

Beşikten Kapiya Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin Mimarlıktaki Yerinin WOS Veri Tabanındaki Araştırmalar Üzerinden İncelenmesi

Examining the Role of the Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment in Architecture Based on Research in the WOS Database

Özlem Cenikli^{1*}, Murat Taş², Nilüfer Taş³

^{1*} BUÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı/Bursa, Türkiye

² BUÜ, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü/Bursa, Türkiye

³ BUÜ, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü/Bursa, Türkiye

ÖZET

Çalışma, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) yaklaşımları arasında beşikten kapiya (cradle-to-gate) yaklaşımını ele alır. Bu yaklaşım, ürünün tüm yaşam döngüsü yerine yalnızca üretim sürecini kapsayan veri toplama ve analiz süreçlerine odaklanır. Çevresel etkilerin hızlı ve etkin bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Beşikten kapiya LCA, üretim süreçleri ve kullanılan malzemelerin çevresel ayak izi hakkında erken aşamada önemli bilgiler sunar. Bu yönüyle, beşikten kapiya yaklaşımı, verimli bir başlangıç noktası teşkil eder. Bu yaklaşım LCA'ya göre daha hızlı ve kolaydır. Bu sayede şirketler, ürünlerinin üretim süreçleri ve malzemelerinin çevresel ayak izi hakkında hızlı ve değerli bilgiler elde eder. Çalışma, üretim sürecine odaklanan beşikten kapiya (cradle-to-gate) yaklaşımının, mimarlık alanındaki uygulanabilirliğini ve önemini sorgular. Web of science veri tabanında beşikten kapiya yaklaşımı araştırılmış, Biblioshiny programında bibliyometrik analiz yapılmıştır. İlk aşamada tüm disiplinler için bu yaklaşım araştırılmış ve 2895 çalışmaya ulaşılmıştır. İkinci aşamada mimarlık ve beşikten kapiya anahtar kavramlarını içeren açık erişimli çalışmalar ele alınmış ve 8 çalışmaya ulaşılmıştır. Aşamanın devamında Maxqda programı ile içerik analizi yapılmıştır. Bu göre bu yaklaşım, tasarım ve malzeme seçiminde hızlı ve etkili geri bildirim sağlar. Mimarlık bağlamında, beşikten kapiya LCA, sürdürülebilir tasarım kararlarını desteklemek ve malzeme kullanımının ekolojik etkilerini erken aşamada değerlendirmek için kritik bir araç olarak ele alınır. Bu sayede, tasarım süreci boyunca hem çevresel hem de yapısal performans kriterleri daha bilinçli bir şekilde yönetilebilir.

Anahtar Kelimeler: “Beşikten kapiya”, “İçerik analizi”, “LCA”, “MAXQDA”

ABSTRACT

This study examines the cradle-to-gate approach among Life Cycle Assessment (LCA) treatments. This comprehensive approach focuses on data collection and comprehensive analysis covering only the production process, rather than all product lifecycle details. It enables rapid and effective assessment of environmental impacts. Cradle-to-gate LCA provides important early-stage information about the footprint of production parts and the markets where they are used. In this context, the cradle-to-gate approach constitutes an efficient starting point. This approach is faster and easier than LCA. This allows for quick and valuable information about the footprint of retail sales, production packages, and the abundance of materials. The study questions the applicability and enhancement of the cradle-to-gate approach, focusing on production policy, in the architectural field. Web of Science data on the cradle-to-gate approach was investigated, and bibliometric analysis was performed using the Biblioshiny program. In the first stage, this systematic research was conducted for all disciplines, and 2895 data points were accessed. In the second stage, open-access studies containing the key concepts of architecture and cradle-to-gate were examined, and 8 studies were identified. In the next stage, content analysis was performed using the Maxqda program. According to this approach, design and material selection provide quick and effective feedback. The architectural software, LCA (Landmark-Based Construction Analysis), is considered a critical tool for supporting sustainable design decisions and evaluating ecologically sound materials at an early stage. This allows for more discreet management of both marketing and consistent performance criteria throughout the design process.

Keywords: “Content analysis”, “Cradle to gate”, “LCA”, “MAXQDA”

1. GİRİŞ

Çalışma kapsamında “Beşikten kapıya yaklaşımının mimarlıkta yeri nedir?” sorusu incelenmiştir. Bu kapsamda ele alınan LCA, bir ürün ya da yapının hammadde çıkarımından bertarafa kadar tüm yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan çevresel etkileri bilimsel ve sistematik biçimde değerlendiren kapsamlı bir yöntemdir. Beşikten kapıya yaklaşımı ise ürünlerin hammadde çıkarımından üretimin tamamlanmasına kadar olan çevresel etkilerini değerlendirerek özellikle gömülü karbon analizlerinde kullanılan etkili bir LCA (Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi/YDD) yöntemidir. Bu yaklaşım, üretim sürecindeki enerji tüketimi ve emisyonları görünür kılarak iyileştirme alanlarını belirlemeyi kolaylaştırmaktadır. Çalışma kapsamında iki temel aşama gerçekleştirilmiştir. 1. Aşamada WOS veri tabanında literatür incelemesinde bulunulmuştur. Ulaşılan çalışmalar çeşitli başlıklarla incelenmiştir. 2. Aşamada mimarlık disiplini *cradle to gate* yaklaşımı konulu ulaşılan 8 çalışma içerik analizine tabi tutulmuştur. “YDD, bir ürünün, üretimi için kullanılan ham maddelerin tedarikinden, kullanımı, kullanım ömrü sonunda işlenmesi, geri dönüşümü ve nihai bertarafına kadar hayatı boyunca çevresel boyutlarını ve muhtemel çevresel etkilerini incelemektedir.” (TS EN ISO 14040). Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA), yapıların hammadde temininden kullanım ömrü sonuna kadar olan tüm süreçlerdeki çevresel etkilerini değerlendiren bütüncül bir yöntemdir. Mimarlık pratiğinde LCA, malzeme seçimi ve tasarım kararlarının çevresel sonuçlarını görünür kılmaktadır. Bu noktada BIM tabanlı dijital araçlar, metraj, malzeme bilgisi ve veri tabanı entegrasyonu sayesinde LCA’yı tasarım sürecinin erken aşamalarına taşıma potansiyeli sunmaktadır (Duru ve Koç, 2021).

Sürdürülebilir mimarlık, yapı sektörünün çevresel etkilerini azaltmada temel bir yaklaşımdır. Bu bağlamda Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA), yapıların çevresel performansını bütüncül biçimde analiz etmeyi sağlayan temel bir araç olarak öne çıkmaktadır. LCA, hammaddenin çıkarılmasından yapı üretimi, kullanım süreci ve kullanım ömrü sonuna kadar geçen tüm aşamalarındaki çevresel etkileri görünür kılmaktadır. Böylece mimari tasarım kararlarının çevresel sonuçları erken aşamada değerlendirilebilir ve daha sürdürülebilir yapı çözümleri geliştirilebilmektedir (Bruce-Hyrkäs, 2021)).

Mimarlık sektörü, yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) çalışmalarında kimya ve tekstil sektörlerinden daha aktif bir konumdadır. Yaşam döngüsü kavramı, bir yapı malzemesi ya da yapı sisteminin hammadde aşamasından kullanım ömrü sonuna kadar olan tüm süreçlerini kapsamaktadır. Mimarlıkta LCA, bu süreçleri “beşikten mezara” yaklaşımıyla değerlendirerek yapıların çevresel etkilerini bütüncül biçimde ortaya koymaktadır. “Beşikten kapıya” yaklaşımı, özellikle malzeme üretim sürecine odaklanarak tasarım aşamasında karşılaştırmalı analiz yapılmasına olanak tanımaktadır. “Beşikten beşiğe” yaklaşımı ise geri dönüşüm ve yeniden kullanım odaklı döngüsel tasarımı desteklemektedir. “Kapıdan kapıya” değerlendirme ise üretim süreçlerinin çevresel verimliliğini ölçmek için kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlar, mimari tasarım kararlarının çevresel etkilerini farklı ölçeklerde analiz etmeye imkân tanımaktadır (Benli Yıldız, 2017).

Ürün ölçeğinde LCA enerji, fosil yakıt, malzeme ve emisyon kavramlarıyla ilişkilidir. Bina ölçeğinde ise yapının çevresel performansının sistemli değerlendirilmesini kapsamaktadır. Buna göre hem yapı hem malzeme ölçeğinde karşılaştırmalar sunulmaktadır. LCA, mimarlıkta tasarımı çevresel performans odaklı, ölçülebilir ve bilinçli bir sürece dönüştürmektedir. Düşük karbonlu, geri dönüştürülebilir ve uzun ömürlü malzemeler keşfedilebilmektedir. Enerji ve karbon odaklı tasarım desteklenmektedir. BIM ve dijital araçlarla entegrasyonu teşvik edilmektedir. Sürdürülebilirlik sertifikasyonlarını desteklenmektedir. Politika ve yönetmeliklere altyapı oluşturmaktadır. Yardımcı ve arkadaşları mimarlık ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) yaklaşımını birlikte ele alarak, tünel kalıp sistemiyle inşa edilen çok katlı bir konut yapısının çevresel etkilerini incelemektedir. Çalışma, mimari tasarım kararlarının LCA sonuçlarını doğrudan etkilediğini vurgulayarak; uçucu kül katkılı beton, geri dönüştürülmüş çelik, hafif ve modüler balkonlar, prefabrik/kaset döşemeler ve daha düşük katlı blok çözümleri gibi alternatiflerin gömülü karbonu ve enerji tüketimini önemli ölçüde azaltabileceğini göstermektedir. BIM-LCA entegrasyonu mimari tasarımın erken aşamalarında sürdürülebilir kararlar için güçlü bir araçtır (Yardımcı vd., 2025).

Bu çalışma, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi literatüründe yaygın olarak ele alınan “beşikten mezara” ve “beşikten beşiğe” yaklaşımlarına kıyasla, mimarlık disiplini “beşikten kapıya” yaklaşımının kullanımına yönelik sınırlı kalan araştırma boşluğunu ele almaktadır. Ayrıca, bibliyometrik analiz ve içerik analizini birlikte kullanarak, bu yaklaşımın mimarlık alanındaki akademik eğilimlerini ve uygulama potansiyelini sistematik biçimde ortaya koyarak literatüre metodolojik katkı sunmaktadır. Bununla birlikte çalışma, beşikten kapıya yaklaşımının tasarım ve malzeme seçim süreçlerinde erken aşama çevresel performans değerlendirmesine sağladığı katkıları mimarlık bağlamında bütüncül olarak irdeleyerek disiplinler arası bilgi eksikliğini gidermektedir.

1.1 LCA (Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi) Kavramı

LCA, 1970'lerde ABD'de ortaya çıkmıştır. Başlangıçta ambalajların çevresel ve enerji açısından karşılaştırılmasına odaklanmıştır. Petrol krizleri, kaynak sınırlılığı ve çevresel sorunlara dikkat çekerek LCA'nın önemini artırmıştır. 1980'lerin sonunda çalışmalar yeniden hızlanmış ve analizler ambalaj dışındaki pek çok ürünü kapsayacak şekilde genişlemiştir. LCA, ürünlerin ham madde çıkarımından bertarafa kadar tüm çevresel etkilerini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Tam girdi-çıkı dengesi ise pratikte tam sağlanamamıştır. (Çırak ve Ekşi, 2017). LCA, ISO 14040 ve 14044'e göre bir ürün veya hizmetin ham madde çıkarımından atık yönetimine kadar tüm yaşam döngüsündeki çevresel etkilerini değerlendiren bir yöntemdir.

Bu etkiler enerji kullanımı, doğal kaynak tüketimi ve çevre kirliliği gibi yükleri içermektedir. Sonuçta LCA, sürdürülebilirlik açısından daha bilinçli ve doğru kararlar alınmasına yardımcı olmaktadır (Altın, 2024).

Sürdürülebilir mimarlık alanında en kapsamlı değerlendirme araçlarından biri *Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi*'dir (LCA). LCA, bir yapının hammadde üretim, kullanımdan yıkım veya bertarafa kadar tüm aşamalarındaki çevresel etkilerini analiz etmektedir. Bu bütüncül yöntem, yapıların çevresel performansını bilimsel verilerle ortaya koymaktadır. Böylece sürdürülebilirlik ölçülebilir şekilde değerlendirilebilmektedir (Duru ve Koç, 2021). LCA, malzemelerin çevresel açıdan en çok etki yarattığı alanları belirleyerek enerji tüketimi, karbon salımı, nakliye ve geri dönüşüm süreçlerindeki kritik unsurları görünür kılmaktadır. Bu sayede daha düşük gömülü karbonlu, uzun ömürlü ve döngüsel ekonomiye uygun malzeme ve sistem seçimleri yapılabilir. Ayrıca tasarım sürecinde farklı malzemelerin çevresel etkilerini karşılaştırma olanağı sunmaktadır (Çimen, 2025).

1.2 Beşikten Kapiya Yaklaşımı

Beşikten kapiya (cradle-to-gate) yaklaşımı, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) kapsamında bir ürünün çevresel etkilerini hammadde çıkarımından üretim sürecinin tamamlanmasına kadar sistematik olarak inceleyen bir yöntemdir. Bu yaklaşımda değerlendirme, ürünün kullanım aşaması, bakım-onarım süreçleri ve yaşam sonu gibi sonraki evreleri kapsam dışı bırakmaktadır. Dolayısıyla analiz, üreticinin tesisinden çıkan nihai ürünün "fabrika kapısına" ulaştığı ana kadar gerçekleşen tüm enerji tüketimlerini, malzeme akışlarını ve emisyonları içerir. *Cradle-to-gate* yaklaşımı, özellikle yapı malzemeleri, hazır beton, çelik, çimento ve diğer endüstriyel ürünlerin gömülü karbon hesaplamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu, ürünün erken yaşam döngüsü evrelerindeki çevresel yüklerin ayrıştırılmasını sağlamaktadır. Üretim süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik stratejilerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca veri erişilebilirliğinin sınırlı olduğu sektörlerde, cradle-to-gate uygulanabilir ve karşılaştırılabilir sonuçlar sunmaktadır (URL-1).

"Beşikten kapiya" LCA, bir ürünün üretim ve tedarik zinciri kaynaklı çevresel etkilerini nicel olarak ortaya koymaktadır. LCA, üretim sürecindeki enerji tüketimi, sera gazı emisyonları ve diğer etki kategorilerini ölçmeye olanak tanımaktadır. Bu yaklaşım, üreticilerin hammaddeler ve üretim süreçlerindeki çevresel yükleri belirlemesine yardımcı olmaktadır. "Beşikten kapiya" LCA, fabrikadan çıkışa kadarki çevresel performansın değerlendirilmesi ve iyileştirme alanlarının belirlenmesi açısından güçlü bir araçtır (Bilgin, 2025). Bu değerlendirme, ele alındığında, betonun çimento, su, agrega ve donatı gibi bileşenlerinden kaynaklanan CO₂ salınımlarının bölgesel üretim koşullarına ve tedarik zincirine bağlı olarak önemli ölçüde değiştiğini ortaya koymaktadır. Beşikten kapiya sistem sınırları içinde, hammadde temini ve üretime kadar olan ilk aşamalarda girdilerin daha sınırlı ve tanımlı olması nedeniyle CO₂ emisyon hesaplamaları görece daha hassas ve güvenilirirdir (Altın ve Orhon, 2012).

Üretim sürecinin, doğal kaynak çıkarımından başlayıp fabrika (kapı) üretimine kadar olan tüm aşamalarını kapsayan yaşam döngüsü analizi, sadece ürünün ve ilgili tedarik zinciri kimyasallarının üretiminde kullanılan tüm girdileri, çıktıları ve enerji kullanımını göstermekle kalmaz, aynı zamanda süreç değişikliklerinin hammadde ve enerji tüketimi ile emisyonlar üzerinde en büyük etkiye sahip olacağı noktaları da vurgulayabilir (Ponder ve Overcash, 2010). Rostkowsk ve arkadaşları beşik-beşik döngüsünün parametrelerini geliştirmiş ve beşik-kapı LCA'sının temeli olarak kullanmıştır (Rostkowski vd., 2012). Jiménez-González çalışmasında ticari bir ilaç ürününün beşik-kapı yaşam döngüsü değerlendirmesi bir vaka çalışması olarak sunulmaktadır. (Jiménez-González, 2004). Bu Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA), fabrikada üretim ve son kullanıcılara dağıtım süreci de dahil olmak üzere, beşikten müşterinin kapısına kadar olan aşamalarını inceler (Almeida vd., 2010).

Vaka çalışmasında Zahabi ve arkadaşları, Kanada'nın New Brunswick eyaletinde sert ağaç kerestesi üretiminde, hammadde çıkarımından kerestenin ham yeşil kereste olarak fabrikadan çıkışına kadar olan çevresel etkileri değerlendiren, üretimden kapiya kadar bir yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) gerçekleştirmiştir (Zahabi vd., 2025). Bir diğer çalışmada, ISO 14040 ve ISO 14044 standartlarına göre bambu ve ahşap scrimberin üretimden kullanıma kadar olan yaşam döngüsü değerlendirmesini (LCA) gerçekleştirmiştir (Lao vd., 2025).

Oztas ve Yuksek çalışmasında, Türkiye'de sürdürülebilir fırınlanmış tuğla için yerel çevresel veriler elde etmeyi, çevresel etkileri değerlendirmeyi ve ürün ve süreç geliştirmeye katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, farklı fırın tiplerine sahip iki Türk tuğla fabrikası, çevresel sürdürülebilirlik açısından vaka çalışması olarak izlenmiştir. Beşikten kapiya kadar olan sistem sınırında Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) kullanılmıştır (Oztas ve Yuksek, 2022). Puettmann de arkadaşları çalışmasında, ISO yönergelerine uygun olarak Oregon'da üretilen çapraz lamine ahşabın (CLT) beşik-kapı yaşam döngüsü değerlendirmesini (LCA) yapmıştır (Puettmann vd., 2019). Timm ve arkadaşları silika dumanının yaşam döngüsü etkilerindeki farklılıkları, beşik aşamasından kapi aşamasına kadar üç senaryoyu analiz ederek değerlendirmektedir. Sonuçlar, model seçimine ilişkin anlayışı geliştirir ve doğru dağıtım modelinin seçilmesinin önemli olduğunu gösterir; bu durum sonuçlarda önemli farklılıklara yol açabilir (Timm vd., 2019). Fiala ve arkadaşlarının çalışmasında ise deneysel olarak doğrulanmış üç farklı ince kolon alternatifinin çevresel analizinde, "beşikten kapiya" yaklaşımı sunulmaktadır. İlgili yaşam döngüsü değerlendirmesi prosedürünün envanter aşamasında toplanan yerel çevresel verilere dayanmaktadır (Fiala, vd., 2013).

Günümüzde enerji performansı gereksinimlerinin sıklaşmasıyla birlikte ahşap çerçeveli duvar sistemleri yaygınlaşmaktadır. Steeman ve arkadaşları çalışmasında, söz konusu yapı sistemlerinin çevresel etkileri beşikten kapiya yaklaşımıyla değerlendirmiştir (Steeman, vd., 2019). Malone ve arkadaşları analizlerde, üretim ve inşaat yaşam döngüsü aşamaları da dahil olmak üzere, üretimden kullanıma kadar olan süreci kapsayacak şekilde yapmıştır (Malone vd., 2014). Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, sürdürülebilir inşaat için güçlü bir araçtır, ancak genellikle ortalama etki sonuçlarına dayanır ve inşaat ürünü üreticileri arasındaki çevresel etkinin dağılımını belirlemede yetersiz kalır. Silva ve arkadaşları çalışmada, Brezilya'daki hazır beton üretimi için beşik-kapı etki sonuçlarını sunmaktadır (Silva vd., 2019). Čuláková, M., & Vilčeková vaka çalışmasında, Beşikten Kapiya kadar sistem sınırında yaşam döngüsü analizini kullanmakta ve gömülü enerji, gömülü CO2 eşdeğeri emisyonları ve So(2) eşdeğeri emisyonları gibi çevresel göstergelere odaklanmaktadır (Čuláková ve Vilčeková, 2013). Bir diğer çalışmada gerçekleştirilen değerlendirme, hammadde çıkarımı, taşımalar ve üretim süreçlerini içeren beşikten kapiya aşamayla sınırlandırılmış; malzemelerin şantiye sonrası kullanımı ve kullanım ömrü sonu süreçleri bu aşamada kapsam dışı bırakılmıştır (Dascalaki vd., 2020).

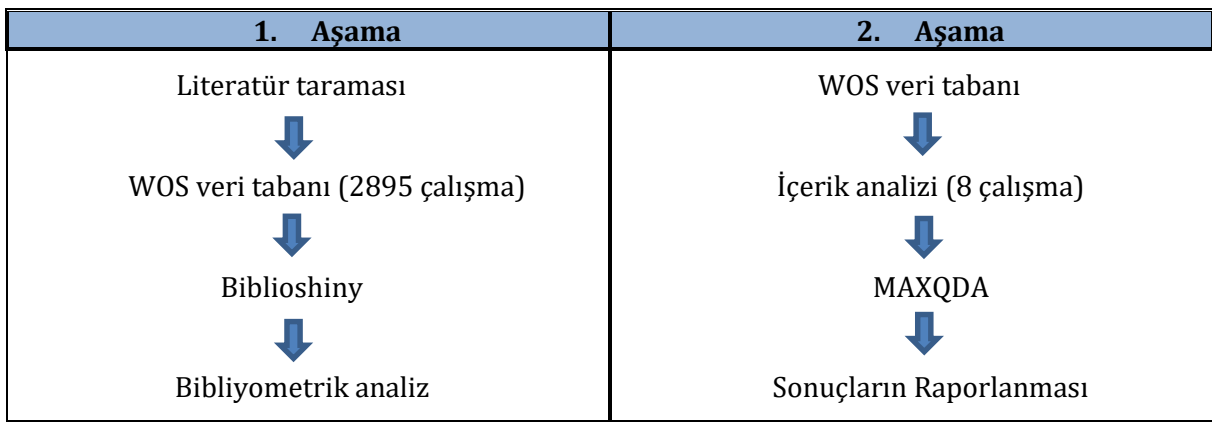
Örnek çalışmalar incelendiğinde "beşikten kapiya (cradle-to-gate)" kavramı, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) içinde belirli bir sistem tercihini ifade etmektedir. Kullanım, bakım, yeniden kullanım ve yaşam sonu gibi aşamalar kapsam dışında kalmaktadır. Bu yaklaşıma göre doğal kaynak üretiminden fabrika kapısına kadarki süreç dikkate alınmaktadır. "Beşik" kavramı, incelenen ürünün hammadde çıkarımı, üretim ya da doğal kaynakların işlenmeye başlanması aşamasını temsil etmektedir. Beşik fiziksel bir noktanın yanı sıra gömülü enerji, gömülü karbon gibi kapsamları da içermektedir. Dolayısıyla beşikten kapiya kavramı çevresel etkilerin kaynağını ortaya çıkarmayı hedeflemektedir. Süreç olarak üretim sürecini merkeze almaktadır. Böylece süreç içinde çerçeve oluşturmaktadır. Sonuçta çevresel etki analizi için tutarlı değerlendirmeler sunulmakta ve güçlü bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma kapsamında 2 belirgin aşama izlenmiştir. 1. Aşamada WOS veri tabanında literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bibliyometrik analizle ulaşılan çalışmalar incelenmiştir. Bibliyometrik analiz, bilimsel yayınların nicel özelliklerini inceleyerek araştırma alanlarının yapısını, gelişim dinamiklerini ortaya koyan istatistik temelli bir değerlendirme yöntemidir. Bu yaklaşımla, belirli bir disiplin, konu ya da zaman aralığı içerisindeki bilimsel çıktılarının yayın sayıları, atıf ilişkileri, ortak yazarlık ağları, anahtar kelime eş-görünürlükleri ve dergi etki değerleri gibi ölçütler üzerinden sistematik olarak analiz edilmiştir. Analiz, Web of Science bibliyografik veri tabanlarından elde edilen veri setlerinin çeşitli yazılımlar (Bibliometrix/R paketi) aracılığıyla işlenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Bu yazılımlar aracılığıyla ağları ortaya koyan görselleştirmeler üretilmiştir. Bu aşamada WOS veri tabanında *cradle to gate* kavramını içeren çalışmalar ele alınmıştır. WOS veri tabanından veriler bibtex formatında çekilmiştir. Bibliometrix yazılımına veriler yüklenmiştir. Biblioshiny yazılımı kullanılarak çeşitli parametrelerde incelemelerde bulunulmuştur (Donthu ve diğerleri, 2021). 2. Aşamada WOS veri tabanında mimarlık ve beşikten kapiya/*cradle to gate LCA* etkileşimini konu alan 12 çalışma ele alınmıştır. Bu aşamada açık erişimi olan 8 çalışma içerik analizine tabi tutulmuştur. İçerik analizi, yazılı, görsel ve işitsel materyallerin sistematik biçimde incelenmesini amaçlayan bir nitel araştırma yöntemidir. Araştırma probleminin belirlenmesi, veri toplama, kodlama ve analiz aşamalarından oluşur. Farklı disiplinlerde kullanılabilen esnek ve çok yönlü bir yöntemdir. Metin ve söylem içeriğindeki temel unsurları sınıflandırma, sayısallaştırma ve yorumlama olanağı sağlamaktadır. Hem nitel hem nicel analiz yapılmasına imkân tanımaktadır. Betimsel içerik analizi, anlam analizi ve içerik karşılaştırması gibi farklı alt türleri bulunmaktadır. Çalışma kapsamında içerik analizi MAXQDA

programıyla kodlamalar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada izlenen bazı adımlar bulunmaktadır. Buna göre bu aşamalar araştırma problemi, amacı, yöntemi, sonuç ve önerileri tespit etmek ve kodlamak; en sık kullanılan temaları kodlamak ve raporlamaktır (**Şekil 1.**).

Web of Science (WOS) veri tabanında gerçekleştirilen literatür taramasında arama stratejisi sistematik ve şeffaf bir biçimde oluşturulmuştur. Tarama sürecinde “cradle to gate”, “life cycle assessment”, “LCA” ve “architecture” anahtar kelimeleri çeşitli kombinasyonlarla sorgu ifadesi içerisinde kullanılmıştır. Çalışma kapsamı, 14.11.2025 ve 19.01.2026 tarih aralığını kapsayacak şekilde sınırlandırılmıştır. Araştırma alanı ve kategori seçiminde mimarlık, yapı teknolojisi, sürdürülebilirlik ve çevresel bilimler başlıkları filtrelenmiştir. Bununla birlikte yalnızca hakemli yayınlar, makale ve bildiri türündeki çalışmalar değerlendirmeye alınmış; açık erişim durumu ve tam metne ulaşılabilirlik gibi kriterler de veri setinin oluşturulmasında dikkate alınmıştır. Bu yaklaşım, elde edilen verilerin güvenilirliğini, tekrar edilebilirliğini ve metodolojik şeffaflığını artırmayı amaçlamaktadır. Dahil etme kriterleri kapsamında, Web of Science veri tabanında yer alan, mimarlık disiplini ile beşikten kapıya (cradle-to-gate) LCA yaklaşımını birlikte ele alan, bilimsel makale niteliğinde ve açık erişime sahip çalışmalar değerlendirmeye alınmıştır. Hariç tutma kriterleri kapsamında ise mimarlık alanı ile doğrudan ilişkili olmayan, yalnızca farklı endüstriyel sektörlere odaklanan, tekrarlayan veri içeren, tam metnine ulaşamayan veya kavramsal olarak cradle-to-gate yaklaşımını kapsamayan çalışmalar analiz dışında bırakılmıştır.



Şekil 1. Araştırma Süreci (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

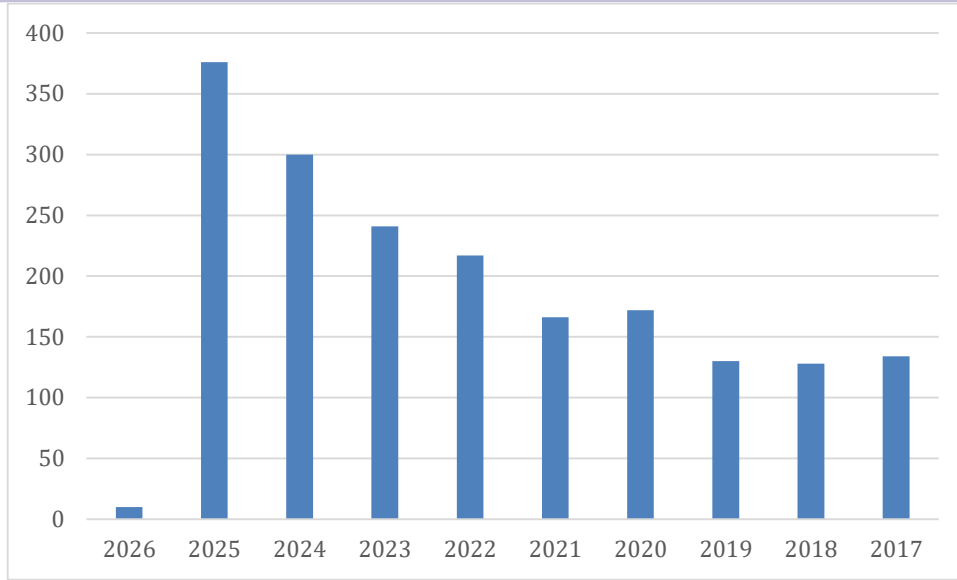
Bu çalışmanın bulguları değerlendirilirken bazı sınırlılıkların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Mimarlık alanında beşikten kapıya yaklaşımının uygulanabilirliği, veri erişilebilirliği ile doğrudan ilişkilidir. LCA çalışmalarında kullanılan çevresel veri setleri çoğunlukla ülke ve bölgeye özgü üretim koşullarına bağlı olduğundan, elde edilen sonuçların farklı coğrafyalara genellenebilirliği sınırlı kalabilmektedir. Ayrıca LCA çalışmalarında sistem sınırlarının belirlenmesi, analiz sonuçlarını doğrudan etkileyen kritik bir parametre olup, farklı sistem sınırları ile yapılan çalışmalar arasında karşılaştırma yapılmasını zorlaştırabilmektedir. Bununla birlikte, içerik analizine dâhil edilen çalışmaların yalnızca iki tanesinin makale, kalan çalışmaların ise bildiri niteliğinde olması literatür derinliğini sınırlayan bir unsur olarak değerlendirilebilir. Bildirilerin genellikle daha kısa ve sınırlı veri sunması, analiz kapsamının genişletilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, mimarlık alanında beşikten kapıya yaklaşımını ele alan daha kapsamlı ve uzun dönemli akademik çalışmaların artırılması, alanın gelişimine önemli katkı sağlayacaktır.

3.1. Aşama: Literatür Taraması

WOS veri tabanında *cradle to gate* yaklaşımını konu alan çalışmalar incelenmiş ve 2895 çalışmaya ulaşılmıştır. Bu çalışmalar, kavramların birbiriyle ilişkisini anlamak için bazı analizlere dahil edilmiştir. Bunlar yıllara göre makale sayısı, kaynakların analizi, konuların analizi, temaların analizi şeklindedir.

Yıllara göre makale sayısı

Grafik, yıllara göre yayımlanan makale sayısını göstermektedir. Yıllara göre yapılan yayınların sayısı incelendiğinde son yıllarda gerçekleştirilen çalışmaların arttığı görülmektedir. Grafik, araştırma alanının son 20 yılda giderek önem kazandığını göstermektedir. Grafikte başlangıç, gelişim, zirve ve düşüş dönemleri bulunmaktadır (**Şekil 2.**).

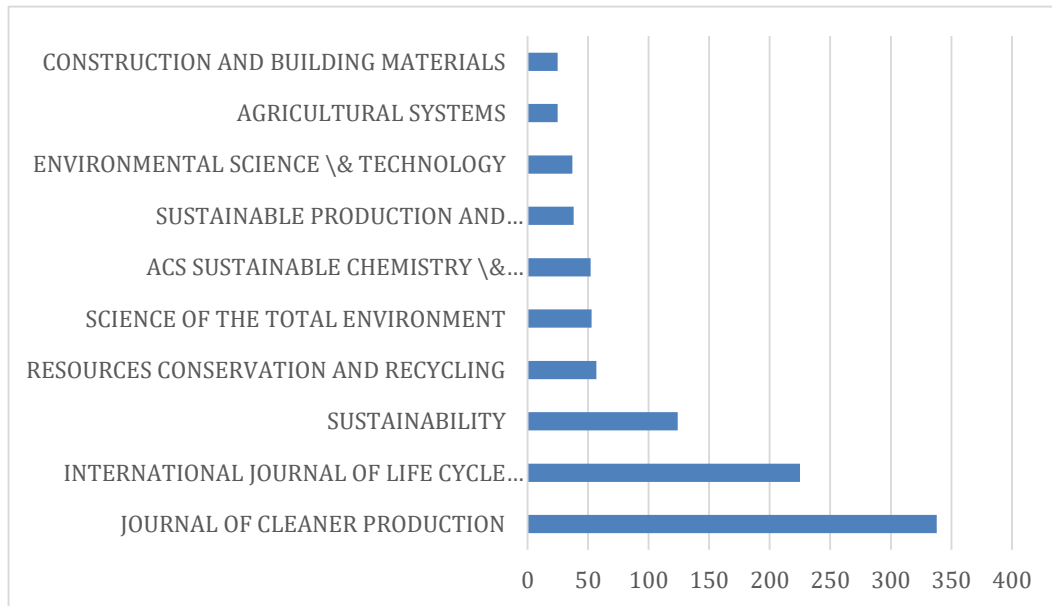


Şekil 2. Yıllara göre makale sayısı(Yazarlar tarafından Biblioshiny/excel programında hazırlanmıştır.)

Bu durum, araştırma alanına olan akademik ilginin zaman içinde artarak belirli dönemlerde yoğunlaştığını göstermektedir. Ayrıca alanın gelişim sürecinde olgunlaşma ve araştırma eğilimlerinde dönemsel değişimler yaşandığını ifade etmektedir.

İlişkili kaynakların analizi

Journal of cleaner production, International journal of life cycle assessment ilişkilendirilen kaynaklarda öne çıkmaktadır (**Şekil 3.**).

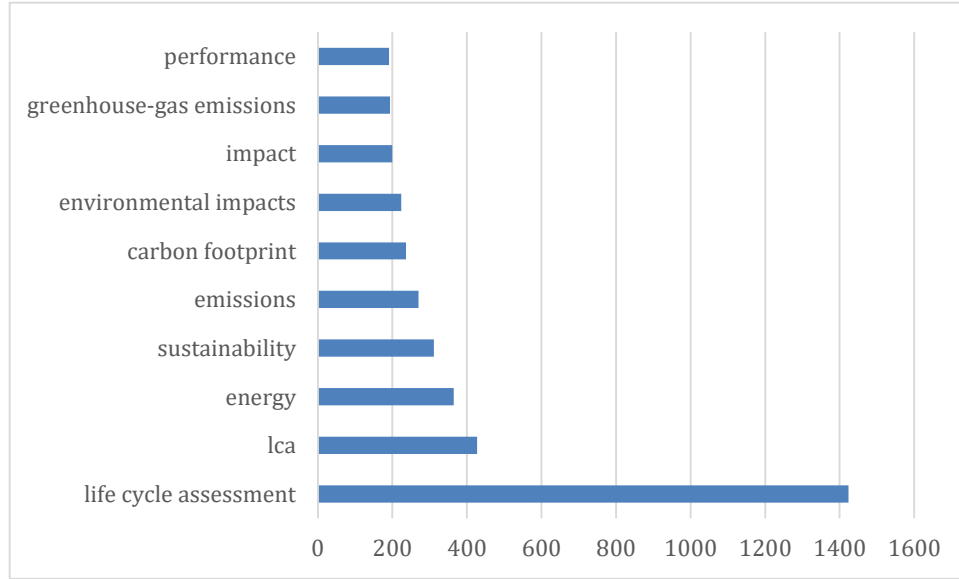


Şekil 3. İlişkili kaynakların analizi(Yazarlar tarafından Biblioshiny/excel programında hazırlanmıştır.)

Bu durum, yaşam döngüsü değerlendirmesi ve sürdürülebilir üretim konularındaki bilimsel çalışmaların büyük ölçüde bu dergiler etrafında yoğunlaştığını göstermektedir. Ayrıca söz konusu dergilerin, alanın akademik bilgi üretimi ve literatür yönelimleri açısından belirleyici ve etkili yayın platformları olduğunu ifade etmektedir.

Öne çıkan konuların analizi

En sık tekrar eden konular gösterilmiştir. “Life cycle assessment” kavramının alt konularında, “energy” ve “sustainability, emissions gibi başlıklar da öne çıkmaktadır. Genel olarak yaşam döngüsü değerlendirmesi ve çevre temalarında yoğunlaşma vardır (**Şekil4.**).

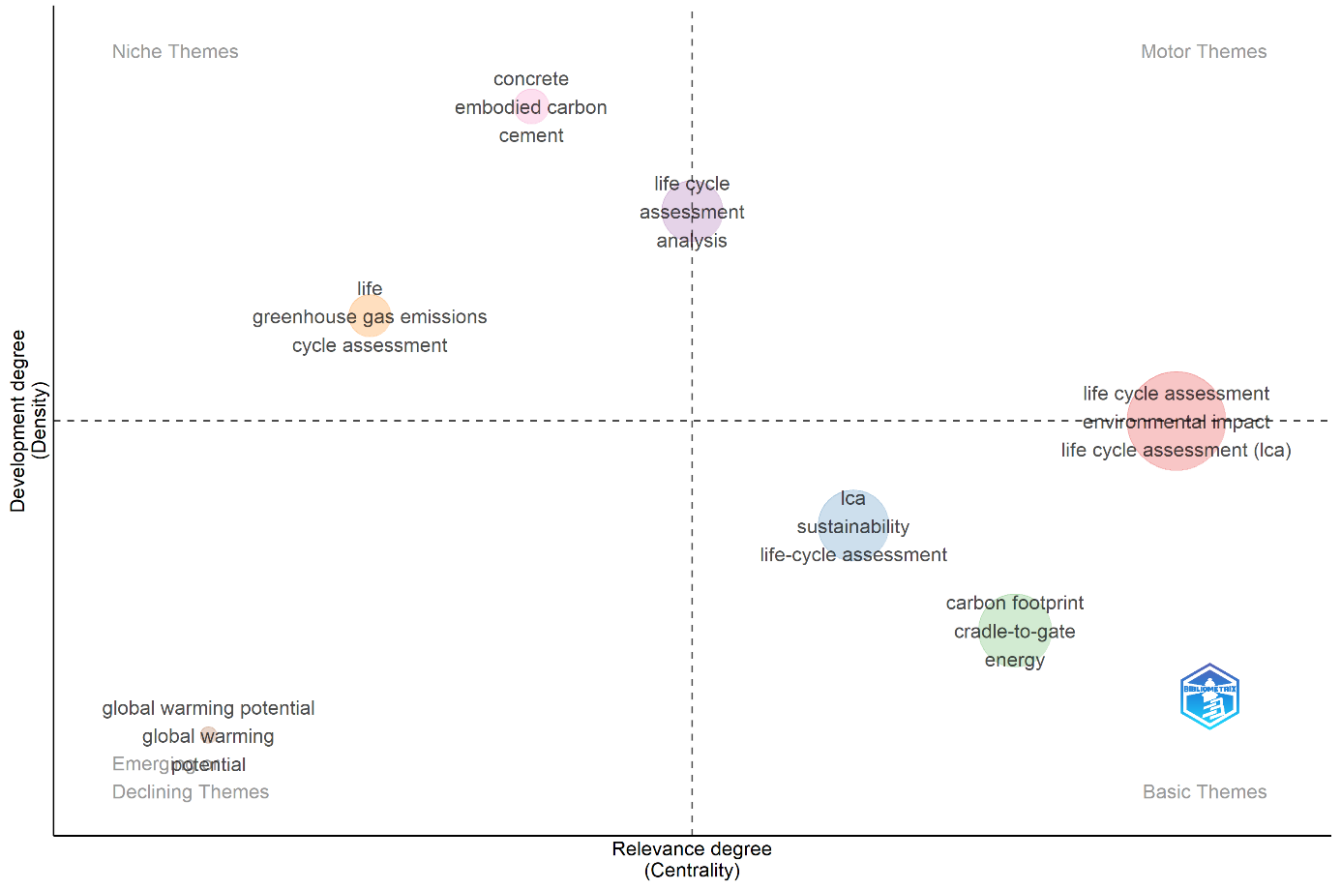


Şekil 4. Öne çıkan konuların analizi (Yazarlar tarafından Biblioshiny/excel programında hazırlanmıştır.)

Bu durum, yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmalarının ağırlıklı olarak enerji kullanımı, sürdürülebilirlik ve emisyonların azaltılması gibi çevresel performans konularına odaklandığını göstermektedir. Aynı zamanda alanın, çevresel etkilerin ölçülmesi ve sürdürülebilir üretim-tasarım stratejilerinin geliştirilmesi etrafında yoğunlaştığını ifade etmektedir.

Temaların yoğunluğu analizi

Temaların yoğunluğu verilmiştir. Sağ alttakiler temel temalardır. Sol üsttekiler çalışılmamış temalar, sol alttakiler ise daha önce kullanılmış temalardır. Grafikte bilimsel haritalama sonuçları yer almaktadır. Temalar merkezilik ve yoğunluk değerlerine göre 4 bölgeye ayrılmıştır. Sağ üst kısım en önemli temalar yer almaktadır. LCA motor temalarda bulunmaktadır. Niş temalar ise sol üstte yer almaktadır. Concrete, embodied carbon, cement bu kavramlardandır. Sağ alttakiler temel temalardır. Gelişmesi gereken temalardır. Carbon footprint, cradle to gate, energy bu kavramlardandır. Bu alanda çalışmaların artırılması gerekmektedir. Gelişen veya gerileyen temalar ise az gelişmiş veya düşüşte olan temalardır. Global warming potential bu kavramlardandır (**Şekil 5.**).



Şekil 5. Temaların yoğunluğu analizi (Yazarlar tarafından Biblioshiny programında hazırlanmıştır.)

Bu bulgular, yaşam döngüsü değerlendirmesi alanında LCA'nın araştırmaları yönlendiren temel ve belirleyici bir tema olduğunu, buna karşılık embodied carbon ve beton gibi konuların daha uzmanlaşmış (niş) araştırma alanları olarak ele alındığını göstermektedir. Ayrıca carbon footprint, cradle-to-gate ve enerji gibi temel fakat gelişmeye açık temaların gelecekte araştırma potansiyeli taşıdığı, küresel ısınma potansiyeli gibi konuların ise sınırlı ya da azalan araştırma eğilimi gösterdiğini ifade etmektedir.

3.1. Aşama: İçerik Analizi

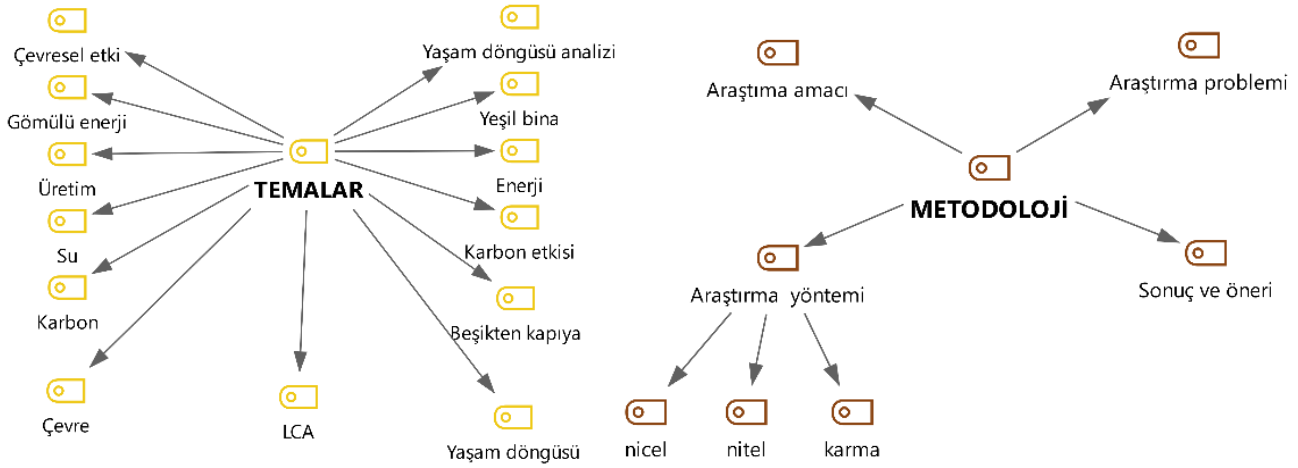
Mimarlık alanında yapılan beşikten kapıya yaklaşımını içeren çalışmalar ele alınmıştır. WOS veri tabanında cradle to gate kavramını konu alan çalışmalardan mimarlık disiplininde gerçekleştirilen incelenmiştir. 12 çalışmaya ulaşılmıştır. Açık erişimi olan cradle to gate konulu mimarlık alanında yapılan çalışmalar ele alınmıştır. 8 çalışmaya ulaşılmıştır (**Tablo 1.**). MAXQDA programı aracılığıyla gerçekleştirilen analizde, çalışmalar içerisinde tekrar eden kavramlar kodlanmış; bu kodlar benzer içerik özelliklerine göre temalar altında sınıflandırılmıştır. Kodların frekans değerleri, ilgili kavramların literatürdeki yoğunluğunu ve araştırma eğilimlerini ortaya koyarken; dağılım analizleri, bu kodların çalışmalar içerisindeki temsil düzeyini ve temalar arasındaki ilişkileri göstermektedir. Böylece içerik analizinde elde edilen bulgular yalnızca nitel yorumlarla değil, aynı zamanda nicel verilerle desteklenerek araştırma alanındaki eğilimlerin, odak noktalarının ve tematik yoğunlukların daha bütüncül ve karşılaştırılabilir biçimde değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Tablo 1. İçerik analizi gerçekleştirilen çalışmalar (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

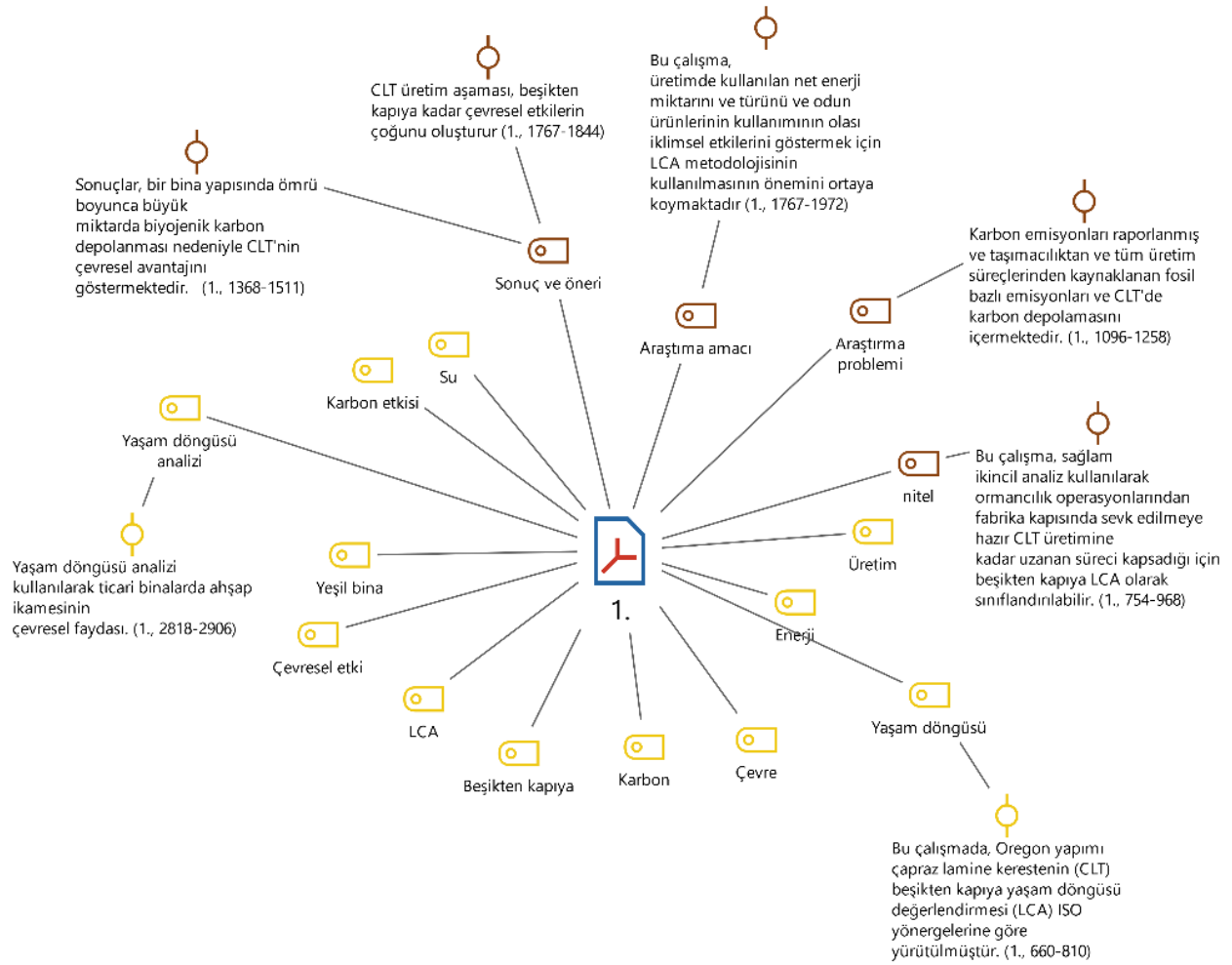
	Yazarlar	Başlık	Yıl	Belge Tipi	Category Quartile
1.	Puettmann, M., Sinha, A., & Ganguly, I.	Kıyı Douglas Köknarından Üretilen Çapraz Lamine Ahşabın Yaşam Döngüsü Enerji ve Çevresel Etkileri	2019	Makale	Q1
2.	Meek, A. H., & Elchalakani, M.	Alkali aktive endüstriyel yan ürünlerle üretilen sıkıştırılmış toprak yapıların yaşam döngüsü değerlendirmesi	2019	Bildiri	-
3.	Malone, B. P., Gupta, R., Miller, T. H., & Puettmann, M. E.	Ahşap karkas ve hafif çerçeve yapı sistemlerinin çevresel etki değerlendirmesi	2014	Makale	Q1
4.	Steeman, M., Himpe, E., Vanroelen, M., & De Roeck, M.	Ahşap karkas duvarların çevresel etkisi	2019	Bildiri	-
5.	Timm, J. F. G., Morales, M. F. D., & Passuello, A.	Silis dumanı üretimine uygulanan yaşam döngüsü etki dağıtım yöntemleri seçimine ilişkin duyarlılık analizi	2019	Bildiri	-
6.	Dascalaki, E., Argiropoulou, P., Balaras, C. A., Droutsas, K. G., Kontoyiannidis, S., & Koubogiannis, D.	Tipik Yunan konutlarında yaşam döngüsü enerji tüketimi içinde gömülü enerjinin oranı üzerine bir inceleme	2020	Bildiri	-
7.	Silva, F. B., Oliveira, L. A., Yoshida, O. S., & John, V. M.	Hazır betonun çevresel etkilerindeki değişkenlik: Brezilya için bir vaka çalışması	2019	Bildiri	-
8.	Pittau, F., Dotelli, G., Arrigoni, A., Habert, G., & Iannaccone, G.	Masif ahşap yapı ve geleneksel yığma yapı karşılaştırması	2019	Bildiri	

Ulaşılan çalışmalar üzerinde MAXQDA ile içerik analizi yapılmıştır. Temel temalar şekilde verilmiştir. Buna göre LCA, beşikten kapıya, gömülü enerji, yeşil bina, enerji gibi kavramlar öne çıkmaktadır. Araştırma yöntemi nicel, nitel ve karma olarak üçe ayrılmıştır. Her bir çalışma için analiz yapılmıştır. Buna göre merkezde tek bir ana birim bulunmakta ve belgeyi simgelemektedir. Çevresindeki çok sayıda düğüm bu merkeze yönelen bağlantılarla ilişkilidir. İlişkiler çoğunlukla merkezden çevreye doğru dağılır ve sistemin işleyişi merkezî bir yapıya bağlıdır. Araştırmada en çok kullanılan kelimeler, araştırmanın amacı, araştırma problemi, sonuç ve öneri, veri toplama

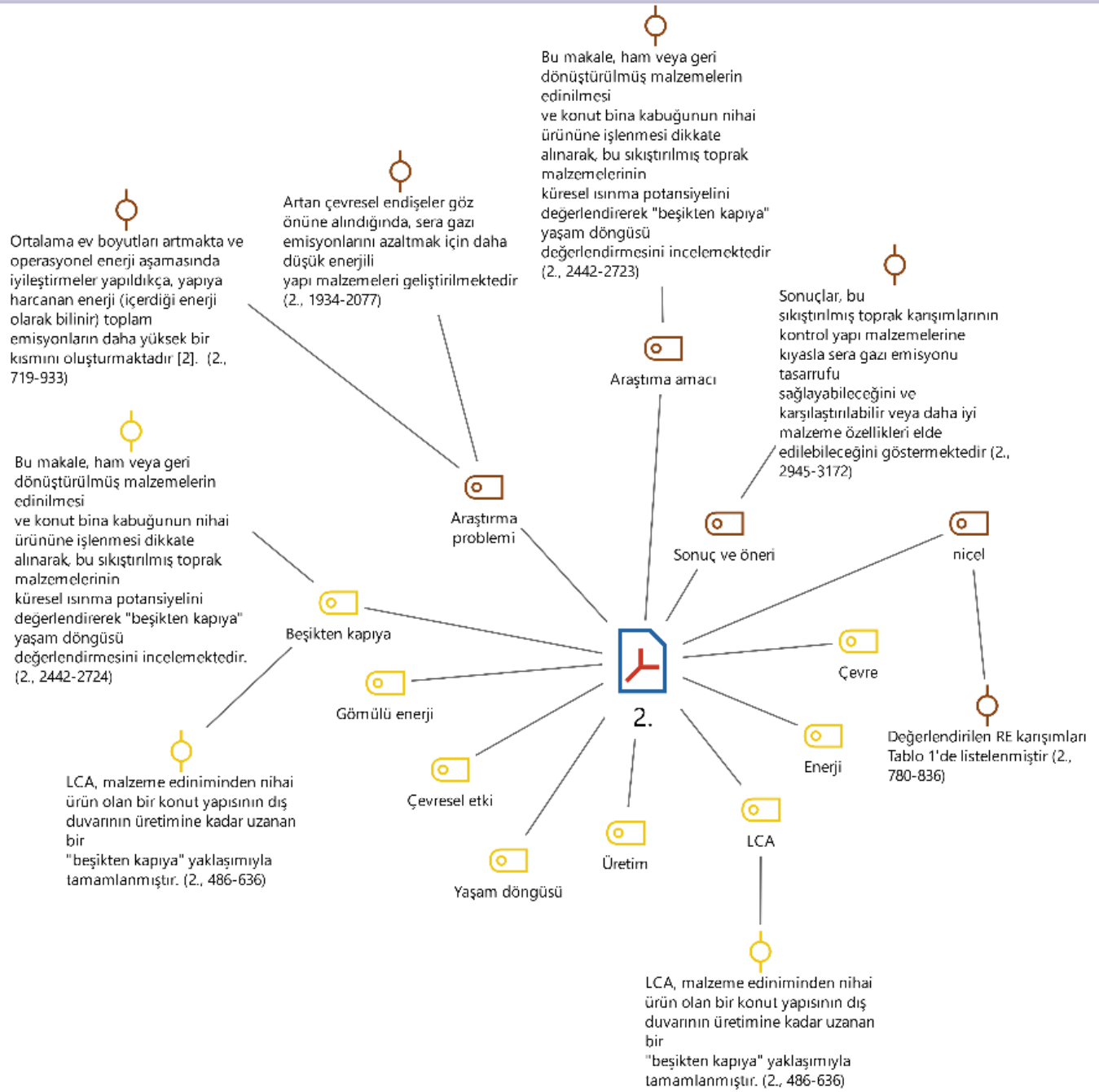
yöntemi yer almaktadır (Şekil 6.):



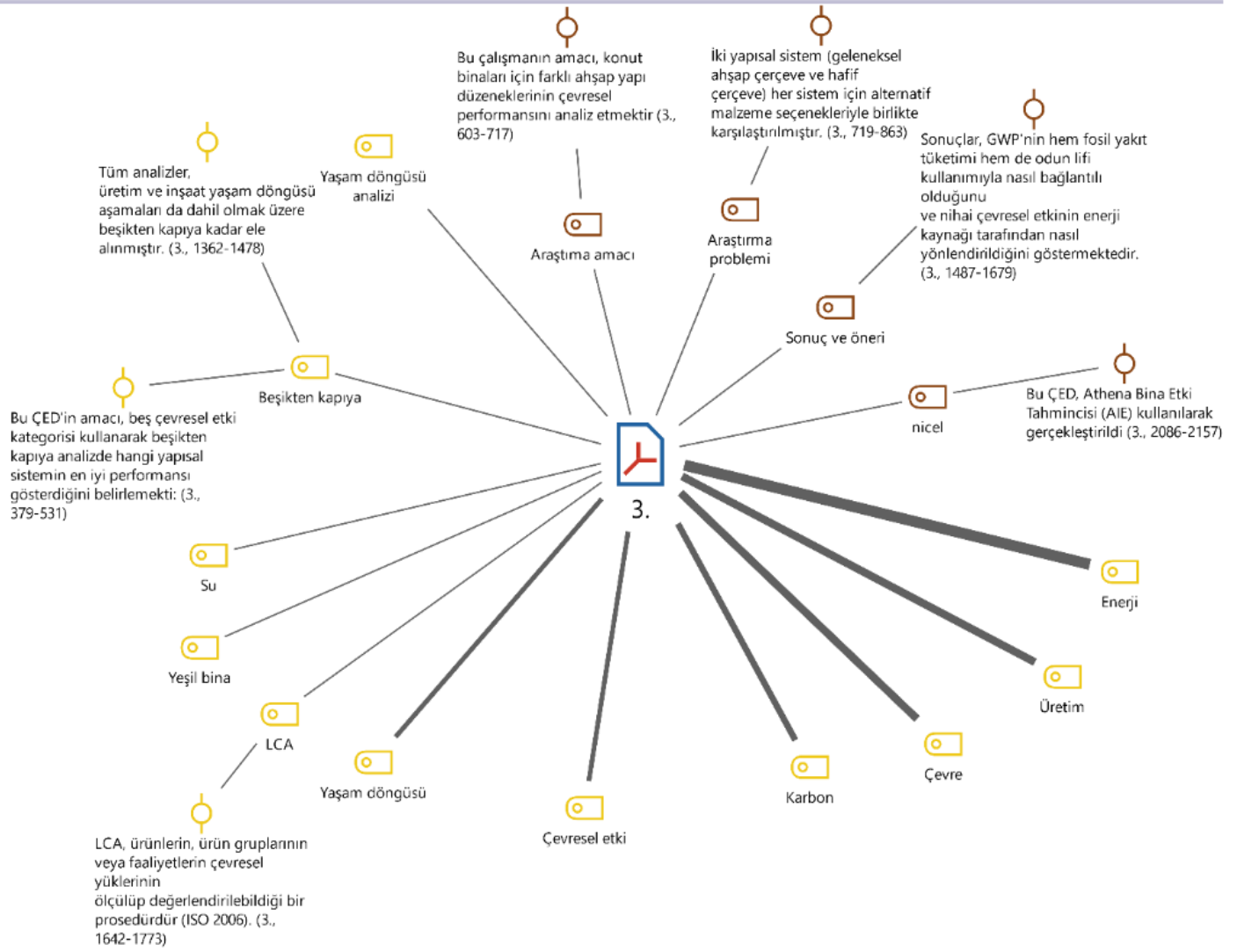
Şekil 6. İçerik analizi (Yazarlar tarafından MAXQDA programı kullanılarak hazırlanmıştır.)



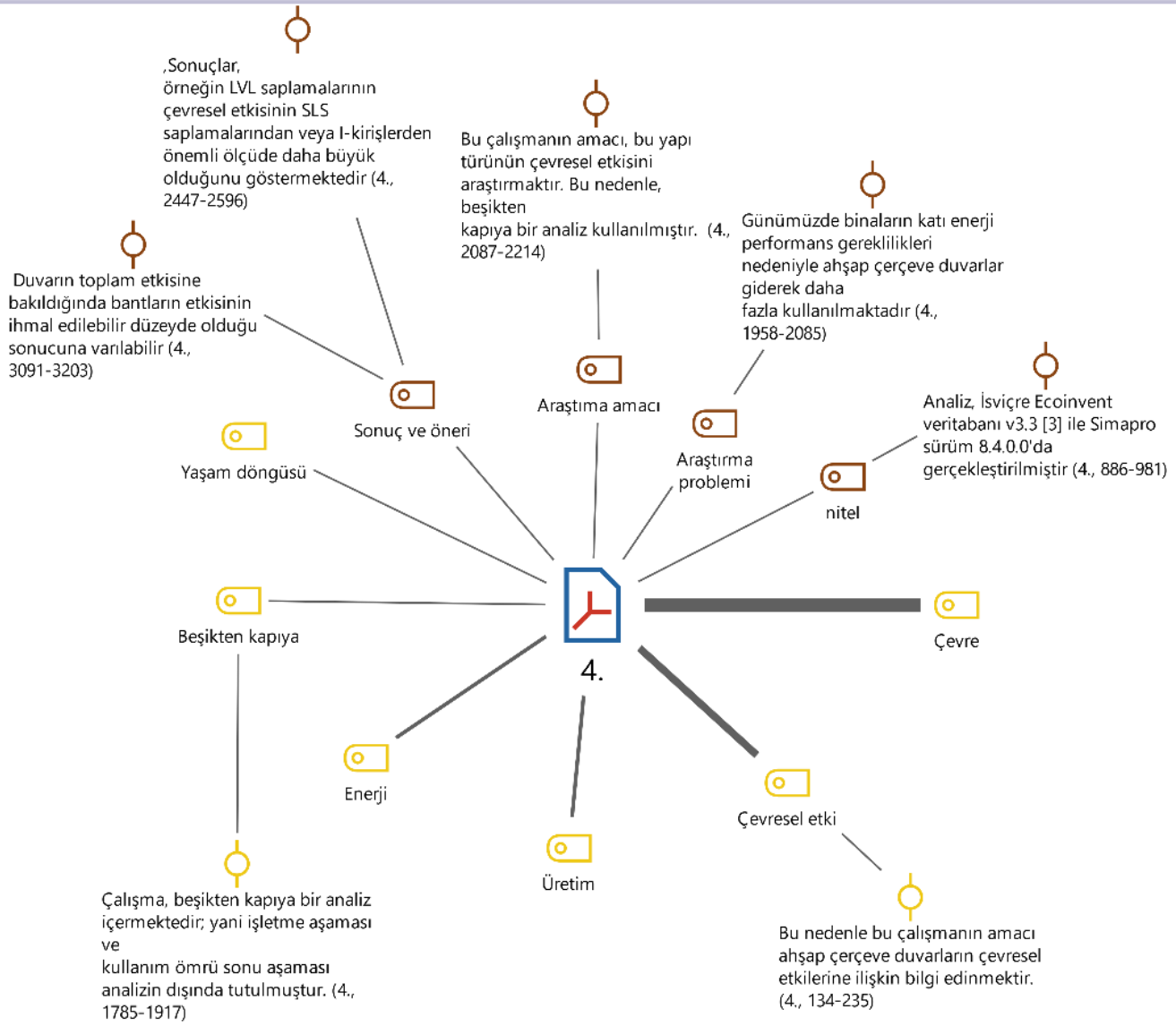
Şekil 7. Kıyı Douglas Köknarından Üretilen Çapraz Lamine Ahşabın Yaşam Döngüsü Enerji ve Çevresel Etkileri (Yazarlar tarafından MAXQDA programı/ tek vaka modeli kullanılarak hazırlanmıştır.)



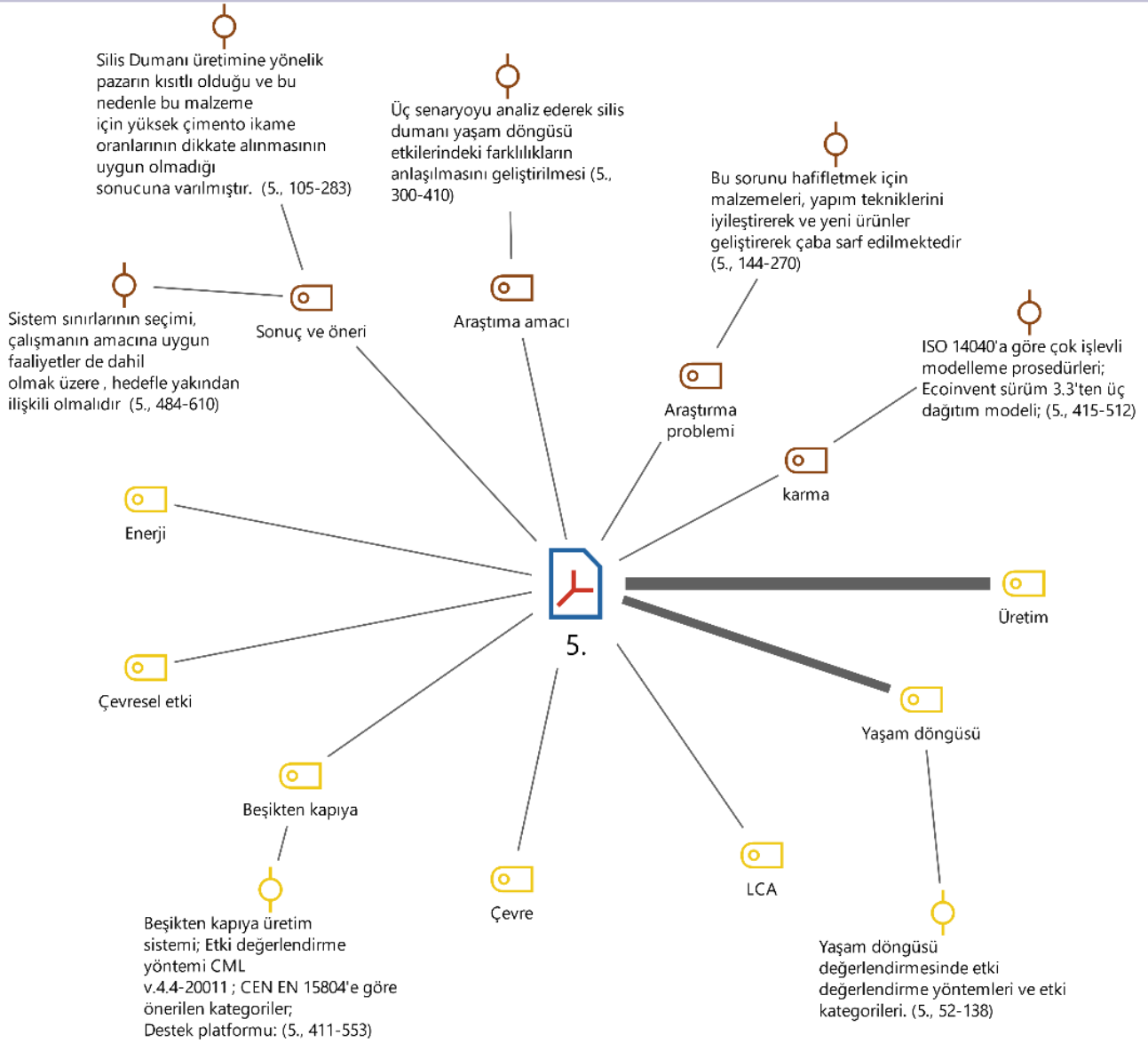
Şekil 8. Alkali aktive endüstriyel yan ürünlerle üretilen sıkıştırılmış toprak yapıların yaşam döngüsü değerlendirmesi (Yazarlar tarafından MAXQDA programı/ tek vaka modeli kullanılarak hazırlanmıştır.)



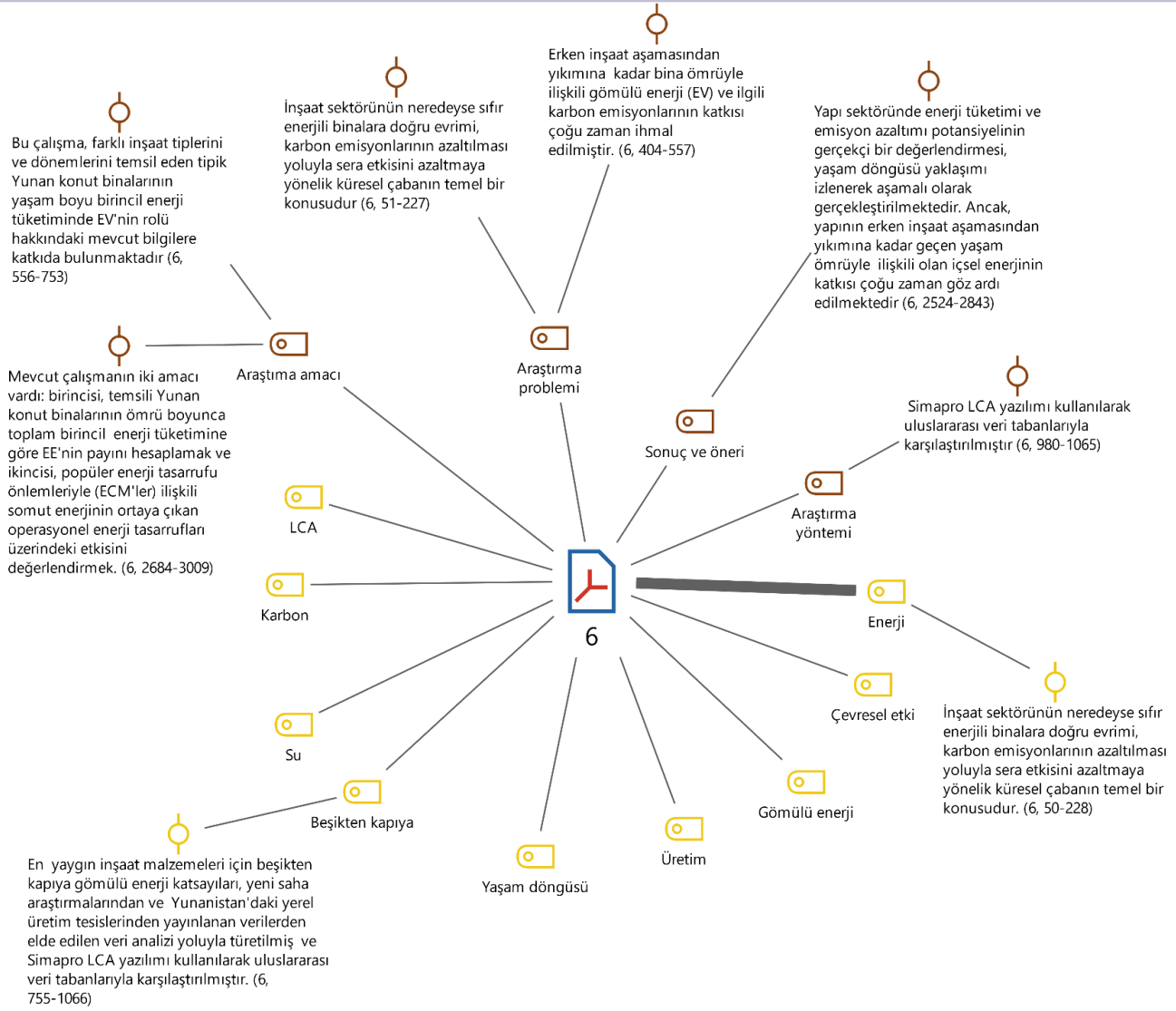
Şekil 9. Ahşap karkas ve hafif çerçeve yapı sistemlerinin çevresel etki değerlendirmesi (Yazarlar tarafından MAXQDA programı/ tek vaka modeli kullanılarak hazırlanmıştır.)



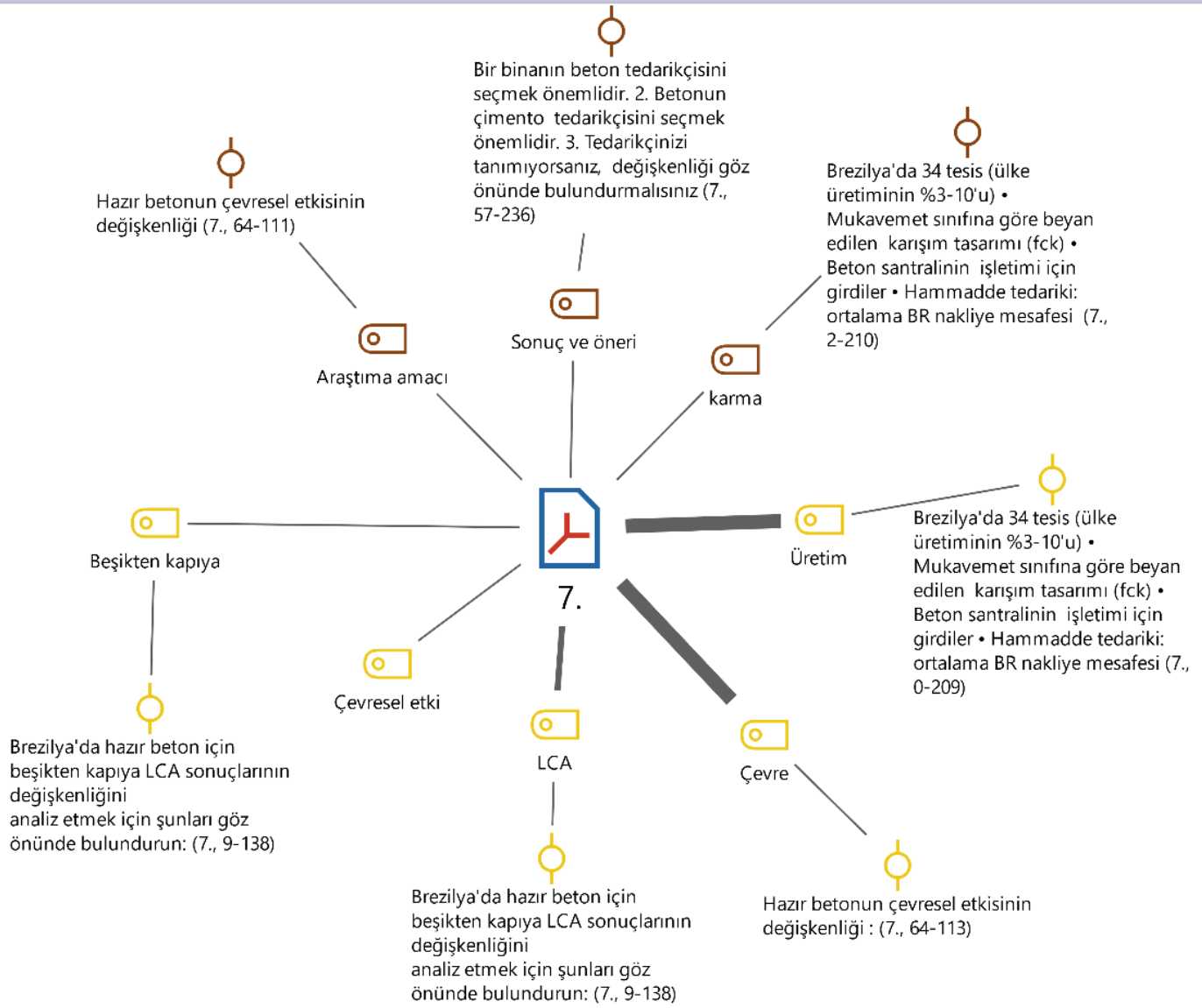
Şekil 10. Ahşap karkas duvarların çevresel etkisi (Yazarlar tarafından MAXQDA programı/ tek vaka modeli kullanılarak hazırlanmıştır.)



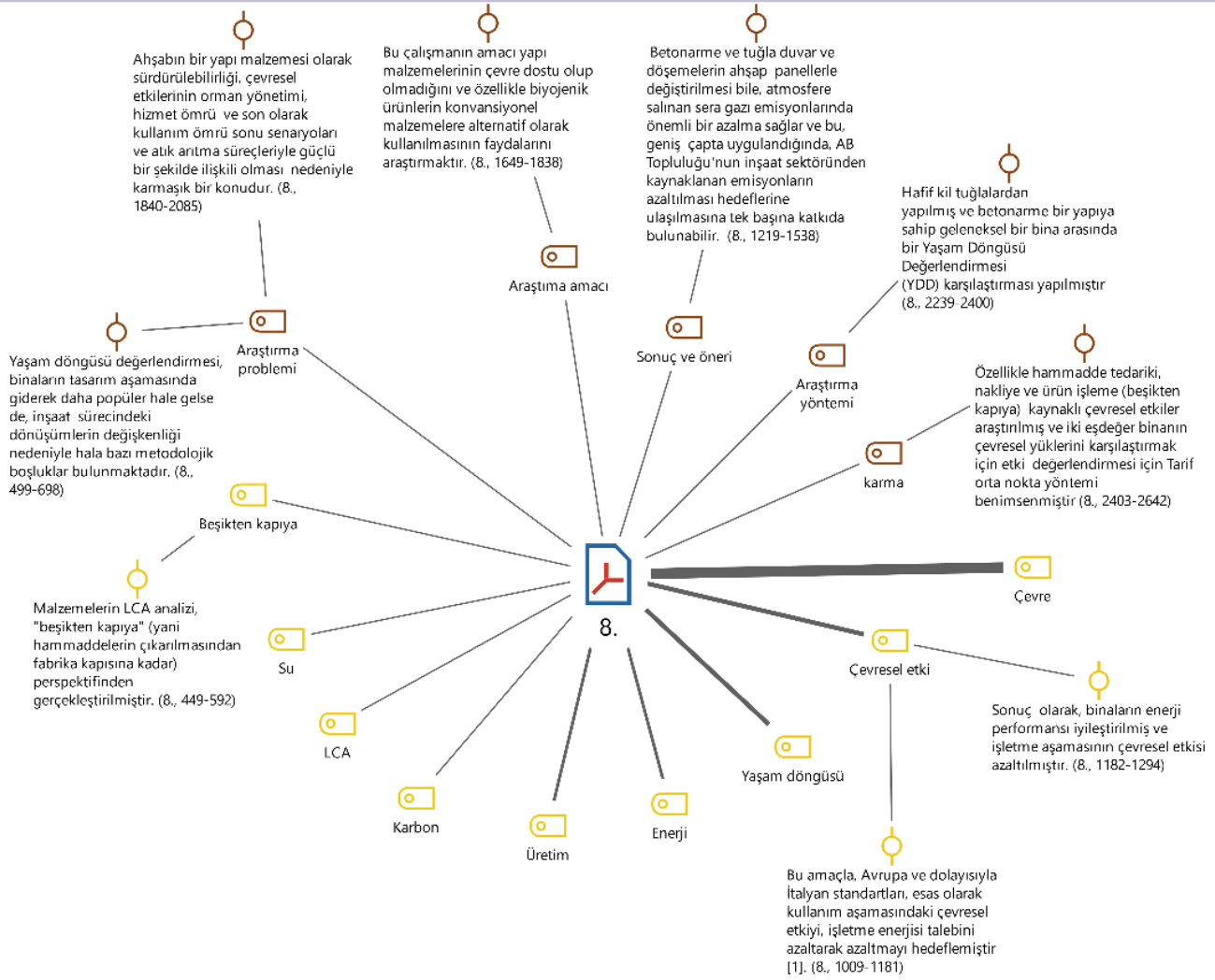
Şekil 11. Silis dumanı üretimine uygulanan yaşam döngüsü etki dağıtım yöntemleri seçimine ilişkin duyarlılık analizi (Yazarlar tarafından MAXQDA programı/ tek vaka modeli kullanılarak hazırlanmıştır.)



Şekil 12. Tipik Yunan konutlarında yaşam döngüsü enerji tüketimi içinde gömülü enerjinin oranı üzerine bir inceleme (Yazarlar tarafından MAXQDA programı/ tek vaka modeli kullanılarak hazırlanmıştır.)



Şekil 13. Hazır betonun çevresel etkilerindeki değişkenlik: Brezilya için bir vaka çalışması (Yazarlar tarafından MAXQDA programı/ tek vaka modeli kullanılarak hazırlanmıştır.)



Şekil 14. Masif ahşap yapı ve geleneksel yığma yapı karşılaştırması (Yazarlar tarafından MAXQDA programı/ tek vaka modeli kullanılarak hazırlanmıştır.)

Şekil 8–12 arasında sunulan tek vaka modeli analizleri, mimarlık alanında beşikten kapiya yaklaşımı kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların tematik yapısını ve araştırma odaklarını ortaya koymaktadır. Analiz sonuçları, çalışmaların büyük ölçüde yaşam döngüsü değerlendirmesi, gömülü enerji, yapı malzemelerinin çevresel etkileri ve sürdürülebilir yapı üretimi konularında yoğunlaştığını göstermektedir. Ayrıca farklı yapı malzemeleri ve üretim süreçlerinin çevresel performansını karşılaştırmaya yönelik araştırmaların öne çıktığı, veri toplama yöntemleri, araştırma amacı ve sonuç-öneri ilişkilerinin çalışmaların temel bileşenlerini oluşturduğu anlaşılmaktadır. Bu bulgular, mimarlık disiplininde beşikten kapiya yaklaşımının çevresel etkilerin değerlendirilmesinde önemli bir analiz aracı olarak kullanıldığını ortaya koymaktadır.

Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular, literatürde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi çalışmalarında üretim aşamasının çevresel etkiler açısından belirleyici olduğuna yönelik genel kabul ile örtüşmektedir. Özellikle ahşap, sıkıştırılmış toprak ve alternatif bağlayıcı malzemelerin, beton ve çimento esaslı sistemlere kıyasla daha düşük gömülü karbon ve sera gazı emisyonu potansiyeli sunduğu yönündeki bulgular, Puettmann vd. (2019), Steeman vd. (2019) ve Silva vd. (2019) çalışmalarının sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Bununla birlikte literatürde bazı araştırmalar, ahşap yapıların çevresel avantajlarının orman yönetimi, üretim teknolojisi ve enerji kaynağı gibi değişkenlere bağlı olarak farklılaşabileceğini vurgulamaktadır (Čuláková ve Vilčeková, 2013). Bu durum, çalışmada elde edilen sonuçların bağlamsal değişkenlere duyarlı olduğunu ve beşikten kapiya analizlerinin bölgesel üretim koşullarıyla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

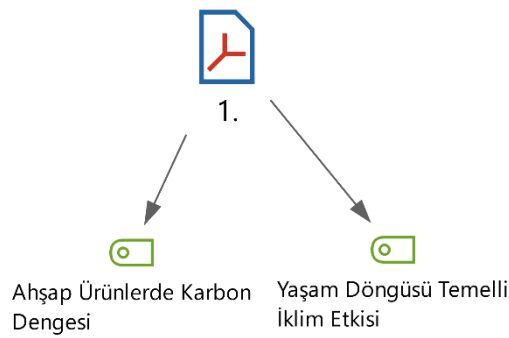
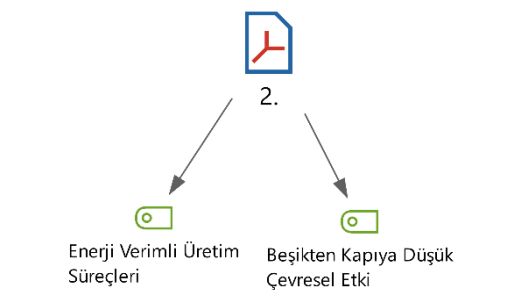
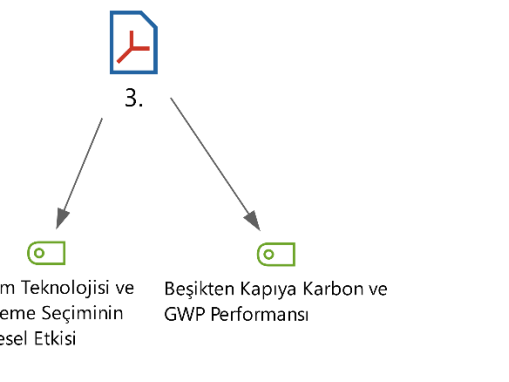
Öte yandan literatürde “beşikten mezara” yaklaşımının yapıların kullanım ve yaşam sonu süreçlerini de kapsamı nedeniyle daha bütüncül sonuçlar sunduğu ifade edilmektedir (Bruce-Hyrkäs, 2021). Buna karşılık bu çalışmanın bulguları, “beşikten kapiya” yaklaşımının özellikle tasarımın erken aşamalarında malzeme ve üretim süreçlerinin

çevresel etkilerini karşılaştırmalı olarak analiz etmede önemli avantajlar sağladığını ortaya koymaktadır. BIM tabanlı araçların LCA ile entegrasyonuna yönelik çalışmalar da tasarım sürecinde çevresel performansın erken aşamada değerlendirilebildiğini göstermektedir (Duru ve Koç, 2021; Yardımcı vd., 2025). Ancak literatürde veri erişimi, sistem sınırlarının farklı tanımlanması ve metodolojik çeşitlilik gibi nedenlerle LCA sonuçlarının karşılaştırılabilirliğinin sınırlı olduğu vurgulanmaktadır. Bu bağlamda elde edilen bulgular, beşikten kapiya yaklaşımının mimarlık disiplininde uygulanabilir ve güvenilir bir analiz çerçevesi sunduğunu desteklemekle birlikte, farklı yaşam döngüsü senaryoları ile birlikte değerlendirilmesinin çevresel performans analizlerinin doğruluğunu artıracaklarını ortaya koymaktadır.

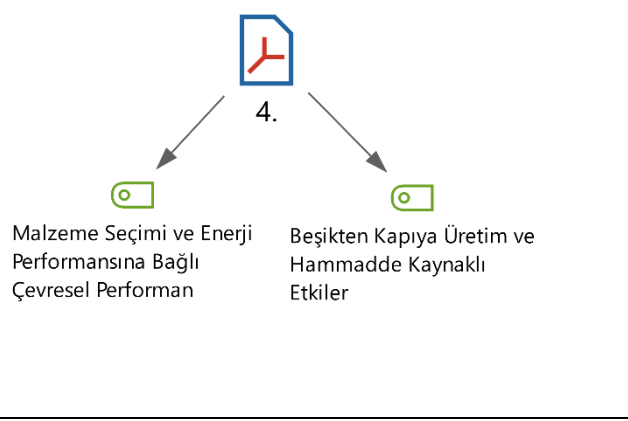
4. SONUÇLAR

Beşikten kapiya değerlendirmelerin, farklı LCA çalışmalarıyla karşılaştırmalı olarak ele alınması, karbon depolamanın kullanım ömrü sonundaki etkilerinin doğru yorumlanmasını sağlayabilmektedir. Ahşap, beton ve toprak esaslı malzemelerde LCA sonuçlarına etkisi, ülke ve yerel ölçeklerde detaylandırılmalıdır. Ahşap ürünler için sertifikasyon türleri ve karbon varsayımlarının sonuçlar üzerindeki etkisi şeffaf biçimde modellenmelidir. Yapı sistemleri ölçeğinde, taşıyıcı sistem seçimi beşikten kapiya çevresel etkilere yansımaları bütüncül olarak incelenmelidir. Gelecek çalışmalar için, yalnızca çevresel göstergelere değil, maliyet, uygulanabilirlik ve yapım süreçleri ile birlikte çok kriterli değerlendirme yaklaşımlarına yönelme önerilebilir. Erken tasarım aşamasında kullanılabilecek LCA destek araçlarının geliştirilmesi teşvik edilmelidir (**Tablo 2.**).

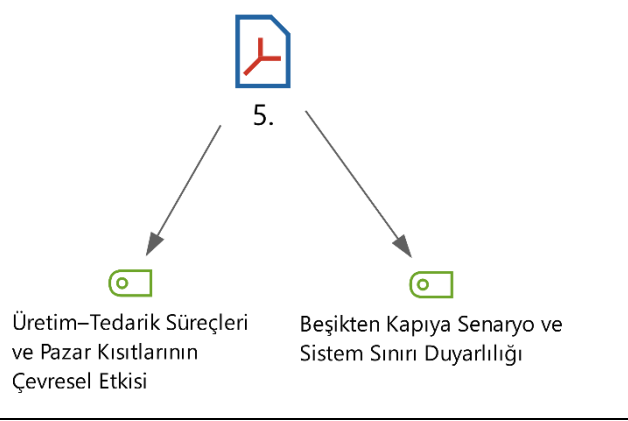
Tablo 2. Çalışmalara göre sonuçlar (Şekil 12.)(Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

Ahşap ve odun ürünlerinin iklim etkileri LCA ile değerlendirilmiştir CLT, üretim sürecinde emisyon üretmektedir. Karbon depolama açısından ise avantaj sağlamaktadır. Yumuşak ağaç kereste üretimi enerji tüketimi yüksektir. Beşikten kapiya yaklaşımı, ahşap ürünlerin erken yaşam döngüsü etkilerini ortaya koymaktadır.	 1. Ahşap Ürünlerde Karbon Dengesi Yaşam Döngüsü Temelli İklim Etkisi
Beşikten kapiya LCA, sıkıştırılmış toprağın üretim aşamasındaki çevresel etkilerini ortaya koymaktadır. Üretim süreçlerinde enerji tüketimi düşüktür. Sera gazı emisyonları daha azdır.	 2. Enerji Verimli Üretim Süreçleri Beşikten Kapiya Düşük Çevresel Etki
Beşikten kapiya süreçte ahşap taşıyıcı sistemler düşük çevresel etki potansiyeli sunmaktadır. Odun lifinde depolanan karbon, küresel ısınma potansiyelini azaltıcı bir etki yaratmaktadır. Fosil yakıt kullanımı, GWP üzerinde belirleyici bir faktördür. Üretim teknolojisi ve enerji kaynağı seçimi çevresel performansı etkilemektedir. Malzeme tercihleri, beşikten kapiya çevresel etkinin yönünü belirlemektedir.	 3. Üretim Teknolojisi ve Malzeme Seçiminin Çevresel Etkisi Beşikten Kapiya Karbon ve GWP Performansı

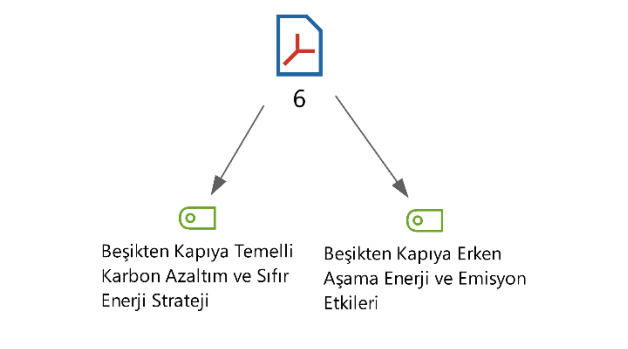
Beşikten kapiya LCA, ahşap çerçeve yapıların çevresel etkisinin büyük ölçüde üretim aşamasında oluştuğunu göstermektedir. Hammadde temini toplam çevresel etkinin ana belirleyicilerindedir. Malzeme seçimi çevresel performansı doğrudan etkilemektedir. LVL saplamalar, SLS saplamalar ve I-kirişlere göre daha yüksek çevresel etki yaratmaktadır. Enerji performans gereklilikleri arttıkça, tercih edilen ahşap ürün türlerinin çevresel önemi artmaktadır.



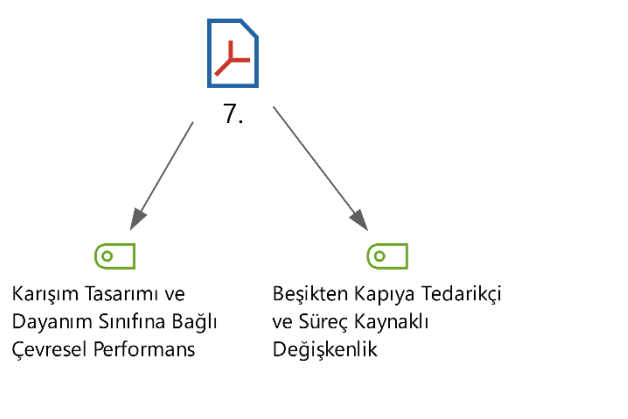
Beşikten kapiya LCA, silika dumanının çevresel etkilerinin senaryoya bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Üretim ve tedarik süreçleri, çevresel etkinin ana belirleyicisidir. Pazar kısıtları, yüksek çimento oranlarının her durumda uygulanabilir olmadığını ortaya koymaktadır. Sistem sınırlarının doğru tanımlanması, beşikten kapiya sonuçların güvenilirliği için kritiktir. Çok işlevli modelleme, yan ürünlerin çevresel etkilerini daha gerçekçi değerlendirmeyi sağlar.



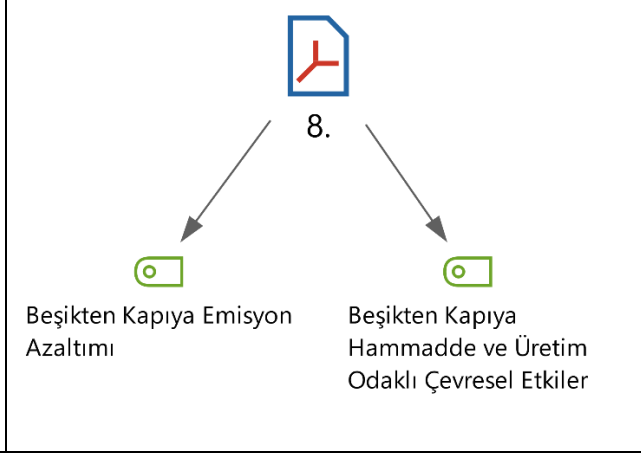
Beşikten kapiya süreçte oluşan enerji tüketimi ve emisyonlar genellikle göz ardı edilmektedir. İnşaatın erken aşamaları, toplam çevresel etki içinde önemli bir paya sahiptir. Yalnızca kullanım aşamasına odaklanmak karbon azaltımı için yeterli değildir. Hammadde temini ve yapım süreçleri, emisyon azaltım stratejilerinde kritik rol oynamaktadır. Sıfır enerjili bina hedefleri için beşikten kapiya değerlendirme önemlidir.



Beşikten kapiya LCA, hazır betonun çevresel etkilerindeki yüksek değişkenliği ortaya koymaktadır. Hammadde ve çimento tedarikçisi seçimi, çevresel performansı belirleyici bir unsurdur. Tedarikçi bilgisindeki belirsizlik, çevresel sonuçların güvenilirliğini düşürmektedir. Karışım tasarımı ve dayanım sınıfı, emisyon ve enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir. Nakliye mesafeleri ve santral işletme girdileri, beşikten kapiya çevresel etkiyi artıran kritik faktörlerdir.



Beşikten kapiya süreçte çevresel etki, hammadde temini ve üretim aşamalarında yoğunlaşmaktadır. Ahşabın çevresel performansı, orman yönetimi ve üretim sürecine doğrudan bağlıdır. Ahşap paneller, daha düşük sera gazı emisyonu üretmektedir. Betonarme ve tuğlanın ahşapla değiştirilmesi, toplam emisyonları belirgin biçimde azaltmaktadır. Beşikten kapiya yaklaşım, inşaat sektöründe emisyon azaltımı için etkili bir strateji sunmaktadır.



Yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde beşikten kapiya yaşam döngüsü analizinin kritik bir yaklaşım olduğu görülmektedir. Sıkıştırılmış toprak, ahşap taşıyıcı sistemler ve alternatif bağlayıcılar gibi malzemelerin, geleneksel beton ve tuğla sistemlere kıyasla daha düşük sera gazı emisyonu sağladığı görülmektedir. Ayrıca, hammadde temini, üretim teknolojisi ve tedarikçi seçiminin çevresel performans üzerinde önemli farklılıklar yarattığı anlaşılmaktadır. Yapı sektöründe çevresel etkilerin azaltılması için malzeme seçimleri yalnızca teknik ve ekonomik ölçütlerle değil, yaşam döngüsü verileriyle birlikte değerlendirilmelidir. Ahşap yapılarda karbon depolama potansiyelinden daha fazla yararlanmak için, üretim aşamalarında yenilenebilir enerji kullanımı artırılmalıdır. Beşikten kapiya LCA çalışmalarının yaygınlaştırılması, tasarım ve politika kararlarını sağlıklı hâle getirmesinde önemli role sahiptir.

- Üretim süreçlerinde kullanılan enerji türü, fosil yakıt kullanımı ve malzeme tercihleri çevresel etkiye sahiptir
- Beşikten kapiya yaklaşımıyla yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin doğru biçimde değerlendirilmesinde yaşam döngüsü analizinin kritik bir araçtır.
- Bu yaklaşım, hammadde temininden üretim ve fabrika çıkışına kadar olan süreçlerde kullanılan enerji türü, fosil yakıt bağımlılığı ve malzeme tercihlerinin çevresel etkiyi doğrudan belirlediğini ortaya koymaktadır.
- Beşikten kapiya yaklaşımı temel alınarak malzeme seçimlerinin yaşam döngüsüyle desteklenmesi çevresel açıdan kritik sonuçlar sunmaktadır.
- Bu kapsamda karbon depolama potansiyelinin yenilenebilir enerjiyle güçlendirilmesi ve düşük emisyonlu alternatiflerin teşvik edilmesi, tasarım ve politika kararlarının daha etkili olmasını sağlayabilecektir.

Beşikten kapiya anlayışı mimarlık disiplinde yapı malzemelerinin gömülü enerji ve gömülü karbon etkilerinin anlaşılması ve karşılaştırılması açısından temel bir değerlendirme çerçevesi sunmaktadır. Bu yaklaşım, mimari tasarım sürecinde malzeme seçimini, hammadde temini ve üretim süreçlerindeki çevresel yükler üzerinden okumaya olanak tanımaktadır. Beton, çelik, tuğla, ahşap ve kompozit yapı ürünleri için üretimden fabrika kapısına kadar olan aşamaların analiz edilmesi, tasarımcılara erken karar aşamasında daha düşük çevresel etkiye sahip malzeme ve sistemleri karşılaştırmalı olarak değerlendirme imkânı sağlamaktadır. Bu yaklaşım mimarlıkta sürdürülebilir tasarım stratejilerinin geliştirilmesini sağlayan, uygulanabilir ve tutarlı bir yöntem olarak dikkat çekmektedir. Böylece erken yaşam döngüsü süreçlerinde analiz sunulmaktadır. Bu yaklaşım, ahşap sistemlerde karbon depolama potansiyelini görünür kılmaktadır. Beton ve çimento esaslı ürünlerde hammadde seçimi, tasarım ve nakliye için çevresel performans üzerindeki belirleyici rolünü vurgulamaktadır. Sonuç olarak bu yaklaşım; mimarlık pratiğinde sıfır enerjili, düşük karbonlu yapı üretimi için güçlü ve uygulanabilir bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışma, beşikten kapiya yaşam döngüsü analizinin yapı malzemelerinin gömülü karbon ve enerji performansını değerlendirmede güçlü bir analitik çerçeve sunduğunu ortaya koymaktadır. Bulgular, ahşap ve toprak esaslı sistemlerin erken yaşam döngüsü aşamalarında daha düşük emisyon potansiyeli taşıdığını gösterse de, çevresel performansın malzeme türünden ziyade üretim teknolojisi, enerji kaynağı, tedarik zinciri ve sistem sınırı tanımlarına yüksek derecede bağımlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, literatürde malzemeler arası karşılaştırmaların genellenebilirliğini sınırlamakta ve LCA sonuçlarının bağlamsal olarak yorumlanması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Mimarlık pratiği açısından bulgular, malzeme ve taşıyıcı sistem seçimlerinin yalnızca teknik ve ekonomik kriterlerle değil, erken tasarım aşamasında entegre edilen yaşam döngüsü verileri ile değerlendirilmesinin düşük karbonlu yapı üretimi için kritik olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, incelenen çalışmaların veri şeffaflığı, metodolojik tutarlılık ve kullanım ömrü sonu senaryolarının modellenmesi açısından önemli sınırlılıklar içerdiği görülmektedir. Gelecek araştırmaların, çok kriterli değerlendirme modellerine yönelmesi, yerel veri tabanlarının geliştirilmesi ve tasarım sürecine entegre edilebilir karar destek araçlarının oluşturulmasına odaklanması gerekmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazar Katkısı Beyanı

Yazarlar makale hazırlanmasındaki tüm aşamalarda ortak katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

- Almeida, M. I., Dias, A. C., Arroja, L., & Dias, A. (2010). Life cycle assessment (cradle to gate) of a Portuguese brick. *Portugal SB10-sustainable building affordable to all. Vilamoura, Portugal*, 17-19.
- Altın, S. Yaşam Döngüsü Analizi ve Döngüsel Ekonomi Yaklaşımları ile Sürdürülebilir Biyoatık Yönetimi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 7(2), 55-68.
- Aydın, M., & Erbil, Y. (2023). YBM ve YDD entegrasyonuna yönelik sistematik bir literatür incelemesi. *Uluslararası Bilim Teknoloji ve Tasarım Dergisi*, 4(1), 28-45.
- Benli Yıldız, N. (2017), Cam elyaf takviyeli beton (gfrç) cephe panelleri için yaşam döngü değerlendirmesi (YDD) yöntemiyle bir sürdürülebilirlik çerçevesi geliştirilmesi, Doktora tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Büyükkamacı, N., Erdem, S. B., & Birol, Ş. (2023). Hazır giyim sektöründe temiz üretim uygulamalarının çevresel kazanımlarının araştırılması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 29(6), 628-635.
- Bruce-Hyrkäs, T. (2021). Building Life Cycle Assessment White Paper-Discover why you need LCA to build sustainably. Retrieved from <https://www.oneclicklca.com/building-life-cycle-assessment-white-paper/> (Erişim Tarihi: 15.12.2025)
- Čuláková, M., & Vilčeková, S. (2013). Comparison of material compositions of structures in terms of environmental and energy performance. *Proceedings of the CESB*.
- Çimen, S. Yeşil Bina Tasarımında Sürdürülebilir Malzemeler: LCA Odaklı İnceleme. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 8(2), 256-264.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of business research*, 133, 285-296.
- Dascalaki, E., Argiropoulou, P., Balaras, C. A., Drousa, K. G., Kontoyiannidis, S., & Koubogiannis, D. (2020). On the share of embodied energy in the lifetime energy use of typical Hellenic residential buildings. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 410, No. 1, p. 012070). IOP Publishing.
- Duru, M. O., & Koç, İ. (2021). Sürdürülebilir Yapı Üretiminde Yaşam Döngüsü Değerlendirme (LCA) Hesaplamalarının Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) İle Entegrasyonuna Yönelik Bir Araştırma. *STAR Sanat ve Tasarım Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 107-121.
- Ekşi, G., & Çırak, C. R. (2017). Farklı bakış açılarıyla LCA incelemesi. *Hacettepe Üniversitesi, Ocak*.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016, Bütünleşik bina tasarımı yaklaşımı- Türkiye ortamı ve koşullarına uyarlama raporu, ETKB, Ankara.
- Fiala, C., Novotna, M., & Hajek, P. (2013). Methodology of Life-Cycle Assessment of RC Structures Using High Performance Concrete. *Central Europe towards Sustainable Building*, 1-5.
- Kim, H. C., Lee, S., & Wallington, T. J. (2023). Cradle-to-gate and use-phase carbon footprint of a commercial plug-in hybrid electric vehicle lithium-ion battery. *Environmental Science & Technology*, 57(32), 11834-11842.
- Lao, W., Hu, J., Huang, Y., & Li, X. (2025). Environmental footprints of wood and bamboo reconstituted materials

production in China: A cradle-to-gate life cycle assessment. *Industrial Crops and Products*, 232, 121320.

Malone, B. P., Gupta, R., Miller, T. H., & Puettmann, M. E. (2014). Environmental impact assessment of light-frame and timber frame structures. *Journal of Green Building*, 9(2), 102-123.

Meek, A. H., & Elchalakani, M. (2019, August). Life cycle assessment of rammed earth made using alkaline activated industrial by-products. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 323, No. 1, p. 012143). IOP Publishing.

Orhon, A. V., & Altın, M. (2012). Beton yapıların karbon ayak izi. *Sürdürülebilir Yapı Tasarımı Ulusal Konferansı, Bornova*, 12-13.

Oztas, S. K., & Yuksek, I. (2022). Life cycle environmental analysis of brick production: turkey as a case study. *journal of green building*, 17(2), 125-142.

Özdemir, A. (2019). Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Ve Sürdürülebilirlik İlişkisi Bağlamında Sosyal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin (S-Lca) Yeri. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B-Teorik Bilimler*, 7(2), 166-183.

Pilcioğlu Bilgin, Y. Transformatör üretiminde yaşam döngüsü analizi (LCA): sürdürülebilirlik perspektifiyle çevresel etkilerin değerlendirilmesi.

Pittau, F., Dotelli, G., Arrigoni, A., Habert, G., & Iannaccone, G. (2019, August). Massive timber building vs. conventional masonry building. A comparative life cycle assessment of an Italian case study. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 323, No. 1, p. 012016). IOP Publishing.

Ponder, C., & Overcash, M. (2010). Cradle-to-gate life cycle inventory of vancomycin hydrochloride. *Science of the total environment*, 408(6), 1331-1337.

Puettmann, M., Sinha, A., & Ganguly, I. (2019). Life cycle energy and environmental impacts of cross laminated timber made with coastal Douglas-fir. *Journal of Green Building*, 14(4), 17-33.

Rostkowski, K. H., Criddle, C. S., & Lepech, M. D. (2012). Cradle-to-gate life cycle assessment for a cradle-to-cradle cycle: biogas-to-bioplastic (and back). *Environmental science & technology*, 46(18), 9822-9829.

Silva, F. B., Oliveira, L. A., Yoshida, O. S., & John, V. M. (2019, August). Variability of environmental impact of ready-mix concrete: a case study for Brazil. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 323, No. 1, p. 012132). IOP Publishing.

Steeman, M., Himpe, E., Vanroelen, M., & De Roeck, M. (2019, August). Environmental impact of timber frame walls. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 323, No. 1, p. 012141).

Timm, J. F. G., Morales, M. F. D., & Passuello, A. (2019, August). Sensitivity analysis of life cycle impacts distribution methods choice applied to silica fume production. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 323, No. 1, p. 012131). IOP Publishing.

Yardımcı, Y., Erbil, Y., Ediz, Ö., & Karadağ, İ. Çok Katlı Konut Yapılarına Yönelik BIM-LCA Tabanlı Çevresel Değerlendirme ve Tasarım İyileştirme Stratejileri: Bir Vaka Çalışması.

Zahabi, N., Gong, M., Gu, H., & Blackadar, J. (2025). The Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment on Hardwood Lumber Production in New Brunswick, Canada. *Journal: Buildings*, 15(3), 1-18.

URL-1: (2025), <https://ecochain.com/blog/cradle-to-gate-in-lca/>, Erişim tarihi: 10.01.2026