

İnceleme

Yeşil Binalar Araştırmalarının Evrimi ve Gelecekteki Yönelimleri: Scientometrik Bir Analiz

Chongqing Wang ¹, Yanhong Che ¹, Mingqian Xia ^{2,*}, Chenghan Lin ², Yuqi Chen ^{1,*}, Xi Li ¹, Hong Chen ¹, Jingpeng Luo ¹ ve Gongduan Fan ² 

¹ State Grid Fujian Electric Power Co. Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü, Ltd, Fuzhou 350007, Çin

² İnşaat Mühendisliği Fakültesi, Fuzhou Üniversitesi, Fuzhou 350116, Çin

* Yazışma adresi: mq.xia@fzu.edu.cn (M.X.); cyq254@foxmail.com (Y.C.)

Özet: Ekonomik kalkınma ve kentleşme doğal olarak yeni binalara olan talebin artmasına neden olmakta ve bu binaların inşası ve işletilmesi kaçınılmaz olarak enerji tüketimi ve sera gazı emisyonlarında önemli artışlara yol açmaktadır. Kaynakları daha iyi muhafaza etmek ve çevreyi korumak için, yeşil binalara yönelik teknolojiler son yirmi yılda önemli ölçüde gelişmiştir. Bu çalışmada, CiteSpace kullanılarak 2003-2023 yılları arasındaki yeşil bina araştırmalarının bilimselometrik bir analizi yapılmıştır. Web of Science (WoS) çekirdek koleksiyon veritabanından alınan toplam 1986 makale, araştırma trendlerinin, sıcak noktaların ve gelecekteki yönelimlerin derinlemesine analizi için veri kaynağı olarak kullanılmış ve yayın sayılarındaki, çekirdek dergilerdeki, kilit ülkelerdeki ve bu alanda dikkate değer katkılarda bulunan kurumlardaki değişiklikleri göstermiştir. Sonuçlar, yeşil binalar araştırma alanının hızlı bir büyüme evresinde olduğunu göstermiştir. Mevcut araştırma noktaları arasında yeşil binalar paradigmasının benimsenmesi, derecelendirme sistemleri, enerji performansı, sera gazı emisyonları, iç mekan çevre kalitesi ve yeşil çatılar/duvarlar yer almaktadır. Anahtar kelimelerdeki atıf patlamalarına ve literatür taramasına dayanarak, hükümetin teşvik önlemlerinin, yenilenebilir enerji kullanımının, bitkilerle entegrasyonun ve yeşil binalarda yapay zeka (AI) uygulamasının gelecekte en umut verici gelişme yönleri olacağına inanıyoruz.

Anahtar Kelimeler: yeşil binalar; CiteSpace; araştırma noktaları; gelişme beklentileri; görselleştirme



Atıf: Wang, C.; Che, Y.; Xia, M.; Lin, C.; Chen, Y.; Li, X.; Chen, H.; Luo, J.; Fan, G. Yeşil Binalar Araştırmalarının Evrimi ve Gelecekteki Yönelimleri: Bilimselometrik Bir Analiz. *Buildings* **2024**, *14*, 345. <https://doi.org/10.3390/buildings14020345>

Akademik Editör: Antonio Caggiano

Alındı: 5 Aralık 2023

Revize: 20 Ocak 2024

Kabul Tarihi: 22 Ocak 2024

Yayınlanma tarihi: 26 Ocak 2024



Telif hakkı: © 2024 yazarlar tarafından. Lisans sahibi MDPI, Basel, İsviçre. Bu makale Creative Commons Attribution (CC BY) lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hüküm ve koşulları altında dağıtılan açık erişimli bir makedir.

1. Giriş

Küresel ekonominin sürekli genişlemesiyle birlikte kentleşme ve altyapı gelişimi, binalarda, yollarda vb. enerji tüketiminde ve sera gazı emisyonlarında artışa neden olmuştur. İlgili inşaat faaliyetleri, malzeme üretimi, nakliye ve inşaat sırasında ısıtma, soğutma ve aydınlatma gibi saha operasyonları için önemli miktarda enerji girdisi gerektirmektedir. Enerji tüketimi, bina tamamlandıktan sonra işletme aşamasında da devam eder. UNEP'in verilerine göre, binalar ve inşaat sektörü en büyük enerji ayak izine sahip sektörlerden biridir ve dünya çapında karbon emisyonlarına önemli bir katkıda bulunmaktadır. Örneğin, 2021 yılında binalar ve inşaat sektörü, enerji ve süreçle ilgili CO₂ emisyonlarının yaklaşık %37'sine katkıda bulunmuş ve küresel enerji tüketiminin %34'ünden fazlasını oluşturmuştur [1].

Sürdürülebilir veya çevre dostu binalar olarak da bilinen yeşil binalar, 1970'lerdeki enerji krizine ve 1980'lerdeki geleneksel inşaat uygulamalarının yarattığı çevresel zorluklara bir yanıt olarak ortaya çıkmıştır. 1990 yılında Birleşik Krallık tarafından dünyanın ilk yeşil bina standardı BREEAM tanıtılmış, ardından 1993 yılında ABD Yeşil Bina Konseyi (USGBC) kurulmuştur. Yeşil binalar, hepsi de bir binanın yaşam döngüsü boyunca çevre dostu ve kaynak verimli uygulamaların dahil edilmesine dayanan çeşitli tanımları kapsamaktadır. Bu önlemler, olumsuz etkileri azaltmayı ve bir binanın doğal çevresine ve sakinlerinin refahına yapabileceği olumlu katkıları artırmayı amaçlamaktadır [2,3]. Örneğin, çevresel etki açısından, yeşil

binalar enerji tüketimini, karbon emisyonlarını ve kaynakların tükenmesini önemli ölçüde azaltabilir. USGBC'ye göre, 2014 yılında UC Berkeley'de yapılan bir çalışma [4] Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik (LEED) standartlarına uygun binaların, geleneksel olarak inşa edilen binalara kıyasla sera gazı emisyonlarında (GHG) %50 oranında kayda değer bir azalma gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu azalma, su tüketiminden kaynaklanan sera gazlarındaki %48'lik azalmaya, katı atık yönetiminden kaynaklanan %48'lik azalmaya ve ulaşım ile ilgili sera gazlarındaki %5'lik azalmaya bağlanmıştır. Ekonomik faydalar açısından, yeşil binalar genellikle daha düşük işletme maliyetleri, artan mülk değeri ve devlet teşvikleri için potansiyel uygunluk ile sonuçlanır. Weerasinghe ve diğerlerinin [5] çalışmasında gösterildiği üzere, yeşil bir endüstriyel binanın ilk inşaat maliyeti geleneksel bir binaya kıyasla %29 daha yüksek olsa da, yeşil binaların işletme ve bakım giderleri sırasıyla %23 ve %15 tasarruf sağlamaktadır. Bu da sonuçta geleneksel binalara kıyasla binanın yaşam döngüsü boyunca (yaşam döngüsü maliyeti veya LCC) %17 daha düşük toplam maliyetle sonuçlanmaktadır. Ayrıca, iyileştirilmiş iç mekan hava kalitesi ve doğal aydınlatma ile yeşil binalar bina sakinlerinin sağlık ve refahına da fayda sağlamaktadır. Dünya Ekonomik Forumu'nun 2020 yılında Avrupa pazarına ilişkin analizine [6] göre, ısıtmada temiz elektrikle çalışan ısı pompası uygulamalarına doğru %20'lik bir kayma, sera gazlarını %9 oranında azaltacaktır. Akıllı çözümlerle birleştiğinde, bugün ile 2030 arasında azalan hava kirliliği nedeniyle insan sağlığı açısından 3 milyar Euro tasarruf edilebilir. Yukarıdakilerin hepsinden, yeşil binaların öneminin anlık ekonomik kazanımların ötesine geçtiğini ve uzun vadeli sürdürülebilirlik faydaları sunduğunu görebiliriz. Bu nedenle hükümetler, bina sahipleri, işletmeciler ve bina sakinleri tarafından giderek daha fazla ilgi görmektedirler. Paris Anlaşması'nın imzalanması ve net sıfır karbon emisyonu önerisiyle birlikte, birçok bölge yeşil bina standartlarını benimsemiş ve sürdürülebilir uygulamaları bazı durumlarda yasal bir gereklilik haline getirmiştir. Son birkaç on yılda yeşil binalar alanı hızla gelişmiştir. Bu nedenle, dünyanın dört bir yanındaki bilim insanları tarafından üretilen geniş araştırma çalışmaları koleksiyonunda verimli bir şekilde gezinmek önemlidir. Bibliyometri ve bilimsel bilgi grafiklerinin gelişmesiyle birlikte, araştırmacıların bilimsel literatürü hızlı ve doğru bir şekilde görselleştirmelerine ve analiz etmelerine yardımcı olmak için çeşitli yazılım çözümleri tasarlanmıştır. Bu yazılımlardan biri de CiteSpace'tir. CiteSpace, gelişmiş algoritmalar kullanarak ortak atıf ağları, ortak yazarlık ağları, anahtar kelime eş-oluşum haritaları vb. oluşturarak, gizli kalıpları, işbirliklerini ve araştırma sıcak noktalarını ortaya çıkarmanın yanı sıra belirli bir araştırma alanındaki veya akademik alandaki dinamikler ve eğilimler hakkında hızlı bir anlayış oluşturmada çok yardımcı olur. Bu nedenle, araştırmacılar için araştırma yönlerine karar vermede, finansman kaynaklarını belirlemede büyük bir verimlilik artırıcıdır. fırsatların yanı sıra akademik ortaklıklar bulma ve kurma [7,8].

Yukarıdakilere dayanarak, bu çalışmanın amacı, 2003 yılından 2023 yılına kadar dünya çapında yeşil bina araştırmalarının gelişimi hakkında görsel bir analiz sağlamak için CiteSpace'i bir literatür taramasıyla birlikte kullanmaktır. Bu konuyla ilgili toplam 3317 yayın Web of Science (WoS) çekirdek koleksiyon veri tabanından toplanmış, bunlardan 1986'sı "makale" kategorisine ait olup, ortak atıf ağları, anahtar kelimeler atıf patlamaları analizi vb. dahil olmak üzere bibliyometrik analiz için CiteSpace 6.2.R4 Advanced'e aktarılmıştır. Böylece bu alandaki gelişme eğilimleri ve araştırma noktaları tespit edilmiş ve detaylı bir tartışma sunulmuştur. Son olarak, devlet teşvik tedbirleri, yenilenebilir enerji kullanımı, bitkilerle entegrasyon ve yeşil binalarda yapay zeka (AI) uygulaması gibi umut verici gelişme beklentileri önerilmiştir.

2. Araştırma Verileri ve Yöntemleri

2.1. Veri Toplama ve Arama Stratejisi

Web of Science (WoS) çekirdek koleksiyon veritabanı, dünya çapında en yüksek etkiye sahip dergilerdeki makalelerin kayıtlarını içeren dünyanın önde gelen atıf veritabanı olduğu için bu çalışma için veri kaynağı olarak seçilmiştir [9]. Yazarların kurumunun aboneliği WoS çekirdek koleksiyonunun yalnızca bir alt kümesini kapsadığından, aşağıdaki indeksler bu çalışmaya dahil edilmiştir: Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED), 1984-günümüz; Social Sciences Citation Index (SSCI), 1984-günümüz; Arts and Humanities Citation

Index (AHCI), 2012-günümüz; Conference Proceedings Citation Index-Science (CPCI-S), 2001-günümüz; Emerging Sources Citation Index (ESCI), 2019-günümüz; Current Chemical Reactions (CCR-EXPANDED), 1985-günümüz; ve Index Chemicus (IC), 1993-günümüz. Yeşil bina araştırmalarıyla ilgili yayınları elde etmek için 7 Eylül 2023 tarihinde aşağıdaki arama terimi kullanılmıştır: Başlık= "yeşil*" ve "bina*". Makaleler, bildiriler, inceleme yazıları ve diğerlerini içeren toplam 3390 yayına ulaşılmıştır. Bu makalelerin analizine dayanarak, 2003 yılının yıllık yayın sayısı açısından istikrarlı bir büyüme eğiliminin gözlemlendiği bir başlangıç noktası olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, ikinci arama için zaman aralığı 2003'ten 2023'e (yaklaşık 20 yıl) olarak belirlenmiştir. Bu dönemde konuyla ilgili toplam 3317 makale yayınlanmış olup, bunların 1986'sı "makale", 171'i "derleme makale", 996'sı "bildiri" ve geri kalanı da "diğer" olarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışmanın amacı yeşil bina araştırmalarının gelişme eğilimlerini ve sıcak noktalarını analiz etmek olduğundan, geniş kapsamlı ve yüksek atıflı derleme makaleler sıcak noktalar vb. için analiz sonuçlarını çarpıtabilir. [10]; dolayısıyla, bu çalışmada bibliyometrik analiz için veri kaynağı olarak yalnızca hakemli makaleler seçilmiştir [11,12].

2.2. Bibliyometrik Analiz Yöntemleri

CiteSpace, belirli bir alandaki dönüşümleri veya eğilimleri tespit etmek ve özetlemek için grafiksel analiz kullanan Java tabanlı bir yazılımdır. Bu çalışmada 6.2.R4 Advanced sürümü kullanılmış ve analizin amacına göre "Kurumlar", "Ülke", "Anahtar Kelimeler", "Referans" ve "Atıf yapılan dergi" gibi farklı düğüm türleri ayrı ayrı seçilmiştir. Diğer parametreler şu şekilde ayarlanmıştır: dilim başına yıl 1, g-indeksinde k 25, Top N 50 ve Top N% 10 olarak ayarlanmıştır. Ülkelerin, kurumların ve atıf yapılan dergilerin ilişki grafikleri, alanda önemli katkılarda bulunan ülkeleri, kurumları ve dergileri vurgulamak için oluşturuldu; bu arada, araştırma sıcak noktalarını ortaya çıkarmak için ortak atıf ağı analizi ve anahtar kelimeler atıf patlamaları oluşturuldu. CiteSpace'in ortak atıf ağı analizi Henry Small (1973) [13] tarafından öncülük edilen yöntemler üzerine inşa edilmiş, ancak tek dilimli eşdeğerden çok dilimli ağ analizine genişletilmiştir. CiteSpace'teki patlama tespiti Kleinberg'in algoritmasına dayanmaktadır. Gözlemlenen zaman dilimi boyunca değeri en azından kısa bir süre içinde dalgalanan sayısal bir işlevle ilişkili bir varlığı tanımlamayı amaçlar. Örneğin, çok sayıda ortaya çıkan anahtar kelimeler sıcak konuların göstergeleridir [8,14,15].

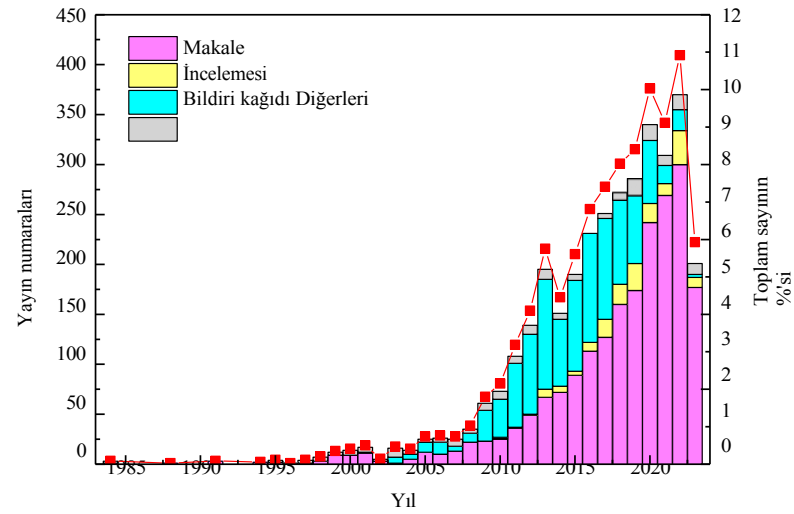
3. Sonuçlar ve Tartışmalar

3.1. Temel Özellikler

3.1.1. Yayınlanan Makale Sayısı

Bir alandaki yayın sayısına dayanarak, alanın gelişim aşaması ve eğilimi tahmin edilebilir. Şekil 1'den de görülebileceği gibi, 1984'ten 1994'e kadar bu konuda çok az yayın yapılmıştır. Bununla birlikte, Liu'nun [16] araştırmasına göre, Web of Science çekirdek koleksiyonunun eski literatür erişiminde bazı sınırlamaları olabileceğinden ve dolayısıyla tarihsel bibliyometrik analizi etkileyebileceğinden, bu sonuç bazı önyargılara sahip olabilir [16]. 1995'ten 2002'ye kadar yeşil binalarla ilgili makale sayısında küçük bir zirve yaşanmış, 2001'de ilgili 11 makale yayınlanmıştır, ancak toplam sayı hala çok azdır. 2003 yılından itibaren yeşil binalarla ilgili yayınlar hızla artmıştır. Veriler 2023 yılının ortasında toplandığından, 2022 yılı 300 yayın sayısı ile en fazla makalenin yayınlandığı yıl olmuştur. Yayınlanan makale sayısındaki artış, yeşil binaların geniş bir araştırmacı yelpazesinin ilgisini çekmeye devam ettiği ve bu dönemde uluslararası bir ilgi odağı haline geldiği gerçeğini yansıtmaktadır. Bununla birlikte, bu çalışmada kullanılan WoS çekirdek koleksiyon veri tabanının farklı zaman aralıklarını kapsayan (yazarların kurumunun aboneliğine bağlı olarak) çeşitli indeksler içerdiğini belirtmek gerekir; örneğin, AHCI: 2012-günümüz, CPCI-S: 2001-günümüz, ESCI: 2019-günümüz, CCR-EXPANDED: 1985-günümüzde ve IC: 1993-günümüzde. Buna ek olarak, WoS veri tabanının kapsamını daha fazla dergiye genişletme geçmişi olduğu da bilinmelidir [17]. Bu nedenle, ani bir

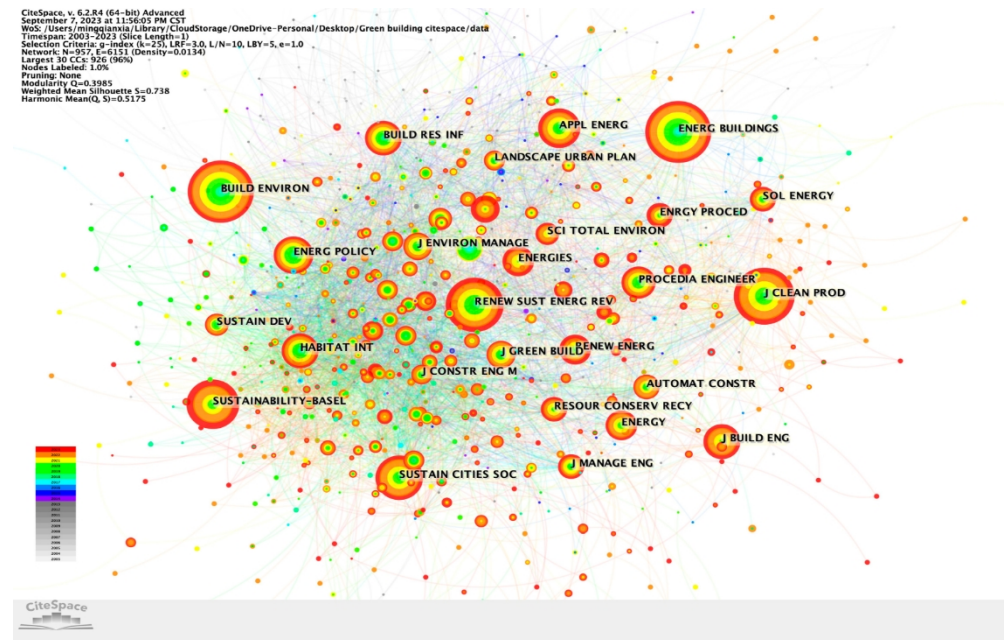
Belirli bir yılda veya sonrasında (örneğin, 2013, 2020'de) yayınların artması kısmen yeni indekslerin dahil edilmesinden kaynaklanıyor olabilir [18,19].



Şekil 1. 2003'ten 2023'e kadar her yıl yeşil binalar üzerine yapılan yayın sayısı.

3.1.2. Temel Atıf Yapılan Dergiler

CiteSpace'te, yeşil binalar alanında en çok atıf alan dergileri haritalamak için düğüm tipi olarak "Atıf yapılan dergi" seçilmiştir. Şekil 2'de gösterildiği gibi, 6151 satır ve 0.0134 yoğunluk ile 975 düğüm elde edilmiştir. Sol alt köşedeki renk çubuğu açıklaması kronolojik sırayı temsil etmektedir ve daha kırmızı renkler daha yakın yıllara karşılık gelmektedir. En çok atıf alan ilk beş dergi "Energy and Buildings", "Renewable and Sustainable Energy Reviews", "Journal of Cleaner Production", "Sustainability-Basel" ve "Sustainable Cities and Society"dir (Tablo 1'de gösterildiği gibi). Bunlar arasında "Energy Buildings" toplam 1043 kez ile en çok atıf alan dergi olmuştur ve bu nedenle yeşil binalar alanında büyük bir etkiye sahiptir.



Şekil 2 Atıf yapılan dergilerin işbirliği ilişkisi grafiği.

Tablo 1. En çok atıf alan dergiler Ülkelere/kurumlara göre yayınlanan ilk 10 makale ve dergilere göre ortak atıflar.

Rütbe	Ülkeler	Yayınlanan Makale Sayısı	Kurumlar	Yayınlanan Makale Sayısı	Dergiler	Ortak Sayısı	Atıf Frekans
1	Çin	661	Hong Kong Politeknik Üniversitesi	59	ENERG BİNALAR	1043	
2	(Birleşik) (Devletler)	291	Ulusal Üniversite Singapur'un	43	YENİLE SUST ENERJİ REV	831	
3	Avustralya	167	Tongji Üniversitesi	34	J CLEAN PROD	797	
4	Malezya	99	Chongqing Üniversitesi	34	SÜRDÜRÜLEBİLİR LİK- BASEL	560	
5	Birleşik Krallık (İngiltere)	95	Shenzhen Üniversitesi	31	SÜRDÜRÜLEBİLİR ŞEHİRLER TOPLULUĞU	510	
6	İtalya	87	Mısır Bilgi Bankası (EKB)	27	UYGULAMA ENERJİSİ	469	
7	(Cumhuriyeti) (of) (Kore)	76	Universiti Teknologi Malezya	26	HOLLANDA	463	
8	Kanada	69	Tianjin Üniversitesi	25	YAPI RES INF	459	
9	Hindistan	59	Hong Kong Üniversitesi	23	ENERJİ	383	
10	Singapur	56	Kwame Nkrumah Bilim ve Teknoloji ÜniversitesiRecherche Agronomique (INRA)	22	YENİLE NME ENERJİ Sİ	335	

3.1.3. Başlıca Ülkeler ve Kurumlar

CiteSpace'te düğüm tipi olarak "ülke" ve "kurum" seçildiğinde, oluşturulan ağ haritaları Şekil 3 ve Tablo 1'de gösterildiği gibi analiz edilmiştir.

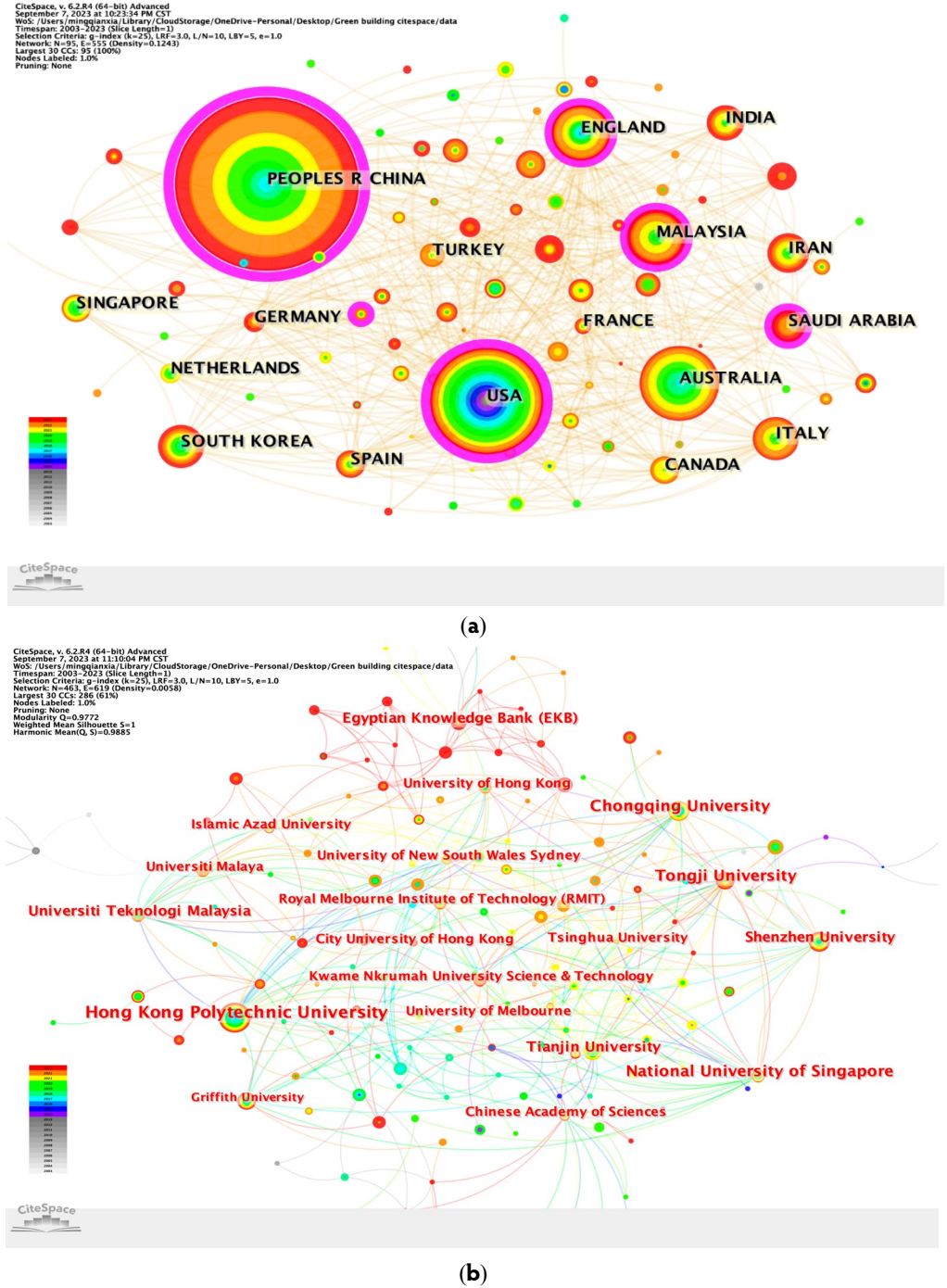
(1) Ülke analizi

Bu çalışmadaki 1986 yayın 94 ülkeden gelmiştir ve haritada 94 düğüm ve 555 bağlantı çizgisi bulunmaktadır; bunlardan yayın sayısı bakımından ilk beş ülke Çin (yayın sayısı= 661; arasındalık merkeziliği= 0.47), Amerika Birleşik Devletleri (291; 0.33), Avustralya (167; 0.09), Malezya (99; 0.13) ve Birleşik Krallık'tır (İngiltere) (95; 0.19). Çin'deki yayın sayısı diğer ülkelerin önündedir ve arasındalık merkeziliği en yüksektir, bu da diğer yayınlardan elde edilen sonuçlara benzerdir [20,21]. Malezya'nın yeşil binalarla ilgili yayın sayısı tüm ülkeler arasında 4. sıradadır. Bunun nedeni, Güneydoğu Asya'daki en büyük enerji tüketicilerinden biri olması ve 1994'ten 2014'e kadar enerji tüketiminde dramatik bir artış yaşaması olabilir [22,23]. Özellikle, 1990'dan 2014'e kadar Malezya'daki binaların enerji tüketimi kayda değer ve tutarlı bir doğrusal büyüme göstermiştir. İnşaat faaliyetleri Malezya ekosisteminin yaklaşık %67,5'i üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Sonuç olarak, sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için Malezya'da yeşil ve enerji verimli binaların geliştirilmesine yönelik acil bir ihtiyaç bulunmaktadır [22].

Dr. Chaomei Chen tarafından sağlanan CiteSpace'in nasıl kullanılacağına ilişkin talimatlara göre, arasındalık merkeziliği puanları [0, 1] aralığında standartlaştırılmıştır. Yüksek arasındalık merkeziliğine sahip bir düğüm tipik olarak iki veya daha fazla büyük düğüm grubunu birbirine bağlayan bir köprü görevi görür ve düğümün kendisi bu gruplar arasında yer alır. CiteSpace'te, yüksek arasındalık merkeziliğine sahip düğümler mor dış çizgilerle ayırt edilir ve mor dış çizginin kalınlığı arasındalık merkeziliğinin gücüne karşılık gelir. Şekil 3a'da görülebileceği gibi, Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Malezya ve Birleşik Krallık'ın (İngiltere) yanı sıra, mor halkalı iki ülke daha vardı: Suudi Arabistan (44, 0.11) ve Belçika (12, 0.12), nispeten yüksek arasındalık merkeziliğine (0.1'den büyük) sahipti ve bu da farklı ülkeleri işbirlikleri için birbirine bağlamadaki önemlerini gösteriyordu.

(2) Kurumsal analiz

2003'ten 2023'e kadar toplam 462 kurum yeşil bina araştırmalarına katılmıştır ve 0.0058'lik bir haritalama yoğunluğu ile kurumlar arasındaki bağlantının yakın olmadığını, işbirliği derecesinin düşük olduğunu ve kurumların hepsinin kendi sistemleri içinde olduğunu göstermektedir. Bunlar arasında yayın sayısı bakımından ilk beş kurum Hong Kong Politeknik Üniversitesi (59), Singapur Ulusal Üniversitesi (43), Tongji Üniversitesi (34), Chongqing Üniversitesi (34) ve Shenzhen Üniversitesi'dir (31).

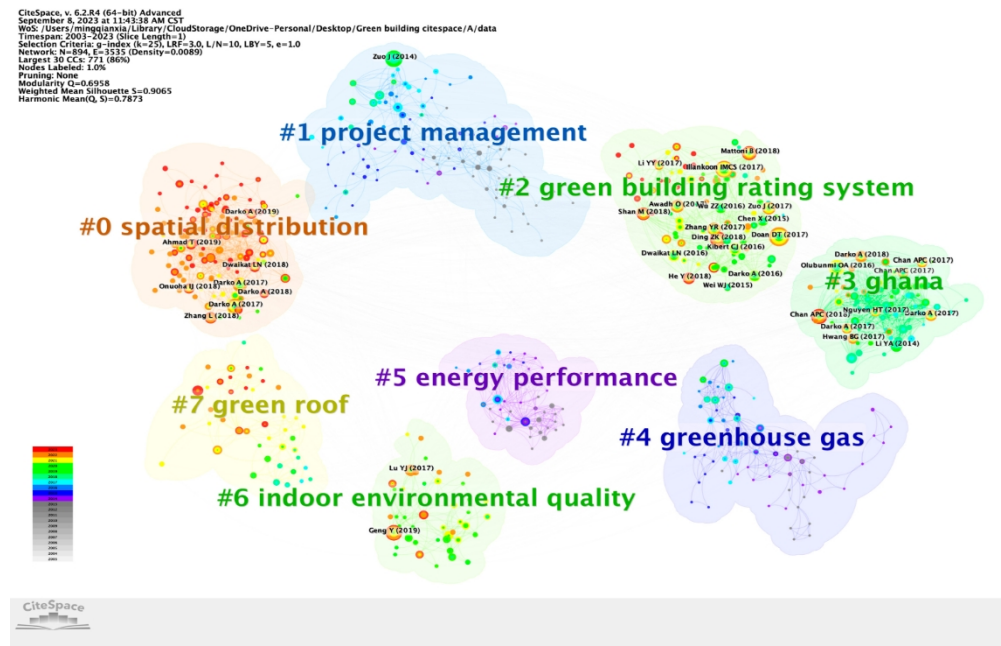


Şekil 3. Yayınlanan makaleler (a) ülkeler ve (b) kurumların ilişki grafiği.

3.2. Araştırma Noktaları

Yeşil binalar alanındaki araştırma sıcak noktalarını daha iyi ayırt etmek için, CiteSpace kullanılarak ortak atıf ağı ve anahtar kelimeler atıf patlamaları oluşturulmuş ve sonuçlar şu şekilde gösterilmiştir

Şekil 4 (ağın küme görünümü) ve Şekil 5 (ağın zamana dayalı görünümü) ve Şekil 6 (anahtar eserler atıf patlamaları). Şekil 4'ten de görülebileceği üzere, ağ 894 düğüm ve 3535 satırdan oluşmakta olup sekiz ana kategoride kümelenmiştir: mekânsal dağılım (0#), proje yönetimi (1#), yeşil bina derecelendirme sistemi (2#), Gana (3#), sera gazı (4#), enerji performansı (5#), iç mekân çevre kalitesi (6#) ve yeşil çatı (7#). Şekil 5'teki zamana dayalı görünümünden, köprü inşaatı (8#), çevresel göstergeler (20) gibi diğer eski veya daha küçük kümeleri de görebiliriz; bunların arasında, yaşam döngüsü değerlendirmesi (19), yeşil cephe (26) ve çok amaçlı genetik algoritma (14) kümeleri nispeten yeni ve ilginçtir. Şekil 6'daki anahtar kelime atıf patlamalarından, "somutlaştırılmış enerji", "enerji tüketimi", "enerji tasarrufu" gibi enerji ile ilgili anahtar kelimelerin yeşil binalar alanında uzun vadeli kaygılar olduğunu gözlemleyebiliriz. Özellikle "yenilenebilir enerji" son iki yılda büyük ilgi görmüştür. Ayrıca, "yaşam döngüsü değerlendirmesi", "model", "yeşil duvar" ile ilgili "tesis" vb. de dikkat çekmeye değerdir. Yukarıdakilere dayanarak, yeşil binalar alanındaki araştırma noktaları aşağıdaki açılardan tartışılacaktır.

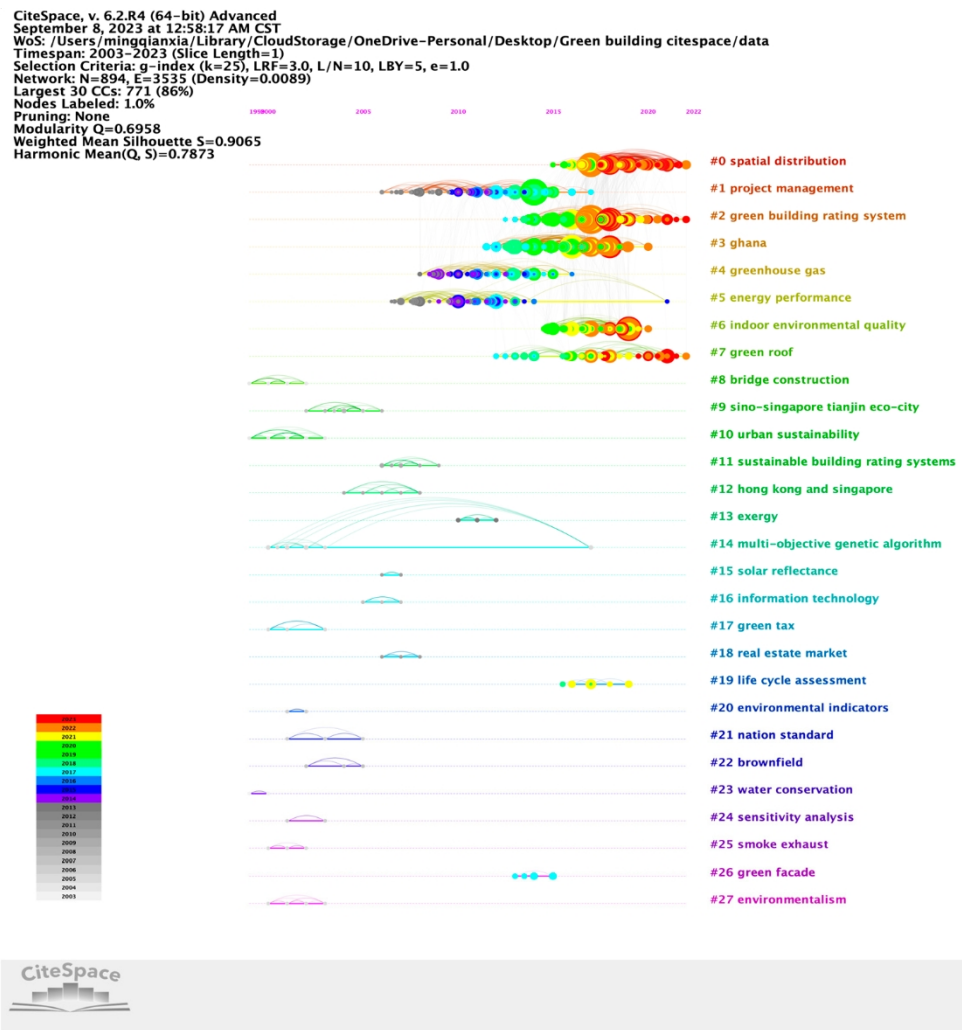


Şekil 4. Ortak atıf kümeleri Ortak atıf ağının kümeleri.

3.2.1. Yeşil Binaların Benimsenmesini Etkileyen Faktörler

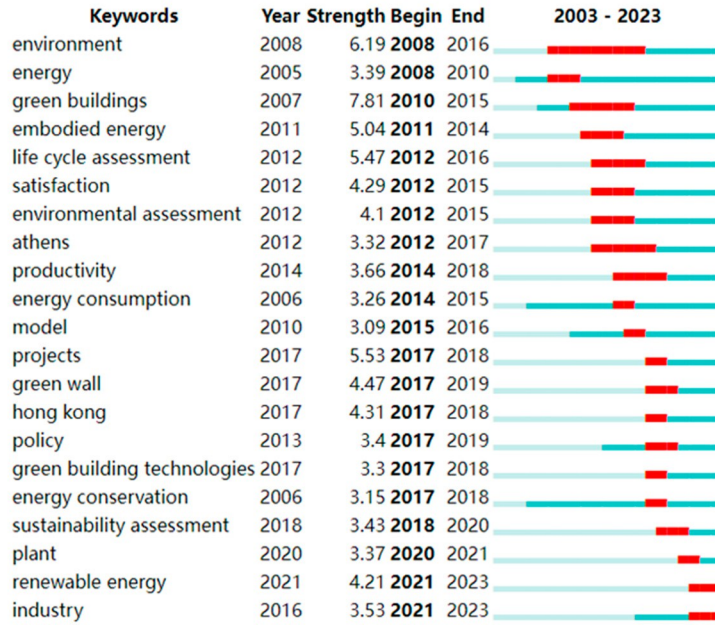
"Mekânsal dağılım (0#)" kümesinde, çoğu makale yeşil binaların benimsenmesinin önündeki engeller [24], itici güçler [25,26] ve teşvik stratejileri [27,28] vb. konuların tartışılmasına odaklanmıştır. Örneğin, Zou ve diğerleri [29] Çin'in Üç Yıldızlı Yeşil Bina Derecelendirme Sisteminin uygulamaya konulmasının ardından, sertifikalı yeşil bina sayısında önemli bir artış olduğunu, ancak bunların ülkedeki mekânsal dağılımının eşit olmadığını göstermiştir. Altta yatan belirleyiciler arasında yerel ekonomik temeller, sübvansiyona dayalı teşvik politikaları, emlak piyasası, enerji verimliliği, kamu bilinci vb. yer almıştır. Feng, Chen, Shi ve Wei [28], inşaat firmalarına devlet sübvansiyonları sunmanın yeşil binaların ilerlemesini etkili bir şekilde teşvik edebileceğini bulmuştur. Buna karşılık, doğrudan ev alıcılarına sübvansiyon sağlanmasının yeşil binaların satın alınması üzerinde olumlu bir etkisi olmayabilir. Bu nedenle hükümet, alıcılar arasında yeşil binalara yönelik talebi canlandırmayı amaçlayan alternatif tedbirler uygulamayı düşünmelidir. Darko ve diğerlerinin [30] araştırmasında, Gana'da Yeşil Bina Teknolojilerinin (GBT'ler) benimsenmesi üzerindeki çeşitli engellerin, itici güçlerin ve teşvik stratejilerinin etkisini değerlendirmek için Kısmi En Küçük Kareler Yapısal Eşitlik Modellemesi (PLS- SEM) olarak bilinen nicel bir model kullanılmıştır. Bu analiz için veriler 43 profesyonel arasında yapılan bir anket yoluyla toplanmıştır.

yeşil bina uygulamaları konusunda deneyime sahiptir. İncelenen engeller arasında devlet teşvikleri, politikaları ve düzenlemelerinin yokluğu gibi faktörleri kapsayan devletle ilgili engeller (GRB) yer almaktadır. Diğer engel kategorileri insanla ilgili, bilgi ve enformasyonla ilgili, pazarla ilgili ve maliyet ve riskle ilgili engellerden oluşmaktadır. Ele alınan itici güçler çevre ile ilgili, şirket ile ilgili, ekonomi ve sağlık ile ilgili, maliyet ve enerji ile ilgili ve endüstri ile ilgili itici güçlerden oluşmaktadır. Ayrıca, hükümet düzenlemeleri ve standartları (GRS), teşvikler ve Ar-Ge desteği (IRDS), farkındalık ve tanıtım programları (APP), eğitim ve formasyon yaygınlaştırma (EID) ile ödül ve takdiri (AR) içeren tanıtım stratejileri de incelenmiştir. Analiz sonuçları, hükümetle ilgili engellerin (GRB) GBT'lerin benimsenmesi üzerinde önemli bir olumsuz etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Buna karşılık, şirketle ilgili itici güçler GBT'lerin benimsenmesi üzerinde önemli bir pozitif etki göstermiştir. Ayrıca, özellikle "devlet düzenlemeleri ve standartları" (GRS) ve "teşvikler ve Ar-Ge desteği" (IRDS) olmak üzere iki teşvik stratejisinin GBT'lerin benimsenmesi üzerinde önemli pozitif etkileri olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5 Ortak atıf kümelerinin zamana dayalı ağ görünümü.

Top 21 Keywords with the Strongest Citation Bursts



Şekil 6. Güçlü atıf alan ilk 21 anahtar kelime. Güçlü atıf patlamalarına sahip ilk 21 anahtar kelime. (Not: Mavi segment, bir anahtar kelimenin yayınlarda yer aldığı döneme karşılık gelmektedir. Kırmızı segment alıntı patlaması dönemine karşılık gelir).

3.2.2. Proje Yönetimi

Şekil 5'teki ağın zamana dayalı görünümünden de görülebileceği gibi, "proje yönetimi" (1#) tüm kümeler arasında ikinci en büyük küme olmasına rağmen, ilgili yayınların çoğu 2015'ten önce gerçekleşmiştir. Yeşil binalarda proje yönetimi, sürdürülebilirlik ve çevresel sorumluluğa güçlü bir şekilde odaklanarak inşaat projelerinin planlanması, koordine edilmesi ve yürütülmesini içerir [31,32]. Yeşil binaların tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkiyi azaltma, enerji verimliliğini artırma, kaynakları koruma ve bina sakinleri için sağlıklı bir iç ortam yaratma gibi sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynar [33,34].

Son yıllarda, yeşil binalar proje yönetiminde birkaç yeni araç ve yöntem benimsenmiştir; örneğin, yaşam döngüsü değerlendirmeleri (19). Yaşam döngüsü değerlendirme (LCA), dünya çapında yeşil bina değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılan ve öncelikle bir binanın hammadde çıkarma, üretim, kullanım ve bertaraf gibi aşamaları kapsayan tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini hedefleyen teorik bir değerlendirme yöntemidir. Enerji tüketimi, sera gazı emisyonları, su kullanımı ve kaynakların tükenmesi gibi çeşitli çevresel unsurları ölçer. Bu kapsamlı değerlendirme genellikle Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) veya beşikten mezara analiz olarak adlandırılır [35,36]. Örneğin, Gao ve arkadaşlarının [37] çalışmasında, yaşam döngüsü değerlendirmeleri ve proje yönetimi birleştirilerek yeşil yönetim fikri ortaya atılmıştır. İlk planlamadan inşaat projesinin yıkımına kadar, uygun yönetim araçlarıyla, enerji emisyonlarını azaltmak için doğal kaynakların rasyonel kullanımı ve projenin kendisinin sürdürülebilir ilerlemesi sağlanabilir. Yeşil yönetim temel olarak üç aşamadan oluşur: (1) Projenin yeşil planlaması, (2) işletme sırasında yeşil yönetim önlemlerinin uygulanması ve (3) yeşil yönetim sonuçlarının doğrulanması. Yeşil yönetim sisteminin işletilmesiyle, bina yalnızca yaşam döngüsü boyunca sürdürülebilir kalkınmayı sürdürmekle kalmaz, aynı zamanda bina sakinleri için iyi bir yaşam ortamı sağlayarak yaşam kalitelerini artırır.

Öte yandan, yaşam döngüsü maliyeti (LCC) hesaplaması, ilk maliyetler, işletme ve bakım maliyetleri, kullanım ömrü sonu bertaraf maliyetleri vb. dahil olmak üzere, bir binanın yaşam döngüsü boyunca ilişkili maliyetlerin değerlendirilmesine odaklanır. LCA ve LCC birbiriyle bağlantılıdır çünkü

çevresel etkilerin finansal sonuçları olabileceği gibi bunun tersi de geçerlidir. Örneğin, bir binada daha enerji verimli malzeme ve teknolojilerin kullanılmasına yönelik bir karar (LCA değerlendirmesi) enerji tüketimini ve dolayısıyla işletme maliyetlerini azaltabilir (LCC değerlendirmesi). LCA ve LCC'nin yeşil bina yönetimine entegrasyonu, her şeyden önce çok aşamalı bir karar verme süreci için destek sağlayabilir: LCA, planlama, yapısal tasarım ve malzeme seçiminin çeşitli aşamalarında karar verme için önemli bir değere sahiptir. Sadece hedeflerin belirlenmesine yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda sürecin sonunda geçmiş örneklerden elde edilen içgörülerin özümzenmesine de olanak tanır [38]. İkinci olarak, bu entegrasyon en uygun çözümün belirlenmesine ve uygulanmasına da yardımcı olabilir ve böylece binanın tüm yaşam döngüsü boyunca maliyetleri ve emisyonları azaltabilir. Üçüncü olarak, yaklaşım tasarım çözümlerini geliştirir. Son olarak, hem LCA hem de LCC, inşaat projelerini geliştirmek ve optimize etmek ve ürün kategorilerinin seçimini ve geliştirilmesini kolaylaştırmak için kullanılabilir [39]. Özetle, birbirini tamamlayan bu iki aracın entegre edilmesi, kuruluşların ve bireylerin hem çevresel etkiyi hem de finansal hususları hesaba katarak bilinçli tercihler yapmasına yardımcı olarak daha duyarlı ve uygun maliyetli karar alma süreçlerine yol açabilir.

Belirtilen avantajların yanı sıra, LCA çalışmalarının dezavantajları da vardır. Genellikle önemli miktarda zaman gerektirirler, bu da karar verme için zamanında bilgi sağlamayı zorlaştırır. Uzun zaman dilimi maliyetleri de artırabilir ve maliyet bilincine sahip yapı sektörü için bu yöntemlerin cazibesini potansiyel olarak azaltabilir [38]. Bununla birlikte, Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) ve LCA'yı birleştirerek, bina tasarımının her aşamasında veri elde etmek için gereken iş miktarını azaltmak, böylece zaman alan LCA değerlendirme sürecinin eksikliklerini hafifletmek ve modellerin oluşturulması yoluyla tasarım ve değerlendirme arasında dinamik bir sinerji elde etmek mümkündür [40]. Buna ek olarak, BIM-LCA araştırması, yapı malzemelerinin ve operasyonlarının çevresel etkilerini dikkate alan sürdürülebilir bina çözümlerinin tasarımını optimize etmede tasarımcılara yardımcı olabilir [41].

3.2.3. Yeşil Binalar Derecelendirme Sistemi

Özellikle, yeşil binalar derecelendirme sistemi araştırmacıların geniş ilgisini çekmiştir [42-45]. Şu anda en yetkili yeşil bina sertifikasyon sistemlerinden biri, Birleşik Krallık'ta 1990 yılında Bina Araştırma Kuruluşu (BRE) tarafından başlatılan BRE Çevresel Değerlendirme Yöntemidir (BREEAM). Bu, dünyadaki en eski yeşil bina sertifikasyon sistemidir. BREEAM, bilimsel olarak düzenlenmiş bir şekilde bir binanın tüm yaşam döngüsü boyunca enerji tüketimini iyileştirerek ve zararlı emisyonları azaltarak inşaat sektöründe sürdürülebilir çözümler sağlamayı amaçlamaktadır. Altı değerlendirme seviyesine sahiptir ve dokuz alanda performansı değerlendirir: yönetim, sağlık ve refah, enerji, ulaşım, su, malzeme, atık, arazi kullanımı ve ekoloji ve kirlilik. Yaygın olarak kullanılan bir diğer sertifika sistemi de ABD'de 1998 yılında ABD Yeşil Bina Konseyi (USGBC) tarafından geliştirilen Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik (LEED) sistemidir. Diğer değerlendirme sistemleri arasında 2001 yılında Japonya'da kurulan Yapılı Çevre Verimliliği için Kapsamlı Değerlendirme Sistemi (CASBEE), 2005 yılında Singapur'da Bina ve İnşaat Otoritesi (BCA) tarafından başlatılan Yeşil İşaret Sertifika Programı ve 2006 yılında Çin'de yayınlanan Üç Yıldızlı Yeşil Bina Değerlendirme Etiket (GBEL) bulunmaktadır. Bu yeşil bina değerlendirme sistemleri hakkında ayrıntılı bilgi veren çok sayıda makale bulunduğundan [46-48], burada ayrıntılı olarak ele alınmayacaktır.

3.2.4. Enerji Performansı ve Sera Gazı Emisyonları

2015'te Paris Anlaşması'nın imzalanmasıyla birlikte dünya, küresel ısınmayı sanayi öncesi seviyelerin 2 santigrat derece altında sınırlama hedefine ulaşmaya çalışmaktadır. Yeşil binalar, iklim değişikliğinin yarattığı zorluklarla mücadelede çok önemli bir rol üstlenmekte; enerji tüketiminin ve sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılmasını temel stratejiler olarak vurgulamaktadır. Dünya sürdürülebilir bir geleceğe doğru geçiş yaparken, yeşil binalardaki enerji performansının inceliklerini anlamak çok önemli hale gelmektedir.

Yeşil binalarda enerji performansı ile ilgili yüksek atıf patlamalarına sahip bir anahtar kelime olan "somutlaştırılmış enerji", malzeme çıkarma ve üretimden inşaat ve yıkıma kadar bir binanın tüm yaşam döngüsü boyunca tüketilen enerjiyi ifade eder [49]. Yeşil binalar, sürdürülebilir malzemeler kullanarak, nakliye mesafelerini azaltarak ve inşaat süreçleri için gereken enerjiyi optimize ederek somutlaştırılmış enerjiyi en aza indirmeyi amaçlamaktadır [50]. Yaşam döngüsü değerlendirme (LCA) metodolojileri, somutlaştırılmış enerji etkilerinin değerlendirilmesine ve azaltılmasına yardımcı olur. Örneğin, Guan ve diğerleri [51], duyarlılık analizi yoluyla bir binada gömülü olan enerjiyi belirleyebilen ve önemli enerji yollarını keşfedebilen girdi-çıktı tabanlı bir LCA modeli tanımlamıştır. Bir binada bulunan enerji miktarı da ölçülebilir, böylece etkisini azaltmak için önlemler önerilebilir. Alwan ve diğerleri [52] ayrıca, LCA ve BIM yöntemlerinin birleştirilmesinin enerji-kritik bölgelerin belirlenmesini hızlandırabileceğini ve sonuçta somutlaştırılmış enerjinin analizine izin verebileceğini öne sürmüştür.

Net sıfır enerjili binalar (NZEB'ler) kavramı, yeşil binalardaki enerji performansını bir üst seviyeye taşımaktadır. NZEB'ler, yıl boyunca tükettiklerine eşdeğer miktarda enerji üretecek ve enerji üretimi ile tüketimi arasında bir denge sağlayacak şekilde tasarlanmıştır [53,54]. NZEB'lerin [53] temel özellikleri şunlardır: (1) Enerji verimliliği: NZEB'ler pasif tasarım, yüksek performanslı yalıtım ve enerji tasarruflu sistemler aracılığıyla enerji verimliliğine öncelik verir. (2) Yerinde yenilenebilir enerji: Bu binalar genellikle elektrik üretmek için güneş panelleri veya rüzgar türbinleri gibi yerinde yenilenebilir enerji kaynaklarına sahiptir. (3) Enerji depolama: Enerji dalgalanmalarını yönetmek için NZEB'ler batarya gibi enerji depolama çözümleri içerebilir. (4) İzleme ve yönetim: Gerçek zamanlı enerji izleme ve yönetim sistemleri enerji kullanımını ve üretimini optimize eder. Neredeyse sıfır enerjili binaların (NZEB'ler) önemi küresel olarak kabul edilmekle birlikte, bunların uygulanması yalnızca kademeli bir hızda ilerlemektedir. Örneğin, Cielo ve Subiantoro [54] tarafından yapılan bir çalışma, Yeni Zelanda'da NZEB'lerin benimsenmesini etkileyen belirleyicileri incelemiştir. Bulgular, Yeni Zelanda'nın ikliminin NZEB'ler için elverişli olduğunu ve gerekli teknolojik ve ekonomik kaynakların erişilebilir olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, NZEB konseptinin ülke içinde daha geniş çapta kabul görmesini etkili bir şekilde teşvik etmek ve desteklemek için hedefli ve amaca yönelik mevzuat ve politikalara ihtiyaç vardır.

Yeşil binalardaki enerji performansı, enerji tüketiminin ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Enerji tasarruflu tasarımlar, malzemeler ve sistemler sayesinde yeşil binalar çevresel ayak izlerini en aza indirir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu, Paris Anlaşması'na bağlılık ve net-sıfır enerji binaları kavramı, sektörün sürdürülebilir uygulamalara olan bağlılığını daha da göstermektedir. Yeşil binalar, daha çevre dostu ve enerji tasarruflu bir yapıyı çevreye katkıda bulunarak küresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada etkili olmaktadır.

3.2.5. İç Mekan Çevre Kalitesi (IEQ)

Yaşam kalitesi gelişmeye devam ettikçe, iç mekan çevre kalitesi (IEQ) ve kullanıcı memnuniyeti giderek önem kazanmış ve yeşil binaların değerlendirilmesinde kilit kriterler haline gelmiştir [3]. İç ortam kalitesi ve kullanıcı memnuniyeti genel olarak fiziksel ve fiziksel olmayan faktörler olarak ikiye ayrılabilir. Fiziksel faktörler termal konfor, iç hava kalitesi, aydınlatma ve akustik ortam gibi ölçülebilir parametreleri kapsar. Buna karşılık, fiziksel olmayan faktörler, mekansal düzen, mahremiyet, mobilyalar, temizlik, olanaklar, peyzaj ve daha fazlası dahil olmak üzere araçlar kullanılarak ölçülmesi zor olan iç mekan niteliklerini kapsar [55].

Geçmişte, fiziksel parametrelerin belirli bir süre boyunca sahada konuşlandırılmış çok sayıda sensörle donatılmış arabalar aracılığıyla ölçülmesi gerekiyordu [56,57] ve bu da saha uzmanları için zaman alıcı ve emek yoğun olduğunu kanıtladı. Son yıllarda, bilim ve teknolojinin sürekli ilerlemesiyle, inşaat endüstrisi büyük veri ve Nesnelerin İnterneti (IoT) ile entegrasyonunu derinleştirerek daha akıllı binalara ve IEQ için daha uygun veri toplama yöntemlerine yol açmıştır. Örneğin, fiziksel parametreler, veri alımı ve analizi için bir bulut sunucusuna kablosuz olarak bağlanan tek bir entegre sensör aracılığıyla toplanabilir [3]. Bu sensörler yalnızca

gerekli verinin yanı sıra, öncekilere göre dağıtımı daha basit ve işletimi daha az emek gerektirir. Parkinson ve arkadaşları [58] tarafından geliştirilen düşük maliyetli bir masaüstü cihaz olan SAMBA buna bir örnektir. Diğer benzer cihazlar arasında Geng, Ji, Wang, Lin ve Zhu [3] tarafından geliştirilen ve iç mekan çevre kalitesini objektif olarak analiz etmek amacıyla sıcaklık, nem, ısınım, karbondioksit seviyeleri ve ses basıncı olmak üzere beş temel parametreyi algılayabilen sensörlerle entegre edilen IEQ bilgisayarı bulunmaktadır.

IEQ'nun optimize edilmesi, çok sayıda çalışmanın gösterdiği gibi, işçiler arasında mutluluk ve memnuniyetin artmasına yol açabilir. Örneğin, Lin ve arkadaşları [59] SPSS istatistik yazılımını kullanarak IEQ ve bina servis memnuniyeti üzerine bir araştırma yürütmüştür. Bu çalışma, çeşitli çevresel termal koşulların ve oda içindeki çalışma performansının bir araya getirilmesini içermiştir. IEQ, farklı dağılımlardan bina sakinlerinin memnuniyetini temsil eden kutu grafikleri oluşturularak analiz edilmiş ve kutu grafiklerinden elde edilen medyan değerleri kullanılarak normal ve yeşil binalardaki bina sakinlerinin memnuniyeti arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları, tüm IEQ unsurları için medyan memnuniyet seviyelerinin yeşil binalarda normal binalara kıyasla daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Liang ve diğerleri [60] Tayvan'ın Ekolojik Enerji, Atık ve Sağlık (EEWH) sistemi kapsamında sertifikalandırılmış üç bina ile sertifikalandırılmamış iki binanın karşılaştırmalı bir analizini yapmıştır. Sertifikalı binalarda IEQ memnuniyetinin sertifikasız binalara kıyasla belirgin şekilde daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bulgular, iç mekan çevre kalitesi ile yeşil binalar arasındaki yakın ilişkinin altını çizmiştir.

3.2.6. Yeşil Çatı/Duvar

Binaların yeşil bitkilerle kombinasyonu, örneğin yeşil çatılar, yeşil duvarlar, yeşil cepheler, vb. son yıllarda araştırmacılar, tasarımcılar ve inşaatçılar tarafından büyük ilgi görmüştür ve çevremizde canlı doğaya sahip olma konusundaki doğuştan gelen ihtiyaç ve arzuyu yansıtmaktadır.

Eko-çatı veya çatı bahçesi olarak da bilinen yeşil çatı, bir bina çatısının üstünde yetiştirilen bitkisel bir katmandır [61]. Tipik olarak birkaç bölümden oluşur [62]: Önce bitki örtüsünün kendisi, sonra da büyüme substratı. Substrat sadece bitki örtüsünün büyümesi için çok önemli değildir, aynı zamanda su kalitesini, pik akış oranlarını, termal verimliliği ve akustik yalıtımı da etkiler [63,64]. Uygun alt tabakanın seçiminde binalar üzerindeki yükün yanı sıra yerel koşullar ve hava durumu da dikkate alınmalıdır [65]. Üçüncü bileşen filtre kumaşıdır. Filtre katmanı, büyüme substratının drenaj katmanına girmesini önlemede ve herhangi bir bitki parçasının veya küçük toprak parçacıklarının alttaki drenaj sistemini engellemesini engellemede çok önemli bir rol oynar. Geotekstil kumaşlar yeşil çatılarda filtrasyon katmanı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır [66]. Drenaj malzemeleri de önemlidir. Drenaj katmanı yeşil çatı yapımında temeldir ve başarısını önemli ölçüde etkileyebilir. Hava ve su arasındaki dengenin korunmasına yardımcı olur. Seçilen drenaj tabakasının türü inşaat maliyetlerini, bitki örtüsü seçimini ve çatı projesinin ölçeğini etkileyebilir [65]. Son kritik parça kök bariyeridir; yeşil çatılar, bina sakinlerinin sızıntı yaşayıp yaşamadığını doğrudan etkileyen bir su yalıtım katmanına sahiptir. Çatı sızıntıları genellikle yeşil çatı arızaları olarak kabul edilir ve kurulu bir yeşil çatıda bir sızıntı meydana gelirse, sızıntının kaynağını bulmak için tüm katmanlar kaldırılmalıdır. Su yalıtım malzemesinin seçimi yeşil çatının türüne, maliyetine, bulunabilirliğine ve beklenen kullanım ömrüne bağlıdır. Kök bariyerleri, çatı yapısını bitki kök sistemlerinin neden olduğu hasardan korur [63].

Yeşil çatılar inşa etmek, enerji tüketim seviyelerini azaltmak, kentsel ısı adalarını hafifletmek, hava kirliliğini ele almak, kentsel hava kalitesini artırmak, su akışının kalitesini ve yağmur suyu yönetimini iyileştirmek, gürültü kirliliğini azaltmak ve biyolojik çeşitliliği teşvik etmek gibi çeşitli faydalar sağlayabilir [61]. Örneğin, Theodosiou ve arkadaşları [67] tarafından tipik bir Akdeniz iklimi altında yapılan açık çatılar ve yeşil çatıların karşılaştırmalı analizinde, yeşil çatılar farklı denizlerde farklı termal davranışlar sergilemiştir. Kış mevsimi boyunca, açık çatılar ve yeşil çatılar arasındaki ortalama sıcaklık değerleri önemli ölçüde farklılık göstermemiştir. Bununla birlikte, yaz mevsimlerinde yeşil çatılar önemli termal faydalar göstermektedir. Yeşil çatılar aynı zamanda sel riskini de azaltabilir.

Suyun çatıda tutulması veya pik akış hızlarının azaltılması [68]. Yağmur suyu yeşil çatıdan geçerken, bir kısmı alt tabaka veya alt tabakalar arasındaki gözenekler tarafından yakalanır ve emilir. Bu suyun çoğu bitki örtüsü tarafından alınır; bir kısmı bitki dokularında depolanır veya bitki solunumu yoluyla atmosfere geri salınır. Kalan su filtrasyon katmanına girer ve sonunda drenaj katmanından akıp gider. Ağır metal iyonları taşıyan yağışları içeren simülasyon deneylerinde, büyüme substratı Cu, Cr, Cd, Ni, Pb, Zn, vb. gibi bu iyonları absorbe etme yeteneğini gösterir ve böylece akışın kalitesini artırır [65]. Yeşil çatılar ayrıca iç ve dış mekanlar arasında bariyer görevi görerek karayolu, demiryolu ve hava trafiğinden kaynaklanan kentsel gürültü kirliliğini azaltabilir [64,69,70]. Yeşil çatılar ile çıplak çatılar arasında yapılan bir karşılaştırma, yeşil çatıların estetik açıdan daha hoş olduğunu ve konfor hissi sağladığını ortaya koymuştur. Ayrıca, yeşil çatılar kentsel gelişimden kaynaklanan biyoçeşitlilik kaybını azaltmaya yardımcı olabilir [65].

Yeşil çatıların avantajlarıyla birlikte, faydalarını daha da artırmak için bazı yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Örneğin, Mousavi ve diğerleri [71] yeşil çatıların tasarım aşamasında akıllı sistemlerle entegre edilmesine yönelik bir metodoloji tanımlamıştır. Bu, optimum enerji tasarrufu ve gelişmiş termal konfor için parametrelerin toplanması ve analiz edilmesi amacıyla makine öğrenimi ve tasarım jeneratörleri gibi yazılımların entegre edilmesini içermektedir [71]. Mazzeo ve diğerleri [72] simülasyonlar oluşturmak amacıyla yeşil çatıların farklı parametrelerini analiz etmek için yapay zeka kullanmıştır. Yeşil çatı parametreleri yapay zeka aracılığıyla analiz edilmiş ve yeşil çatıların termal etkisini değerlendirmek ve ısı adası etkisini azaltmak için değerli bir araç olarak hizmet veren bir simülasyon veritabanı elde edilmiştir. Alonso-Marroquin ve Qadir [73], enerji tasarrufu sağlamak ve emisyonları azaltmak amacıyla fotovoltaik paneller ve yeşil çatılardan oluşan çift çatı sistemi üzerinde araştırma yapmıştır. Bu sistemin sıradan yeşil çatılara kıyasla birçok açıdan üstün faydalar sunduğu ve gelecekteki inşaat projeleri için değerli bir aday olduğu sonucuna varılmıştır.

Yeşil çatılara ek olarak, yeşil duvarlar, yeşil cepheler gibi başka benzer uygulamalar da vardır. Yaşayan duvarlar veya dikey bahçeler gibi farklı isimlerle de bilinen yeşil duvarlar, yüzeyini veya hacmini kaplayan toprak veya yetiştirme ortamına sahip, tipik olarak bitki köklerinin nüfuz ettiği yapılardır. Buna karşılık yeşil cepheler, dalları toprağa kök salmış bitkileri destekleyen dikey kafesler veya çerçeve yapılardan, çerçevenin tabanındaki konteynerlerden veya cephe çerçevesine düzenli aralıklarla tutturulmuş yüzer konteynerlerden oluşur. Devam eden kentleşmeyle birlikte, şehirlerdeki yeşil alan ve bitki örtüsü mevcudiyeti hızla azalmaktadır. Ancak yeşil duvar tasarımı, azalan yeşil alanın yerini alabilir ve ısı adası etkisinin etkisini hafifletebilir. Ayrıca, yeşil duvarlar belirli bir termal etkiye sahiptir, bu da enerji kullanımının azalmasına neden olabilir ve sakinler için ses yalıtımı sağlayarak genel yaşam deneyimlerini iyileştirebilir. Günümüzde yeşil duvarlar yaygın olarak inşa edilmektedir. Korol ve Shushunova [74] yeşil duvarların uygulanmasına yönelik teknolojilerin ve seçeneklerin karşılaştırmalı bir analizini yapmıştır. Yaşam döngüsü yaklaşımı, bu tür sistemlerin geliştirilmesi için en uygun seçenek olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışma, yeşil inşaat alanında gelecekteki araştırmacılara yardımcı olurken, aynı zamanda yeşil bina endüstrisi için bir referans noktası sağlayarak daha enerji verimli bir çevreye yol açacaktır. Wilkinson ve diğerleri [75] yeşil duvarlarla ilgili sorunları incelemiş ve yangın riski tespiti ve algısının yarattığı zorlukların üstesinden gelmek için akıllı teknolojilerle tamamlanan Wallbot ve yeşil duvarları birleştirme potansiyelini araştırmıştır. Bu yenilikçi yaklaşımın popülerlik kazanması ve öngörülebilir gelecekte bu alandaki gelişmeleri yönlendirmesi beklenmektedir.

3.3. İleri Araştırmalar için Yönergeler

Şu anda, yeşil binaların gelişimi hızlı bir büyüme yaşamaktadır. Şekil 6'dan da görülebileceği gibi, güçlü atıf patlamalarına sahip 21 anahtar kelime CiteSpace tarafından analiz edilmiştir; bu, belirli bir alanın belirli bir süre boyunca ne kadar ilgi gördüğünün doğrudan bir yansımasıdır [8,14,15]. Örneğin, son yıllarda "politika", "enerji tasarrufu", "yenilenebilir enerji", "tesis", "endüstri" vb. anahtar kelimeler yüksek popülerliğe sahiptir. Bu analiz sonuçları literatür taramasıyla birleştirilerek dört araştırma yönü belirlenmiştir

önerilmiştir. Önerimizi formüle ederken, potansiyel sosyal/ticari etki, yeni keşifler yapma olasılığı ve son olarak potansiyel araştırma sonucunun pratikliği de dahil olmak üzere birçok faktör göz önünde bulundurulmuştur. Yapay Zeka (AI), güçlü atıf patlaması olan bir anahtar kelime olarak görünme de, hayatın her alanında dikkat çekmekte ve birçok alandaki ürün ve hizmetleri etkilemektedir; bu nedenle, daha ileri bir araştırma yönü olarak da önerilmiştir.

3.3.1. Devlet Teşvik Tedbirlerinin Tanıtılması

Yeşil binaların gelecekteki gelişiminde, devlet kurumları sektörün teşvik edilmesinde çok önemli bir rol oynayacaktır. Yeterli ve tutarlı hükümet düzenlemeleri ve mevzuat, yasal değişiklikler nedeniyle yeşil binalar sektöründeki şirketler üzerindeki olumsuz etkileri etkili bir şekilde azaltabilir [76,77]. Li ve diğerleri [78] resmi düzenleme ve denetimin inşaat sektörünü yeşil bina uygulamalarına yönlendirmede en etkili yöntemler olduğunu vurgulamıştır. Alıcıların yeşil binalara yönelik pasif tutumları ve yetersiz sübvansiyonlar, aktif seçimlerini engellemektedir. Sonuç olarak, bu tür binaların gelişimini sürdürmek için hükümet müdahaleleri gerekli görülmektedir [28]. Şekil 6'dan da görülebileceği üzere, "politika" anahtar kelimesi 2013 yılından itibaren literatürde yer almaya başlamış ve 2017 ile 2019 yılları arasında çok güçlü bir patlama ile günümüze kadar devam etmiştir. Son zamanlarda güçlü patlamalar yaşayan diğer anahtar kelimelerin aksine, teknoloji ve mühendislik uygulamalarıyla doğrudan bağlantılı olmayan bir anahtar kelime olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, çeşitli makalelerde [24-28] belirtildiği üzere, teknolojinin benimsenmesi üzerinde evrensel bir etkisi vardır. Bu nedenle devlet teşviğinin, araştırma camiası tarafından daha fazla dikkat edilmesi gereken önemli bir husus olduğuna inanılmaktadır.

3.3.2. Yenilenebilir Enerji Kullanımı

Yenilenebilir enerji kaynaklarının yeşil binalara dahil edilmesi, Paris Anlaşması'nın düşük karbonlu ekonomiye geçiş hedefini doğrudan desteklemektedir. Bu kaynaklar şunları içerir: (1) Güneş Panelleri: Fotovoltaik (PV) güneş panelleri, yerinde kullanılabilen veya NZEB'ler gibi şebekeye geri beslenebilen güneş ışığından elektrik üretir [79]. (2) Rüzgar Türbinleri: Yeterli rüzgar kaynaklarına sahip bölgelerde, rüzgar türbinleri temiz, yenilenebilir enerji üretebilir [80]. (3) Jeotermal Sistemler: Toprak kaynaklı ısı pompaları, verimli ısıtma ve soğutma sağlamak için Dünya'nın sabit sıcaklığını kullanır [81]. (4) Biyokütle: Biyokütle sistemleri organik atıkları enerjiye dönüştürerek fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltır [82]. Bu, "yenilenebilir enerji" anahtar kelimesi için atıf patlamasının hala bitmediği Şekil 6'dan da görülebileceği gibi, şu anda çok fazla gelişme gösteren bir teknolojik alandır. Yenilenebilir enerji araştırmaları, özellikle tamamlayıcı devlet teşvikleri mevcut olduğunda, bu alandaki ilerlemeler doğrudan gerçek maliyet tasarruflarına ve verimlilik iyileştirmelerine yol açabileceğinden, çok sayıda ticari fırsata da yol açabilir. Bilimometrik analizin ortaya koyduğu mevcut araştırma sıcak noktası ve uygulama potansiyeline dayanarak, yenilenebilir enerji yakın gelecekte en umut verici araştırma yönlerinden biri olarak görülmüştür.

3.3.3. Tesislerle Daha İyi Entegrasyon

Günümüzde pek çok şehir, mimariyi bitki örtüsüyle birleştirmenin öneminin farkındadır ve yeşil bitkilerin binalara hem yatay hem de dikey konumlarda dahil edilme olasılığı vardır. Binalarda yeşilliğin güvenlik yönü kapsamlı bir şekilde incelenmiş olup, yeşil bitki örtüsünün inşasının ek güvenlik sistemleri ve bunlarla ilgili bakım gerektirdiği tavsiye edilmiştir. Bununla birlikte, kendi kendine büyüyen bağlantılar, düşen bitkiler için kafeslere yenilikçi ve güvenli bir alternatif sunmaktadır. Dolayısıyla bu konsept, bitkiler ve binalar arasında daha güçlü bağlantılar geliştirebilir ve gelecekte daha fazla yeşil binanın yolunu açabilir [83]. Örneğin, Lewandowski ve arkadaşları [84] yapı malzemelerinin bitki örtüsü ile uyumluluğunu artıracak fizyo-kimyasal özelliklerini araştırmıştır. Bitkilerle entegrasyon kavramının nispeten kısa bir geçmişe sahip olduğunu belirtmek gerekir. Şekil 6'da, "bitki" anahtar kelimesi yalnızca 2020'de ortaya çıkmaya başladı ve hala keşfedilecek çok yer ve yapılacak birçok keşif var. Bu nedenle, bu kavram

Araştırmacılar için daha yüksek düzeyde yenilik göstermenin ve potansiyel olarak yüksek etkili katkılar yapmanın daha kolay olduğu alanlar.

3.3.4. Yapay Zeka (AI) Uygulamaları

Teknoloji ilerlemeye devam ettikçe, büyük veri yöntemleri ve akıllı algoritmalar (AI) popülerlik kazanıyor. Yapay zekayı yeşil bina uygulamalarıyla birleştirmeye yönelik açık bir eğilim var. Yapay zeka destekli binalar, yaşam döngüleri boyunca operasyonlarını optimize etmeyi amaçlamaktadır. Bu akıllı binalar, iç mekan hava kalitesi, enerji tüketimi ve su kullanımı da dahil olmak üzere kapsamlı veri toplayan çeşitli cihazlar ve sensörlerle donatılmıştır. Bu verileri analiz ederek, bina operasyonlarını optimize etmek ve iç mekan çevre kalitesini artırmak mümkün hale gelmektedir [85]. Wu [86], sürdürülebilir bir şehirdeki yeşil bir hastaneye yapay zeka teknolojisini uygulayarak hastane ortamının yanı sıra işletme verimliliğinin de iyileştirilmesini sağlamıştır. YZ ile ilgili anahtar kelimeler henüz herhangi bir atıf patlaması görmemiş olsa da, bina otomasyonunun çeşitli biçimleri zaten birçok çalışmada bulunabilir [3]. Ayrıca, YZ ile bina yönetiminin birleştirilmesi iş dünyasında ilgi görmektedir [87]. Gerçek dünyadan çıkarımlarla ilerleme kaydedilebilirse, araştırma sonuçlarının çeşitli pratik kullanım durumlarında hızlı bir şekilde uygulama bulması için uygun yollar olması beklenebilir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, yeşil binalarla ilgili toplam 1986 makale WoS çekirdek koleksiyon veri tabanından elde edilmiş ve ortak atıf referansı ve anahtar kelime atıf patlaması analizi için CiteSpace 6.2.R4 Advanced'e aktarılmıştır. Bu yöntem kullanılarak, en son araştırma eğilimleri, sıcak noktalar, alanın gelecekteki yönelimlerinin yanı sıra alandaki temel dergiler, kilit ülkeler ve kurumlar kapsamlı bir şekilde tartışılmıştır. Bu çalışmadaki bulgular özellikle yeşil bina araştırmalarının son yıllarda hızla büyüdüğünü ve küresel bir ilgi odağı haline geldiğini göstermiştir. Alana katkıda bulunan başlıca ülkeler açısından Çin ve ABD en fazla sayıda makale yayınlayan ülkeler olurken, Malezya da dördüncü en yüksek yayın sayısına sahip olarak kayda değer katkılarda bulunmuştur. Dahası, Çin'in bu alanda diğer ülkelerle aktif işbirliği içinde olması, en yüksek ara merkeziliğe sahip olmasının da bir göstergesidir. Alandaki araştırma sıcak noktalarının belirlenmesi, yeşil binaların benimsenmesi, proje yönetimi, yeşil bina değerlendirme sistemleri, enerji performansı, sera gazı emisyonları, iç ortam kalitesi ve yeşil çatı/duvar dahil olmak üzere birkaç büyük kümenin tanındığı ve ayrıntılı olarak tartışıldığı ortak atıf analizi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir sıcak noktanın daha düşük enerji tüketimi ve iyileştirilmiş iç ortamlara doğru eğilim gösterdiği ve böylece bina sakinleri için daha iyi bir yaşam deneyimini kolaylaştırdığı gözlemlenebilir.

Geleceğe bakıldığında, yapay zekanın yeşil binaların geliştirilmesine dahil edilmesinin artması ve bunun sonucunda daha akıllı binaların yaratılması beklenmektedir. Ayrıca, yeni inşaat malzemeleri iç ortamın kalitesini artıracak, yeşilliklerle uyumluluğu geliştirecek ve nihayetinde daha sağlıklı yaşam koşullarını teşvik edecektir. Buna ek olarak, yeşil bina teknolojilerinin yaygınlaşması için güçlü devlet desteği çok önemlidir.

Bu çalışmanın çeşitli sınırlamaları da bulunmaktadır. Veri kaynağı açısından, yazarların kurumu WoS çekirdek koleksiyonundaki endekslerin çoğuna abone olmasına rağmen, Book Citation Index-Science (BKCI-S) ve Book Citation Index-Social Sciences and Humanities (BKCI-SSH) dahil edilmemiştir [88]. Ayrıca, geniş kapsamı, tutarlı ve yüksek kaliteli verileriyle dünyanın önde gelen atıf veritabanı olarak kabul edilmesine rağmen, WoS çekirdek koleksiyonu tarafından sağlanan bilgiler genel olarak kapsamlı ve en güncel olmayabilir. Örneğin Liu'nun [89] araştırmasında, 2004 yılında piyasaya sürülen daha yeni bir veri tabanı olan Scopus'un ilgi görmeye başladığı ve analiz için alternatif bir bilgi kaynağı haline geldiği kabul edilmektedir. WoS ayrıca belirli araştırma alanlarındaki İngilizce olmayan yayınları kapsamamaktan muzdariptir [90]. Bu nedenle, yalnızca WoS'a dayanan çalışmamızda elde edilen sonuçlarda küçük yanlılıklar olabilir. Ancak, bu çalışmanın kapsadığı geniş zaman aralığı ve yayın sayısı nedeniyle, belirlenen eğilimler

ve beklentiler çarpıtılmamalıdır. İlgili alanları hedefleyen diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında [21,91,92], bu çalışma, araştırma alanlarının tüm yönlerinin dahil edildiği genel yeşil binalar alanının en güncel analizini sağlamıştır. Bu çalışmada ortaya konan gelişme beklentilerinin, yazarların mevcut teknolojik ve politika eğilimlerine ilişkin anlayışını yansıttığını da belirtmek gerekir.

Sonuç olarak, çalışmamız yeşil binaların dinamik evrimini vurgulamış ve sonuçta daha sürdürülebilir ve konforlu yaşam alanlarına yol açacak sürekli ilerleme için potansiyel alanı belirlemiştir.

Yazar Katkıları: Kavramsallaştırma, C.W. ve M.X.; metodoloji, M.X.; yazılım, M.X.; doğrulama, Y.C. (Yanhong Che), Y.C. (Yuqi Chen), X.L., H.C, J.L. ve G.F.; resmi analiz, C.W. ve M.X.; araştırma, Y.C. (Yanhong Che) ve C.L.; kaynaklar, C.W.; veri küratörlüğü, Y.C. (Yanhong Che); yazım-orijinal taslak hazırlama, C.W., Y.C. (Yanhong Che), M.X. ve C.L.; yazım-inceleme ve düzenleme, Y.C. (Yuqi Chen), X.L., H.C., J.L. ve G.F.; görselleştirme, Y.C. (Yanhong Che), C.L. ve Y.C. (Yuqi Chen); denetim, M.X.; proje yönetimi, C.W.; fon sağlama, C.W. Tüm yazarlar makalenin yayınlanan versiyonunu okumuş ve kabul etmiştir.

Finansman: Bu araştırma State Grid Fujian Electric Power Co, Ltd. tarafından finanse edilmiştir. Teknoloji Projesi tarafından finanse edilmiştir: Trafo Merkezlerinden Kaynaklanan Eysel Atıksularda Mikrobiyal Düzenlemeye Dayalı Kanalizasyon Arıtma Teknolojisinin Araştırılması ve Uygulanması (No. 52130423001A).

Veri Kullanılabilirlik Beyanı: Geçerli değil.

Çıkar Çatışmaları: Yazarlar Chongqing Wang, Yanhong Che, Xi Li, Hong Chen ve Jingpeng Luo, State Grid Fujian Electric Power Co. şirketi Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü tarafından istihdam edilmiştir. Yazarlar, bu makalede rapor edilen çalışmayı etkileyebilecek bilinen herhangi bir rakip finansal çıkarları veya kişisel ilişkileri olmadığını beyan ederler.

Referanslar

- Hamilton, I.; Kennard, H.; Rapf, O. *Binalar ve İnşaat için 2022 Küresel Durum Raporu*; BM Çevre Programı: Nairobi, Kenya, 2022.
- Shen, Y.; Faure, M. Çin'de yeşil bina. *Int. Environ. Agreem. Politika Hukuk Ekonomi*. **2020**, *21*, 183-199. [CrossRef]
- Geng, Y.; Ji, W.; Wang, Z.; Lin, B.; Zhu, Y. Yeşil binalarda işletme performansı üzerine bir inceleme: Enerji kullanımı, iç mekan çevre kalitesi ve kullanıcı memnuniyeti. *Energy Build.* **2019**, *183*, 500-514. [CrossRef]
- Mozingo, L.; Arens, E. *Quantifying the Comprehensive Greenhouse Gas Co-Benefits of Green Buildings*; University of Californi-Berkeley: Berkeley, CA, USA, 2014.
- Weerasinghe, A.S.; Ramachandra, T.; Rotimi, J.O.B. Sri Lanka'da yeşil ve geleneksel endüstriyel binaların karşılaştırmalı yaşam döngüsü maliyeti (LCC) çalışması. *Energy Build.* **2021**, *234*, 110732. [CrossRef]
- Forum, W.E. *Shaping the Future of Energy and Materials System Value Framework-Europe Market Analysis*; World Economic Forum: Cologny, İsviçre, 2020.
- Chen, C.; Song, M. Bir araştırma alanını görselleştirmek: Sistematik scientometrik incelemeler için bir metodoloji. *PLoS ONE* **2019**, *14*, 25. [CrossRef] [PubMed]
- Chen, C. *CiteSpace 5.7.R1 Nasıl Kullanılır*; Leanpub: Victoria, BC, Kanada, 2020.
- Clarivate. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://webofscience.help.clarivate.com/Content/wos-core-collection/wos-core-collection.htm#:~:text=Web%20of%20Science%20Core%20Collection%20is%20the%20world's,worldwide%E2%80%94including%20open%20access%20journals%E2%80%94conference%20proceedings%20and%20books> (accessed on 15 January 2024).
- Tahamtan, I.; Afshar, A.S.; Ahamdzadeh, K. Atıf sayısını etkileyen faktörler: Literatürün kapsamlı bir incelemesi. *Scientometrics* **2016**, *107*, 1195-1225. [CrossRef]
- Wu, M.; Long, R.; Bai, Y.; Chen, H. Çevresel iletişim üzerine uluslararası araştırmaların bilgi haritalama analizi bibliyometri kullanarak. *J. Environ. Manag.* **2021**, *298*, 113475. [CrossRef]
- Xia, M.; Chen, B.; Fan, G.; Weng, S.; Qiu, R.; Hong, Z.; Yan, Z. Su ortamında PAH biyoremediasyonu için değişen araştırma ortamı: Otuz yıllık gelişim üzerine bibliyometrik bir analiz. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2023**, *30*, 69711-69726. [CrossRef]
- Small, H. Bilimsel literatürde ortak atıf: İki belge arasındaki ilişkinin yeni bir ölçüsü. *J. Am. Soc. Inf. Sci.* **1973**, *24*, 265-269. [CrossRef]
- Kleinberg, J. Akişlarda patlamalı ve hiyerarşik yapı. *Proceedings of the 8th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, Edmonton, AB, Canada, 23-26 July 2002; pp. 373-397.
- Chen, C. *CiteSpace 6.1.R3 Nasıl Kullanılır*; Leanpub: Victoria, BC, Kanada, 2022.
- Liu, W. Web of Science Core Collection'ın eski literatür erişiminde ve tarihsel bibliyometrik analizde kullanımı için uyarılar. *Technol. Tahmin. Soc. Change* **2021**, *172*, 121023. [CrossRef]
- Michels, C.; Schmoch, U. Bilimin büyümesi ve veri tabanı kapsamı. *Scientometrics* **2012**, *93*, 831-846. [CrossRef]

18. Liu, W.; Ni, R.; Hu, G. Web of Science Core Collection'ın kapsam genişlemesi: Unutulan Sanat ve Beşeri Bilimler Atıf Dizini mi? *Scientometrics* **2024**. [\[CrossRef\]](#)
19. Liu, F. Araştırma yayınlarının anormal büyümesi için erişim stratejisi ve olası açıklamalar: Bibliyometrik bir iklim değişikliği analizinin yeniden değerlendirilmesi. *Scientometrics* **2023**, *128*, 853-859. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
20. Wei, J.; Li, J.; Zhao, J.; Wang, X. Sıfır Enerjili Bina Araştırmalarında Sıcak Konular ve Eğilimler - CiteSpace'e Dayalı Bibliyometrik Bir Analiz. *Binalar* **2023**, *13*, 479. [\[CrossRef\]](#)
21. Shi, Y.; Liu, X. Web of Science'a Dayalı Yeşil Bina Literatürü Üzerine Araştırma: CiteSpace 'da Scientometric Bir Analiz (2002-2018). *Sürdürülebilirlik* **2019**, *11*, 3716. [\[CrossRef\]](#)
22. Yadegaridehkordi, E.; Hourmand, M.; Nilashi, M.; Alsolami, E.; Samad, S.; Mahmoud, M.; Alarood, A.A.; Zainol, A.; Majeed, H.D.; Shuib, L. Bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımı kullanılarak yeşil bina üretimi için sürdürülebilirlik göstergelerinin değerlendirilmesi. *J. Clean. Prod.* **2020**, *277*, 122905. [\[CrossRef\]](#)
23. Shaikh, P.H.; Nor, N.B.M.; Sahito, A.A.; Nallagownden, P.; Elamvazuthi, I.; Shaikh, M.S. Malezya'da sürdürülebilir kalkınma için bina enerjisi: Bir inceleme. *Yenileme. Sürdürülebilirlik. Energy Rev.* **2017**, *75*, 1392-1403. [\[CrossRef\]](#)
24. Adabre, M.A.; Chan, A.P.C.; Edwards, D.J.; Adinyira, E. Sürdürülebilir konut için kritik risk faktörlerinin (CRF'ler) değerlendirilmesi: Sahra altı bir Afrika ülkesinin perspektifi. *J. Build. Eng.* **2021**, *41*, 102385. [\[CrossRef\]](#)
25. Adekanye, O.G.; Davis, A.; Azevedo, I.L. ABD'de federal politika, yerel politika ve yeşil bina sertifikaları *Energy Build.* **2020**, *209*, 109700. [\[CrossRef\]](#)
26. Wang, W.; Tian, Z.; Xi, W.; Tan, Y.R.; Deng, Y. Çin'in yeşil bina gelişimini etkileyen faktörler: RBF-WINGS yöntemi kullanılarak yapılan bir analiz. *Yapı. Environ.* **2021**, *188*, 107425. [\[CrossRef\]](#)
27. Wang, G.; Li, Y.; Zuo, J.; Hu, W.; Nie, Q.; Lei, H. Yeşil inovasyonları kim yönlendiriyor? Yeşil için özellikler ve politika çıkarımları Çin'de işbirliğine dayalı inovasyon ağları oluşturmak. *Yenileme. Sürdürülebilirlik. Energy Rev.* **2021**, *143*, 110875. [\[CrossRef\]](#)
28. Feng, Q.; Chen, H.; Shi, X.; Wei, J. Çin'de yeşil binaların evrimi ve gelişiminde paydaş oyunları: Hükümet- liderliğindeki perspektif. *J. Clean. Prod.* **2020**, *275*, 122895. [\[CrossRef\]](#)
29. Zou, Y.; Zhao, W.; Zhong, R. Çin'de yeşil binaların mekânsal dağılımı: Bölgesel dengesizlik, ekonomik temeller, ve politika teşvikleri. *Appl. Geogr.* **2017**, *88*, 38-47. [\[CrossRef\]](#)
30. Darko, A.; Chan, A.P.C.; Yang, Y.; Shan, M.; He, B.-J.; Gou, Z. Engellerin, itici güçlerin ve teşvik stratejilerinin gelişmekte olan ülkelerde yeşil bina teknolojilerinin benimsenmesi üzerindeki etkileri: Gana örneği. *J. Clean. Prod.* **2018**, *200*, 687-703. [\[CrossRef\]](#)
31. Hwang, B.G.; Tan, J.S. Yeşil bina proje yönetimi: Sürdürülebilir kalkınma için engeller ve çözümler. *Sürdürülebilirlik. Dev.* **2012**, *20*, 335-349. [\[CrossRef\]](#)
32. Zuo, J.; Zhao, Z.-Y. Yeşil bina araştırmaları-güncel durum ve gelecek gündemi: Bir inceleme. *Yenileme. Sürdürülebilirlik. Energy Rev.* **2014**, *30*, 271-281. [\[CrossRef\]](#)
33. Tsai, W.-H.; Yang, C.-H.; Chang, J.-C.; Lee, H.-L. Yeşil bina projelerinde yaşam döngüsü değerlendirmesi için bir Faaliyet Tabanlı Maliyetlendirme karar modeli. *Eur. J. Oper. Res.* **2014**, *238*, 607-619. [\[CrossRef\]](#)
34. Qian, Z. Yeşil Binanın Tüm Yaşam Döngüsünün Yönetim ve Değerlendirme Sistemi. *Agro Food Ind. Hi-Tech* **2017**, *28*, 792-797.
35. Cabeza, L.F.; Rincón, L.; Vilariño, V.; Pérez, G.; Castell, A. binalarının ve bina sektörünün yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) ve yaşam döngüsü enerji analizi (LCEA): Bir inceleme. *Yenileme. Sürdürülebilirlik. Energy Rev.* **2014**, *29*, 394-416. [\[CrossRef\]](#)
36. Khasreen, M.; Banfill, P.F.; Menzies, G. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ve Binaların Çevresel Etkisi: Bir İnceleme. *Sürdürülebilirlik* **2009**, *1*, 674-701. [\[CrossRef\]](#)
37. Gao, H.; Li, Q.; Lv, G. Tam Yaşam Döngüsüne Dayalı İnşaat Projelerinin Yeşil Yönetim Analizi. *Adv. Mater. Res.* **2013**, *689*, 13-17. [\[CrossRef\]](#)
38. Bruce-Hyrkäs, T.; Pasanen, P.; Castro, R. Yeşil Bina Sertifikasyonu için Tüm Bina Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Genel Bakış ve Sektör Anketleri ve Görüşmeler Yoluyla Ekotasarım. *Procedia CIRP* **2018**, *69*, 178-183. [\[CrossRef\]](#)
39. Zabalza Bribián, I.; Aranda Usón, A.; Scarpellini, S. Binalarda yaşam döngüsü değerlendirmesi: Son teknoloji ve basitleştirilmiş LCA bina sertifikasyonu için bir tamamlayıcı olarak metodoloji. *Yapı. Environ.* **2009**, *44*, 2510-2520. [\[CrossRef\]](#)
40. Li, Q.; Yang, W.; Kohler, N.; Yang, L.; Li, J.; Sun, Z.; Yu, H.; Liu, L.; Ren, J. A BIM-LCA Approach for the Whole Design Process of Green Buildings in the Chinese Context. *Sürdürülebilirlik* **2023**, *15*, 3629. [\[CrossRef\]](#)
41. Asare, K.A.B.; Ruikar, K.D.; Zanni, M.; Soetanto, R. Gana'da optimize edilmiş sürdürülebilir bina tasarımı için BIM tabanlı LCA ve enerji analizi. *SN Appl. Sci.* **2020**, *2*, 1855. [\[CrossRef\]](#)
42. Zhang, C.; Cui, C.; Zhang, Y.; Yuan, J.; Luo, Y.; Gang, W. Yeşil bina ve yeşil mahalle derecelendirme sistemlerinde yenilenebilir enerji değerlendirme yöntemleri üzerine bir inceleme. *Energy Build.* **2019**, *195*, 68-81. [\[CrossRef\]](#)
43. Ding, Z.; Fan, Z.; Tam, V.W.Y.; Bian, Y.; Li, S.; Illankoon, I.M.C.S.; Moon, S. Yeşil bina değerlendirme sistemi uygulaması. *Yapı. Environ.* **2018**, *133*, 32-40. [\[CrossRef\]](#)
44. Pushpakumara, B.H.J.; Thusitha, G.A. Öncelik Ağırlıklarına Dayalı Yeşil Bina Derecelendirme Modelinin Geliştirilmesi. *J. Archit. Eng.* **2021**, *27*, 04021008. [\[CrossRef\]](#)
45. Doan, D.T.; Qin, L. Yeşil derecelendirme sistemlerinin ekonomi ve toplum üzerindeki etkileri. *IOP Konf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2023**, *1204*, 12006. [\[CrossRef\]](#)
46. Lessard, Y.; Anand, C.; Blanchet, P.; Frenette, C.; Amor, B. LEED v4: Şimdi Neredeyiz? Düşük Etkili Enerji Tüketimi Karışımı Kullanan Bir Ofis Binasının LCA'sı Üzerinden Eleştirel Değerlendirme. *J. Ind. Ecol.* **2017**, *22*, 1105-1116. [\[CrossRef\]](#)

47. Lu, W.; Chi, B.; Bao, Z.; Zetkovic, A. Yeşil binaların inşaat atığı yönetimi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi: Üç yeşil bina derecelendirme sisteminin karşılaştırmalı çalışması. *Yapı. Environ.* **2019**, *155*, 247-256. [\[CrossRef\]](#)
48. Doan, D.T.; Tran, H.V.; Aigwi, I.E.; Naismith, N.; Ghaffarianhoseini, A.; Ghaffarianhoseini, A. Yeşil bina derecelendirme sistemleri: LOTUS, LEED ve Green Mark arasında bir eleştirel karşılaştırma. *Environ. Res. Commun.* **2023**, *5*, 75008. [\[CrossRef\]](#)
49. Rauf, A.; Attoye, D.E.; Crawford, R. Duyarlılık Analizi ile Birleşik Arap Emirlikleri'ndeki Örnek Bir Villanın Somutlaştırılmış ve Operasyonel Enerjisi. *Binalar* **2022**, *12*, 1469. [\[CrossRef\]](#)
50. Gharehbaghi, K.; Farnes, K.; Kucharski, L.; Fragomeni, S. Gelişen yeşil yüksek yapıların uyarlanabilirliği: Avustralya'daki yüksek binalarda somutlaştırılmış enerji dinamikleri. *Int. J. Sürdürülebilirlik. Enerji* **2022**, *41*, 1383-1398. [\[CrossRef\]](#)
51. Guan, J.; Zhang, Z.; Chu, C. Girdi-çıkış tabanlı hibrit bir LCA modeli kullanılarak Çin'de bina somutlaştırılmış enerjisinin ölçülmesi. *Energy Build.* **2016**, *110*, 443-452. [\[CrossRef\]](#)
52. Alwan, Z.; Nawarathna, A.; Aymen, R.; Zhu, M.; ElGhazi, Y. BIM kullanarak operasyonel ve somutlaştırılmış enerji etkilerinin parametrik değerlendirmesi için çerçeve. *J. Build. Eng.* **2021**, *42*, 102768. [\[CrossRef\]](#)
53. Omrany, H.; Chang, R.; Soebarto, V.; Zhang, Y.; Ghaffarianhoseini, A.; Zuo, J. Net sıfır enerji binalarının bibliyometrik incelemesi araştırma 1995-2022. *Energy Build.* **2022**, *262*, 111996. [\[CrossRef\]](#)
54. Cielo, D.; Subiantoro, A. Yeni Zelanda'da net sıfır enerji binaları: Yasal, iklimsel, teknolojik ve ekonomik faktörlere karşı gözden geçirilen zorluklar ve potansiyeller. *J. Build. Eng.* **2021**, *44*, 102970. [\[CrossRef\]](#)
55. Choi, J.-H.; Moon, J. Ofis ortamlarında insani ve mekansal faktörlerin kullanıcı memnuniyeti üzerindeki etkileri. *Yapı. Environ.* **2017**, *114*, 23-35. [\[CrossRef\]](#)
56. Heinzerling, D.; Schiavon, S.; Webster, T.; Arens, E. İç mekan çevresel kalite değerlendirme modelleri: Bir literatür taraması ve önerilen ağırlıklandırma ve sınıflandırma şeması. *Yapı. Environ.* **2013**, *70*, 210-222. [\[CrossRef\]](#)
57. Nicol, F.; Humphreys, M. Avrupa standardı EN15251'de serbest çalışan binalarda termal konfor için uyarlanabilir denklemlerin türetilmesi. *Yapı. Environ.* **2010**, *45*, 11-17. [\[CrossRef\]](#)
58. Parkinson, T.; Parkinson, A.; Dear, R.D. SAMBA iç mekan çevresel kalite izleme sisteminin tanıtımı. Proceedings of the 49th International Conference of the Architectural-Science-Association, Melbourne, Avustralya, 2-4 Aralık 2015; pp. 1139-1148.
59. Lin, B.; Liu, Y.; Wang, Z.; Pei, Z.; Davies, M. Çin'deki yeşil ofis binalarında ölçülen enerji kullanımı ve iç ortam kalitesi. *Energy Build.* **2016**, *129*, 9-18. [\[CrossRef\]](#)
60. Liang, H.-H.; Chen, C.-P.; Hwang, R.-L.; Shih, W.-M.; Lo, S.-C.; Liao, H.-Y. Tayvan'daki sertifikalı yeşil ofis binalarının iç ortam kalitesine yönelik bina sakinlerinin memnuniyeti. *Yapı. Environ.* **2014**, *72*, 232-242. [\[CrossRef\]](#)
61. Berardi, U.; GhaffarianHoseini, A.; GhaffarianHoseini, A. Yeşil çatıların çevresel faydalarının son teknoloji analizi. *Uygulama Enerji* **2014**, *115*, 411-428. [\[CrossRef\]](#)
62. Shafique, M.; Kim, R.; Rafiq, M. Yeşil çatı faydaları, fırsatlar ve zorluklar-Bir inceleme. *Yenileme. Sürdürülebilirlik. Energy Rev.* **2018**, *90*, 757-773. [\[CrossRef\]](#)
63. Bianchini, F.; Hewage, K. Yeşil çatılar ne kadar "yeşil"? Yeşil çatı malzemelerinin yaşam döngüsü analizi. *Yapı. Environ.* **2012**, *48*, 57-65. [\[CrossRef\]](#)
64. Van Renterghem, T.; Botteldooren, D. Geniş yeşil çatılar üzerinde yayılan sesin yerinde ölçümleri. *Yapı. Environ.* **2011**, *46*, 729-738. [\[CrossRef\]](#)
65. Vijayaraghavan, K. Yeşil çatılar: Bileşenlerin rolü, faydaları, sınırlamalar ve eğilimler üzerine eleştirel bir inceleme. *Yenileme. Sürdürülebilirlik. Energy Rev.* **2016**, *57*, 740-752. [\[CrossRef\]](#)
66. Vijayaraghavan, K.; Raja, F.D. Akış kalitesini iyileştirmek için katkı maddesi olarak Sargassum biyokütlesi içeren yeşil çatıların pilot ölçekte değerlendirilmesi. *Ecol. Eng.* **2015**, *75*, 70-78. [\[CrossRef\]](#)
67. Theodosiou, T.; Aravantinos, D.; Tsikaloudaki, K. Akdeniz iklim koşulları altında yeşil ve geleneksel çatının termal davranışı. *Int. J. Sustain. Enerji* **2013**, *33*, 227-241. [\[CrossRef\]](#)
68. Ashitey, P.; Benjankar, R.; Morgan, S.; Retzlaff, W.; Celik, S. Farklı Ortam Derinliklerinin ve Bitki Uygulamalarının Çeşitli Yağış Modelleri Altında Yeşil Çatı Yağış Tutma Kapasitesi Üzerindeki Etkilerinin Analizi. *Hidroloji* **2023**, *10*, 149. [\[CrossRef\]](#)
69. Van Renterghem, T.; Botteldooren, D. Yeşil çatılar üzerinden yayılan sesin sayısal değerlendirmesi. *J. Sound Vib.* **2008**, *317*, 781-799. [\[CrossRef\]](#)
70. Yang, H.S.; Kang, J.; Choi, M.S. Yeşil çatı sistemlerinin sokak seviyesinde düşük profilli bir yapı üzerindeki akustik etkileri. *Yapı. Environ.* **2012**, *50*, 44-55. [\[CrossRef\]](#)
71. Mousavi, S.; Gheibi, M.; Waclawek, S.; Behzadian, K. Binalarda yeşil çatıların optimum tasarımı için yeni bir akıllı çerçeve enerji tasarrufu ve termal konfor ile uyumlu. *Energy Build.* **2023**, *291*, 113111. [\[CrossRef\]](#)
72. Mazzeo, D.; Matera, N.; Peri, G.; Scaccianoce, G. Yeşil çatıların bina termal performansını iyileştirme ve Akdeniz bölgesinde kentsel ısı adasını azaltma potansiyelinin tahmin edilmesi: Yapay zeka tabanlı bir yaklaşım. *Appl. Therm. Eng.* **2023**, *222*, 119879. [\[CrossRef\]](#)
73. Alonso-Marroquin, F.; Qadir, G. Fotovoltaik Paneller ve Yeşil Çatılar Arasındaki Sinerji. *Energies* **2023**, *16*, 5184. [\[CrossRef\]](#)
74. Korol, E.; Shushunova, N. Yenilikçi Modüler Yeşil Duvar Sistemleri ile Enerji Verimli Konut Binasının Analizi ve Değerlemesi. *Sürdürülebilirlik* **2022**, *14*, 6891. [\[CrossRef\]](#)
75. Wilkinson, S.; Carmichael, M.; Khonasty, R. Akıllı yeşil duvar bakımı ve Wallbot teknolojisine doğru. *Prop. Manag.* **2021**, *39*, 466-478. [\[CrossRef\]](#)

76. Song, Y.; Li, C.; Zhou, L.; Huang, X.; Chen, Y.; Zhang, H. Belediye düzeyinde yeşil bina gelişimini etkileyen faktörler: Çin'de bir kesitsel çalışması. *Energy Build.* **2021**, *231*, 560. [CrossRef]
77. Darko, A.; Zhang, C.; Chan, A.P.C. Yeşil bina için itici güçler: Ampirik çalışmalar üzerine bir inceleme. *Habitat Int.* **2017**, *60*, 34-49. [CrossRef]
78. Li, Y.; Liu, Z.; Li, C. Singapur'da yeşil bina konusunda hükümet stratejilerine genel bakış. *J. Green Build.* **2022**, *17*, 219-241. [CrossRef]
79. Şirin, C.; Goggins, J.; Hajdukiewicz, M. Yeşil binalar için binaya entegre fotovoltaiik/termal sistemler üzerine bir inceleme. *Appl. Therm. Eng.* **2023**, *229*, 120607. [CrossRef]
80. Lv, G.; Zhao, K.; Qin, Y.; Ge, J. Kentsel alt katman yüzeylerinin aerodinamik parametrelerine dayalı bina çatıları için kentsel ölçekte bir yöntem mevcut rüzgar kaynağı değerlendirilmesi. *Sürdürülebilirlik. Şehirler Soc.* **2022**, *80*, 103790. [CrossRef]
81. Ismaeil, E.M.H.; Sobaih, A.E.E. Kurak Bölgede Çift Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Net-Sıfır Enerjili Konut Binaları için Sezgisel Yaklaşım. *Binalar* **2023**, *13*, 796. [CrossRef]
82. Wang, D.; Almojil, S.F.; Ahmed, A.N.; Chaturvedi, R.; Almohana, A.I. Sürdürülebilir bir geleceğe ulaşmak için şebeke ile çift yönlü etkileşime sahip biyokütle ve güneş enerjisi kullanan bir yeşil bina sisteminin akıllı tasarımı ve çevresel değerlendirmesi. *Sürdürülebilirlik. Enerji Teknol. Değerlendirme.* **2023**, *57*, 103287. [CrossRef]
83. Wang, X.; Gard, W.; Borska, H.; Ursem, B.; van de Kuilen, J.W.G. Dikey yeşillendirme sistemleri: Kendi kendine büyüyen bitkilerden ağaçlara ara bağlantılar. *Eur. J. Wood Wood Prod.* **2020**, *78*, 1031-1043. [CrossRef]
84. Lewandowski, D.; Robain, H.; Clergeau, P.; Le Roy, R. Canlı duvarların biyo-duyarlılığı: Yapı malzemeleri ve substratları arasındaki etkileşimler ve bitki büyümesi üzerindeki etkisi. *Kent İçin. Kentsel Yeşil.* **2023**, *83*, 127912. [CrossRef]
85. Lazarova-Molnar, S.; Mohamed, N. Akıllı binalar için işbirliğine dayalı veri analitiği: Fırsatlar ve modeller. *Kümelenme. Comput.* **2017**, *22*, 1065-1077. [CrossRef]
86. Wu, Q. Sürdürülebilir şehirlerdeki yeşil hastaneler için yapay zeka güdümlü iletişim sistemlerinin optimizasyonu. *Sürdürülebilir. Şehirler Soc.* **2021**, *72*, 103050. [CrossRef]
87. Memoori. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://memoori.com/portfolio/startups-in-smart-buildings-2023/> (15 Ocak 2024 tarihinde erişilmiştir).
88. Liu, W. Bu çalışmanın veri kaynağı Web of Science Core Collection mı? Yeterli değil. *Scientometrics* **2019**, *121*, 1815-1824. [CrossRef]
89. Zhu, J.; Liu, W. İki veritabanının hikayesi: Akademik makalelerde Web of Science ve Scopus kullanımı. *Scientometrics* **2020**, *123*, 321-335. [CrossRef]
90. Vera-Baceta, M.-A.; Thelwall, M.; Kousha, K. Web of Science ve Scopus dil kapsamı. *Scientometrics* **2019**, *121*, 1803-1813. [CrossRef]
91. Fauzi, M.A.; Anuar, K.F.; Zainudin, N.M.; Ahmad, M.H.; Wider, W. Yeşil binalarda bina bilgi modellemesi (BIM): A state-of-the-art bibliyometrik inceleme. *Int. J. Build. Pathol. Adapt.* **2023**. [CrossRef]
92. Darko, A.; Chan, A.P.C.; Huo, X.; Owusu-Manu, D.-G. Küresel yeşil bina araştırmalarının bilimselometrik analizi ve görselleştirilmesi. *Build. Environ.* **2019**, *149*, 501-511. [CrossRef]

Sorumluluk Reddi/Yayıncının Notu: Tüm yayınlarda yer alan ifadeler, görüşler ve veriler yalnızca yazar(lar)a ve katkıda bulunan(lar)a aittir, MDPI ve/veya editör(ler)e ait değildir. MDPI ve/veya editör(ler), içerikte atıfta bulunulan herhangi bir fikir, yöntem, talimat veya üründen kaynaklanan insanlara veya mallara gelebilecek herhangi bir zarar için sorumluluk kabul etmez.