energy Build.* 168, 191–200.
- [189] Sinha, A., Kutnar, A., 2012. Carbon Footprint versus Performance of Aluminum, Plastic, and Wood Window Frames from Cradle to Gate, *Buildings.* 2, 542–553.
- [190] Upton, B., Miner, R., Spinney, M., Heath, L.S., 2008. The greenhouse gas and energy impacts of using wood instead of alternatives in residential construction in the United States, *Biomass and Bioenergy.* 32, 1–10.
- [191] Taborianski, V.M., Prado, R.T.A., 2012. Methodology of CO₂ emission evaluation in the life cycle of office building façades, *Environ. Impact Assess. Rev.* 33, 41–47.
- [192] Shah, V.P., Debell, D.C., Ries, R.J., 2008. Life cycle assessment of residential heating and cooling systems in four regions in the United States, *Energy Build.* 40, 503–513.
- [193] Viswanadham, M., Eshwariah, S., 2013. Life cycle assessment of buildings, Elsevier Inc.
- [194] Vuarnoz, D., Cozza, S., Jusselme, T., Magnin, G., Schafer, T., Couty, P., Niederhauser, E., 2018. Integrating hourly life-cycle energy and carbon emissions of energy supply in buildings, *Sustain. Cities Soc.* 43, 305–316.
- [195] De Meester, B., Dewulf, J., Verbeke, S., Janssens, A., Van Langenhove, H., 2009. Exergetic life-cycle assessment (ELCA) for resource consumption evaluation in the built environment, *Build. & Env.*, 44, 11–17.
- [196] Wallhagen, M., Glaumann, M., Malmqvist, T., 2011. Basic building life cycle calculations to decrease contribution to climate change e Case study on an office building in Sweden, *Build. Environ.* 46, 1863–1871.
- [197] Peuportier, B.L.P., 2001. Life cycle assessment applied to the comparative evaluation of single-family houses in the French context, *Energy and Build.* 33, 443–450.
- [198] Weidema, B., Wenzel, H., Petersen, C., Hansen, K., 2004. The product, functional unit and reference flows in LCA, *Environ. News.* 70, 46.

- [199] Xue, P., Mak, C. M., & Cheung, H. D. (2014). The effects of daylighting and human behavior on luminous comfort in residential buildings: A questionnaire survey. *Building and Environment*, 81, 51–59.
- [200] Weißenberger, M., Jensch, W., Lang, W., 2014. The convergence of life cycle assessment and nearly zero-energy buildings: The case of Germany, *Energy Build.* 76, 551–557.
- [201] Whitehead, B., Andrews, D., Shah, A., 2015. The life cycle assessment of a UK data centre, *Int. J. Life Cycle Assess.* 20, 332–349.
- [202] Ortiz, O., Castells, F., Sonnemann, G., 2010. Operational Energy in the life cycle of residential dwellings: The experience of Spain and Colombia, *Appl. Energy.* 87, 673–680.
- [203] Yan, H., Shen, Q., Fan, L.C.H., Wang, Y., Zhang, L., 2010. Greenhouse gas emissions in building construction : A case study of One Peking in Hong Kong, 45, 949–955.
- [204] Worth, Z., 2007. Combined life-cycle cost assessment of roof construction, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability.* 160, 189–198.
- [205] Wrålsen, B., Born, R.O., Skaar, C., 2018. Energy & Buildings Life cycle assessment of an ambitious renovation of a Norwegian apartment building to nZEB standard, 177, 197–206.
- [206] Zhang, W., Tan, S., Lei, Y., Wang, S., 2014. Life cycle assessment of a single-family residential building in Canada : A case study, *Build. Simulation.* 7, 429–438.
- [207] Wu, X., Peng, B., Lin, B., 2017. A dynamic life cycle carbon emission assessment on green and non-green buildings in China, *Energy Build.* 149, 272–281.
- [208] Xiao, J., Wang, C., Ding, T., Akbarnezhad, A., 2018. A recycled aggregate concrete high-rise building : Structural performance and embodied carbon footprint, *J. Clean. Prod.* 199, 868–881.
- [209] A.A., Acquaye, A.P., Duffy, B., Basu. “Stochastic hybrid embodied CO₂-eq analysis : An application to the Irish apartment building sector”, *Energy Build.* 43, 1295–1303, 2011.
- [210] Xing, S., Xu, Z., Jun, G., 2008. Inventory analysis of LCA on steel- and concrete-construction office buildings, *Energy Build.* 40, 1188–1193.
- [211] Woon, S., Kwan, B., Su, J., Seon, H., 2016. Sustainable design model to reduce environmental impact of building construction with composite structures, *J. Clean. Prod.* 137, 823–832.
- [212] Yang, W., Qi, Z., 2016. Quantification of CO₂ emissions of macro-infrastructure in China with simplified life cycle assessment, *Nat. Hazards.* 82, 545–569.
- [213] Yao, U., Tettey, A., Dodoo, A., Gustavsson, L., 2014. Effects of different insulation materials on primary energy and CO₂ emission of a multi-storey residential building, *Energy Build.* 82, 369–377.
- [214] Yung, P., Lam, K.C., Yu, C., 2013. An audit of life cycle energy analyses of buildings, *Habitat Int.* 39, 43–54.

- [215] Gustavsson, L., Joelsson, A., Sathre, R., 2010. Life cycle primary energy use and carbon emission of an eight-storey wood-framed apartment building, 42, 230–242.
- [216] Zhan, J., Liu, W., Wu, F., Li, Z., Wang, C., 2018. Life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions of urban residential buildings in Guangzhou city, J. Clean. Prod. 194, 318-326.
- [217] Wu, H.J., Yuan, Z.W., Zhang, L., Bi, J., 2012. Life cycle energy consumption and CO₂ emission of an office building in China, Int. J. Life Cycle Assess. 17, 105–118.
- [218] Zhang, Z., Wu, X., Yang, X., Zhu, Y., 2006. BEPAS — a life cycle building environmental performance assessment model, 41, 669–675.
- [219] Korolija, I., Marjanovic-Halburd, L., Zhang, Y., & Hanby, V. I. (2011). Influence of building parameters and HVAC systems coupling on building energy performance. Energy and Buildings, 43(6), 1247–1253.
- [220] Parameshwaran, R., Harikrishnan, S., & Kalaiselvam, S. (2010). Energy efficient PCM-based variable air volume air conditioning system for modern buildings. Energy and Buildings, 42(8), 1353–1360.
- [221] Monahan, J., Powell, J.C., 2011. An embodied carbon and energy analysis of modern methods of construction in housing: A case study using a lifecycle assessment framework, Energy Build. 43, 179–188.

Genel Kamuoyu Araştırması için Örnek Anket (Türkçe)

Doktora Tezi Anket Çalışması

“Yüksek Katlı Binaların Çevresel Performansının Değerlendirilmesi”

Bu anket çalışması kapsamında elde edilecek veriler Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Doktora öğrencisi Majid Bahramian tarafından yürütülen araştırma çalışması kapsamında kullanılacaktır. Verdiğiniz tüm bilgiler kesinlikle gizlilik içinde ele alınacak ve sadece bu proje için kullanılacaktır. Kişisel ayrıntılar bu ankette ve bu anketin verilerini kullanan yayınlarda açıklanmayacak veya tanımlanmayacaktır. Toplanan bilgiler, Haziran 2021’de, yani tezin gönderilmesinden sonra tamamen imha edilecektir. Bu ankete verdiğiniz yanıt tamamen isteğe bağlıdır. Anket ile ilgili herhangi bir sorunuz varsa lütfen Majid Bahramian ile e-posta ile iletişime geçiniz: majid.bahramian@std.yildiz.edu.tr

Bölüm I - Çalışmanın amacı

Bu araştırmanın amacı:

- Yüksek Katlı Binaların çevresel performansını etkileyen kritik faktörleri değerlendirmek
- Yüksek Katlı Binaların iç yaşam kalitesini etkileyen temel faktörleri değerlendirmek.
- Yüksek Katlı Binaların çevresel performansının nasıl iyileştirileceğini önermek

Gizlilik

Verdiğiniz tüm bilgiler kesinlikle gizlilik içinde ele alınacak ve sadece bu proje için kullanılacaktır. Kişisel ayrıntılar bu ankette ve bu anketin verilerini kullanan yayınlarda açıklanmayacak veya tanımlanmayacaktır. Toplanan bilgiler, Haziran 2021’de, yani tezin gönderilmesinden sonra tamamen imha edilecektir.

Bu ankete verdiğiniz yanıt tamamen isteğe bağlıdır. Anket ile ilgili herhangi bir sorunuz varsa lütfen Majid Bahramian ile e-posta ile iletişime geçiniz :majid.bahramian@std.yildiz.edu.tr

Bölüm A - Katılımcıların arka plan bilgileri

1. Çevre alanında herhangi bir eğitim aldınız mı? ☐ Evet ☐ Hayır
2. İnşaat sektöründe çalışıyor musunuz? ☐ Evet ☐ Hayır
3. Eğitim seviyeniz nedir? ☐ Ortaokul veya altı ☐ Ortaöğretim sonrası veya yükseköğretim ☐ Lisansüstü derecesi veya üstü

Bölüm B Yeşil binaların çevresel yönü

Yeşil Bina: binaların sürdürülebilir tasarım yoluyla doğal çevre daha az etki veren binalar olarak söylenir.

Lütfen yeşil binaların önemi hakkında görüşlerinizi belirtiniz.

	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Tarafsız	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum
(a) Gerçek çevresel performansa sahip yeşil binalar çevrenin korunmasına yardımcı olabilir	☐	☐	☐	☐	☐
(b) Türkiye'deki binalar daha yeşil olmalı	☐	☐	☐	☐	☐

(c) Türkiye'deki yeşil binaların gerçek çevresel performansa ulaşması önemlidir	☐	☐	☐	☐	☐
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

4. Lütfen yeşil binaların çevresel performansını etkileyen aşağıdaki faktörlerin ne kadar önemli olduğunuzu belirtiniz (1 = en az önemli, 5 = en önemli ölçeği kullanarak)

	1 En az önemli	2	3	4	5 En önemli
(a) Kullanım ömrü boyunca çevre kirliliği en aza indirmek veya azaltmak	☐	☐	☐	☐	☐
(b) Sera gazını en aza indirmek veya azaltmak	☐	☐	☐	☐	☐
(c) Enerji tasarrufu	☐	☐	☐	☐	☐
(d) Yenilenebilir enerji tesislerini, ör. güneş paneller, rüzgar türbinleri kullanmak	☐	☐	☐	☐	☐
(e) Su tüketiminden tasarruf etmek	☐	☐	☐	☐	☐
(f) Atıkları azaltmak	☐	☐	☐	☐	☐
(g) Doğal kaynakları yeniden kullanmak ve geri dönüştürmek	☐	☐	☐	☐	☐
(h) İç mekan ortam kalitesini, ör. hava kalitesi, havalandırma, termal konfor ve aydınlatma sağlamak	☐	☐	☐	☐	☐

5. Yeşil binaların çevresel ve ekonomik performansı ile ilgili diğer yorumlar... [Ülkenizin adı].

Anket Soruları – Konut Yapılar

- 1) Evde haftada kaç saat geçiriyorsunuz?
- 2) Ayakta veya otururken, göz hizasının üzerindeki pencereler de dahil olmak üzere, kendi bölgenizden dış manzaranız var mı?
- 3) Pencereniz hangi yöne bakıyor? Kuzey ☐ Doğu ☐ Güney ☐ Batı ☐
- 4) Lütfen aşağıdaki soruları puanlayınız.

1 = Kesinlikle katılmıyorum; 3 = Nötr; 5 = Kesinlikle katılıyorum

- Gün ışığı seviyesi, yani pencere panjurları veya gölgeleri ile =
 - Işık seviyesi, yani bir anahtar ile=
 - Hava besleme sıcaklığı, yani bir termostat ile=
 - Hava besleme hacmi ve / veya yönü, yani ayarlanabilir bir havalandırma deliği ile=
- 5) Sıcak havalarda, evdeki sıcaklıktan memnunum.
 - 6) Soğuk havalarda, evdeki sıcaklıktan memnunum.
 - 7) Genellikle evdeki sıcaklıktan memnunum.
 - 8) Sıcak havalarda, havanın evde çok nemli olduğunu düşünüyorum.
 - 9) Soğuk havalarda, havanın evde çok kuru olduğunu düşünüyorum.
 - 10) Genel olarak evdeki nemden memnunum.
 - 11) Sıcak havalarda, evdeki havalandırmadan memnunum
 - 12) Soğuk havalarda, evdeki havalandırmadan memnunum.
 - 13) Evde hava havalandırmadan genellikle memnunum.
 - 14) Sıcaklık, nem ve havalandırma ile ilgili önceki kısımlar da değerlendirildiğinde, genellikle evdeki termal konfordan memnunum.
 - 15) Evde havanın temiz olduğuna inanıyorum.
 - 16) Evinizde ne tür aydınlatma sağlanmaktadır?
 - Tepe aydınlatması (tavandaki veya duvarlardaki armatürler tarafından sağlanan aydınlatma)
 - Görev aydınlatması (masa lambaları gibi evdeki kişisel armatürler tarafından sağlanan aydınlatma) Diğer (lütfen belirtiniz)

1 = Kesinlikle katılmıyorum; 3 = Nötr; 5 = Kesinlikle katılıyorum

- 17) Evim çok aydınlık.
 18) Evim çok karanlık.
 19) Odalarda yeterli miktarda gün ışığı vardır.
 20) Odalarda yeterli miktarda vardır.
 21) Evde parlama veya yansıma ile ilgili bir sorun var.
 22) Genellikle evdeki aydınlatma kalitesinden memnunum.
 23) Evimde insanlardan kaynaklı gürültü çok yüksek.
 24) Evimdeki gürültü arka plan aktiviteleri (mekanik ekipman ve dış mekan sesleri gibi) nedeniyle çok yüksek.
 25) Evimde akustik ile ilgili sorun (ses normalde çok yüksek veya normalden çok düşük) var
 26) Genellikle evde akustik kaliteden memnunum.

1 = Güçlü olumsuz etki; 3 = Nötr; 5 = Güçlü olumlu etki

- 27) Evinizdeki gürültü seviyesi sağlığını etkiler mi?
 28) İç ortam çevre kalitesi ile ilgili (termal konfor, hava kalitesi, aydınlatma ve akustik dahil), evinizdeki genel iç ortam kalitesi sağlığını nasıl etkiler?
 29) Sıcak havalarda evinizdeki sıcaklığı birkaç derece düşürmenin sağlığını nasıl etkileyeceğini düşünüyorsunuz?
 30) Soğuk havalarda evinizdeki sıcaklığı birkaç derece artırmanın sağlığını nasıl etkileyeceğini düşünüyorsunuz?
 31) Evinizdeki havalandırmanın azaltılmasının sağlığını nasıl etkileyeceğini düşünüyorsunuz?
 32) Evinize otomatik pencerelerin dahil edilmesinin sağlığını nasıl etkileyeceğini düşünüyorsunuz?

1 = Güçlü olumsuz etki; 3 = Nötr; 5 = Güçlü olumlu etki; 0 = bilmiyorum

- 33) Evinizdeki gün ışığı miktarının azaltılmasının sağlığını nasıl etkileyeceğini düşünüyorsunuz?
 34) Sizce evinizdeki gün ışığı miktarını artırmak sağlığını nasıl etkiler?
 35) Yeterli gün ışığı olduğunda evinizde tavan aydınlatmasını otomatik olarak kapatmanın sağlığını nasıl etkileyeceğini düşünüyorsunuz?

Bina Bilgileri

Ömür (yıl)	
Kat sayısı	
Kat alanı (m ²)	
Bina tipolojisi (Beton, çelik vb.)	
Pencerelerin malzemesi	
Döşeme malzemesi (Seramik, Harç, Parke)	
HVAC sistemi*	☐ Evet ☐ Hayır
Alçıpan	☐ Evet ☐ Hayır
semt, ilçe, il	

* Isıtma, havalandırma ve klima, iç ve araç çevre konforunun teknolojisidir.

Genel Kamuoyu Araştırması için Örnek Anket (Farsça)

ارزیابی زیست محیطی برج های مسکونی

از شما صمیمانه دعوت می شود که در پروژه تحقیقاتی که توسط دکتر مجید بهرامیان، استاد یار دانشگاه تهران، انجام می شود، شرکت کنید. کلیه اطلاعات شما محرمانه بوده و صرفاً برای این پروژه استفاده می شود. اطلاعات شخصی و نام شما از این پروژه و در نشریاتی که از داده های این پروژه استفاده می کنند، فاش یا شناسایی نمی شود. اطلاعات جمع آوری شده در ژوئن 2021، یعنی 1 سال پس از پایان پروژه. پاک می شود. پاسخ شما به این نظرسنجی کاملاً داوطلبانه است. اگر در مورد این پروژه سؤالی دارید، لطفاً با دکتر مجید بهرامیان از طریق ایمیل majidbahrmanian401@gmail.com تماس بگیرید

- من از کلیه روشهای شرح داده شده در این پرسشنامه آگاه بوده و قبول دارم که در این مطالعه شرکت کنم؟

☐ بلی

☐ خیر

- آیا در ارتباط با مسائل زیست محیطی دوره تخصصی گذرانده اید؟

☐ بلی

☐ خیر

- آیا شغل شما با صنعت ساختمان مرتبط می باشد؟

☐ بلی

☐ خیر

- میزان تحصیلات شما:

☐ تا دوره متوسطه

☐ تا پیش دانشگاهی

☐ تحصیلات تکمیلی و بالاتر

- ساختمانهای مسکونی با تصرف انرژی بالا می توانند به محیط زیست کمک کنند؟

- ☐ کاملاً مخالفم
- ☐ مخالفم
- ☐ نظری ندارم
- ☐ موافقم
- ☐ کاملاً موافقم

- اکثر ساختمانهای مسکونی باید از استاندارد ساختمانهای سبز برخوردار شوند.

- ☐ کاملاً مخالفم
- ☐ مخالفم
- ☐ نظری ندارم
- ☐ موافقم
- ☐ کاملاً موافقم

- ساختمانهایی که هر نوع گواهینامه ساختمان سبز را دریافت می کنند واقعاً سبز هستند.

- ☐ کاملاً مخالفم
- ☐ مخالفم
- ☐ نظری ندارم
- ☐ موافقم
- ☐ کاملاً موافقم

- ساختمانهایی که هر نوع سیستم صدور گواهینامه ساختمان مسکونی را در کشور من دریافت می کنند، انرژی بیشتری را نسبت به ساختمانهای معمولی ذخیره می کنند.

- ☐ کاملاً مخالفم
- ☐ مخالفم
- ☐ نظری ندارم
- ☐ موافقم
- ☐ کاملاً موافقم

- چند ساعت در هفته را در خانه می گذرانید؟

- آیا در هنگام نشستن یا ایستادن، منظره بیرون از خانه دارید ؟

☐ بلی

☐ خیر

- در روزهای گرم، از دمای هوا در خانه راضی هستم.

- ☐ کاملاً مخالفم
- ☐ مخالفم
- ☐ نظری ندارم
- ☐ موافقم
- ☐ کاملاً موافقم

- در روزهای سرد، معتقدم هوا در خانه خیلی خشک است.

- ☐ کاملاً مخالفم
- ☐ مخالفم
- ☐ نظری ندارم
- ☐ موافقم
- ☐ کاملاً موافقم

- من به طور کلی از رطوبت در خانه راضی هستم.

- ☐ کاملاً مخالفم
- ☐ مخالفم
- ☐ نظری ندارم
- ☐ موافقم
- ☐ کاملاً موافقم

- من معتقدم هوا در خانه تمیز است.

- ☐ کاملاً مخالفم
- ☐ مخالفم
- ☐ نظری ندارم
- ☐ موافقم
- ☐ کاملاً موافقم

- خانه من خیلی روشن است.

- ☐ کاملاً مخالفم
- ☐ مخالفم
- ☐ نظری ندارم
- ☐ موافقم
- ☐ کاملاً موافقم

- در طول روز به اندازه کافی نور به اتاقها می رسد.

- ☐ کاملاً مخالفم
- ☐ مخالفم
- ☐ نظری ندارم
- ☐ موافقم
- ☐ کاملاً موافقم

- من به طور کلی از کیفیت روشنایی در خانه راضی هستم.

- ☐ کاملاً مخالفم
- ☐ مخالفم
- ☐ نظری ندارم
- ☐

- ☐ موافقم
- ☐ کاملاً موافقم

- صدای زیادی از واحدهای کناری شنیده می شود.

- ☐ کاملاً مخالفم
- ☐ مخالفم
- ☐ نظری ندارم
- ☐ موافقم
- ☐ کاملاً موافقم

- صدای زیادی از تجهیزات داخل خانه به گوش می رسد.

- ☐ کاملاً مخالفم
- ☐ مخالفم
- ☐ نظری ندارم
- ☐ موافقم
- ☐ کاملاً موافقم

- به طور کلی از کیفیت صدا در خانه راضی هستم.

- ☐ کاملاً مخالفم
- ☐ مخالفم
- ☐ نظری ندارم
- ☐ موافقم
- ☐ کاملاً موافقم

اطلاعات ساختمان

	طول عمر (سال)
	تعداد طبقات
	مساحت طبقه (متر مربع)
	سازه ساختمان (بتن ، فولاد و غیره)
	جنس پنجره
	مواد کفپوش (سرامیک ، ملات ، پارکت)
بلی خیر	سیستم گرمایش و تهویه
	شهر

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: majid.bahramian@std.yildiz.edu.tr

SCI İndeksli Yayınlar

1. Life cycle assessment of building industry: An overview of two decades of research. Bahramian, M., Yetilmezsoy, K., Energy and Buildings, 219 (2020), DOI: 10.1016/j.enbuild.2020.109917.