

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 3, Issue: 1, p. 66-91, 2020

BİNA TASARIMINDA KARAR DESTEĞİ OLARAK SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK DEĞERLENDİRME ARAÇLARI

SUSTAINABILITY ASSESSMENT TOOLS AS DECISION SUPPORT IN BUILDING
DESIGN

Gülşah DOĞAN

(Received 24.01.2020 Accepted 15.02.2020) - Review Article

Özet

Günümüzde yapıların olumsuz çevresel etkilerinin kabul edilmesiyle birlikte bina tasarımında çevresel performans önemli bir kriter haline gelmiştir. Bir yapının çevresel performansından beklenen, toplam yapı kalitesi ve yaşam kalitesi maksimize edilirken, yapı yapma süreçleri ile ilişkili kaynak tüketiminin ve bu tüketimin insan ve çevre üzerinde yaratacağı etkilerin minimize edilmesidir. Bugün gelinen noktada bir binanın çevresel performansının sürdürülebilir olabilmesi için, tasarım sürecinde çevre ve insan açısından en doğru tasarım kararlarının en uygun aşamada verilmesi ve bu kararların ilgili sürdürülebilirlik hedefleri temelinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, Bina Sürdürülebilirlik Değerlendirme Araçları (Building Sustainability Assessment Tools-BSAT) yapının çevresel performansının nitel ve/veya nicel olarak belirlenmesinde ve ne kadar sürdürülebilir olduğunun ortaya konulmasında kullanılan araçlar olarak önem kazanmıştır. Söz konusu araçlar ayrıca, sürdürülebilir tasarım sürecinde, tasarım kararlarının oluşturulmasında ve bu kararların sonuçlarının değerlendirilmesinde, böylelikle sürdürülebilir tasarım alternatifleri arasında optimum olanın seçilmesi yönünde ciddi katkılar sağlayabilmektedir. Bu araştırma, bina sürdürülebilirlik değerlendirmesi için kullanılan araçların bina tasarımında karar desteği olarak kullanılabilmesi potansiyelini tartışmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla güncel araştırma çalışmaları yapılarak karar desteği sağlayabilecek araçların kapsamı ve özellikleri temelinde sürdürülebilirlik değerlendirme araçlarının bina tasarım sürecindeki rolleri değerlendirilmiştir. Sürdürülebilirlik değerlendirme araçlarının kullanımlarına ilişkin potansiyel faydalarının ortaya konulması ve

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü Misafir
Öğretim Elemanı, gulsahdogan@eskisehir.edu.tr

sürdürülebilir mimari tasarım sürecindeki rollerinin açık bir şekilde tanımlanması, sürdürülebilirlik amacına ulaşmak konusunda tasarımcıları desteklemesi ve sürdürülebilirlik değerlendirme araçlarının karar desteği oluşturacak şekilde mimari tasarım sürecine entegre edilmesi yönüyle önemlidir. Daha yaşanabilir bir yapılı çevre oluşturmak üzere mimari tasarım sürecine veri desteği sağlayan sürdürülebilirlik değerlendirmeleri bu şekilde sürdürülebilir mimari tasarım düşüncesini destekleyen önemli araçlar haline gelmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Tasarım, Çevresel Performans, Karar Desteği, Sürdürülebilirlik Değerlendirme Araçları

Abstract

Nowadays environmental performance has become an important criterion in building design with the acknowledgement of negative environmental impacts of buildings. What is expected from the environmental performance of a building is that the resource consumption associated with building processes and the effects of this consumption on people and the environment are minimized, while the total building quality and life quality are maximized. At the point reached today, in order for the environmental performance of a building to be sustainable, it is necessary to make the most appropriate design decisions in the design process in terms of environment and human and to evaluate these decisions on the basis of relevant sustainability targets. In this context, Building Sustainability Assessment Tools (BSAT) have gained importance as the tools have been used in determining the environmental performance of the building qualitatively and/or quantitatively and in establishing how sustainable they are. These tools can also make serious contributions to the sustainable design process in making design decisions and in evaluating the results of these decisions, thereby in selecting the optimum choice among the sustainable design alternatives. This research aims to discuss the potential of using the tools used for building sustainability assessment as decision support in building design. Motivated by this purpose, the roles of sustainability assessment tools in the building design process were evaluated based on the scope and features of those tools that can provide decision support, by making up-to-date research studies. Revealing the promised benefits of the use of sustainability assessment tools and to clearly defining their roles in the sustainable architectural design process is important from the perspectives of supporting the designers in achieving the goal of sustainability and integrating the sustainability assessment tools into the architectural design process for providing decision support. In order to create a more livable built environment, sustainability assessments, which provide data base to the architectural design process have become important tools that support sustainable architectural design thinking.

Keywords: Sustainable Design, Environmental Performance, Decision Support, Sustainability Assessment Tools

1. GİRİŞ

Dünya nüfusundaki artış, teknolojik gelişmeler ve kentleşme gibi faktörlere paralel olarak her geçen gün artan insan ihtiyaçlarının karşılanması sürecinde, yine insan tarafından belirlenmiş olan üretim ve tüketim biçimlerinin çevre üzerindeki olası etkiler konusunda dünyayı sadece bir kaynak olarak görmesi sebebiyle bugün artık çok ciddi çevresel sorunlarla yüz yüze bulunmaktayız. Dünyanın sahip olduğu doğal kaynakların büyük bir kısmının yapı ile ilişkili faaliyetler tarafından tüketildiğinin ve zararlı emisyonların yine büyük oranda yapılar tarafından üretildiğinin belirlenmesi ise yapı sektörünü çevresel sorunların merkezine yerleştirmektedir. Yapılan çalışmalar, insanın doğadan temin ettiği kaynakların neredeyse yarısını yapı yapma faaliyeti kapsamında tükettiğini ve yapı çevrenin de dünya sera gazı salınımının % 40'ını oluşturduğunu göstermektedir (Assefaa vd., 2007). Yapıların çevre ve insan üzerindeki olası etkilerini üç grupta ele almak mümkündür:

- Dünyanın sınırlı doğal kaynaklarının yapı üretimi ile ilişkili süreçlerde tüketilmesi nedeniyle ekosistem üzerinde oluşan etkiler
- Yeryüzünden elde edilen kaynakların yapı sektöründe kullanılmasının ardından ortaya çıkan atıkların ve emisyonların yeryüzünde yarattığı etkiler
- Yapı üretim süreçlerinin insan sağlığı, refahı ve yaşam kalitesi üzerinde yarattığı etkiler

Yapıların çevresel etkilerinin bütünüyle belirlenebilmesi için bu üç alanda oluşacak etkilerin birlikte ele alınması ve değerlendirilmesi önemlidir. Böyle bir değerlendirme yaklaşımı tüm bina için çevresel performansı ortaya koymak açısından oldukça kapsamlı bir bakış açısı sağlamaktadır. Bu değerlendirme yaklaşımına göre bir yapının çevresel performansından beklenen, toplam yapı kalitesi ve insan yaşam kalitesi maksimize edilirken, yapı yapma süreçleri ile ilişkili kaynak tüketiminin ve bu tüketimin insan ve çevre üzerinde yaratacağı etkilerin minimize edilmesidir. Ancak toplam bina kalitesi maksimize edilirken, yapıya dair tüketimin ve bu tüketimin yaratacağı etkilerin nasıl minimize edileceği sorusu, karmaşık ve kavranması kolay olmayan çok yönlü bir problem ortaya koymaktadır. Söz konusu problem mimari tasarım sürecinde oluşturulan tasarım kararlarının bina çevresel performansı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesini gündeme getirmiş ve bu etkilerin değerlendirilmesine yönelik çeşitli araçlar geliştirilmiştir. Bina sürdürülebilirlik değerlendirme araçları yapının çevreye olan etkisinin nitel ve/veya nicel olarak belirlenmesinde ve ne kadar sürdürülebilir olduğunun ortaya konulmasında kullanılan araçlar olarak önem kazanmıştır. Bununla birlikte bina sürdürülebilirlik değerlendirme araçları tasarım sürecinde ele alınan sürdürülebilirlik kriterleri üzerinde karar desteği sağlaması yönüyle de önemli roller üstlenmektedir. Bu yönüyle bina sürdürülebilirlik değerlendirme araçları, daha yaşanabilir bir yapı çevre oluşturmak üzere mimari tasarım sürecine veri desteği sağlayan ve sürdürülebilir mimari tasarım düşüncesini destekleyen önemli araçlar haline gelmektedir.

2. BİNA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK DEĞERLENDİRMESİ

Günümüzde binaların olumsuz çevresel etkilerinin kabul edilmesiyle birlikte bina tasarımında çevresel performans önemli bir kriter haline gelmiştir. “Sürdürülebilir yapı çevre” ve “sürdürülebilir yaşam” kavramlarından söz edilebilmesi için öncelikli olarak tasarım sürecinde binaların çevresel performanslarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Çünkü sürdürülebilir binaların tasarlanması ve inşa edilmesi, sürdürülebilir ve yönetilebilir bir kalkınma için çok önemlidir. Sürdürülebilir bina Magent vd., (2011) tarafından yaşam kalitesini yükselten, kullanıcı memnuniyetini sağlayan, esnek kullanım ve gelecekteki kullanıcı değişikliklerine uyum sağlayabilme potansiyeline sahip, arzulanan doğal ve sosyal çevreyi sağlayan/destekleyen ve kaynakların verimli kullanımını maksimize eden bir yapı çevreyi gerçekleştirmeyi amaçlayan sürdürülebilir kalkınmanın bir parçası olarak açıklanmıştır. Yani, sürdürülebilir kalkınma, sürdürülebilir binalar olmaksızın elde edilemeyecek bir durumdur. Bu nedenle tasarım sürecinde binaların çevresel etkilerinin azaltılması amacıyla yapılan sürdürülebilirlik değerlendirme çalışmaları gün geçtikçe daha fazla önem kazanmış ve bina yapımı ile ilişki süreçlerin çevresel etkileri, bina çevresel performansının kullanıcılar ve yapı sektöründeki diğer paydaşlar için temel bir konu haline gelmesine neden olmuştur (Crawley ve Aho, 1999; Kohler, 1999; Ding, 2008). 1990'lı yıllarda inşaat sektörü de dahil olmak üzere sanayi sektörleri, faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkisini fark etmeye başlamış ve kamusal politikalar ile çevreye duyarlı ürün ve hizmetler konusunda artan pazar talebi yapı sektörünü binaların çevresel performansına odaklanmaya zorlamıştır (Haapio, 2008). Yapıların çevresel etkilerini azaltmak ve sürdürülebilir bir yapı çevre oluşturmak amacıyla çevresel performans ölçmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Kohler, 1999; Crawley ve Aho 1999; Cole, 2005; Ding, 2008; Haapio, 2008; Haapio ve Viitaniemi, 2008; Lee, 2013; Stender ve Walter, 2018). Bina çevresel değerlendirme yöntemleri (Building Environmental Assessment Methods) olarak isimlendirilen bu yöntemler yapı ve çevre arasındaki ilişkinin anlaşılmasına önemli ölçüde katkıda bulunmakla birlikte (Cole, 1999), zaman içinde yapıların çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliklerini değerlendirmek ve sürdürülebilir kalkınmayı yapı/yapılı çevre üretim süreçlerine entegre etmek konusunda etkili bir çerçeve sağlayan araçlar haline gelmiştir. Bu nedenle bina çevresel performansını belirlemek için geliştirilen çevresel değerlendirme yöntemleri günümüzde daha fazla bina sürdürülebilirlik değerlendirme yöntemleri (Building Sustainability Assessment Methods) olarak tanımlanmaya başlamıştır.

Cole (2005), değerlendirme sistemlerinin bir binanın çeşitli kriterlerde beklenen performans seviyesini karşılama konusunda başarılı olduğunu göstermenin bir yolu olduğunu belirtmektedir. Sürdürülebilirlik değerlendirmesi çerçevesinde, somut hedefleri ve kılavuz göstergeleri olan araçlar talep edildiğini belirten Ebert, Ebig ve Hauser (2011)'e göre, bu araçlar tasarım ekibinin önemli ekolojik, ekonomik ve sosyal faktörlerin etkilerini ve etkileşimlerini fark ederek bunları tasarım veya inşaat aşamasında dikkate almasını sağlamalıdır.

Mateus ve Bragança (2011), sürdürülebilirlik değerlendirmesinin amacının binanın yapımının, tasarımının ve kullanımının farklı aşamalarındaki kararlar için bilgi toplamak ve bu bilgileri rapor etmek olduğunu belirtmektedir. Göstergelere dayanan sürdürülebilirlik puanları veya profilleri, ilgili konunun tanımlandığı, analiz edildiği ve değer atandığı bir süreçle sonuçlanmaktadır. Günümüzde, bu süreçte iki zıt eğilim söz konusudur. Bu kapsamda, bir yanda farklı uygulayıcılar tarafından yaygın olarak kullanılan göstergeler karmaşıklıkları ve çeşitlilikleri ile karakterize edilirken, diğer yanda ortak kavrayış ve basitlik yoluyla daha iyi kullanılabilirliğe doğru büyüyen bir hareket yer almaktadır (Mateus ve Bragança, 2011).

Ding (2008), çevresel değerlendirme yöntemlerinin, bina uygulamalarındaki çevre bilincini arttırdığını ve yapı endüstrisinin çevrenin korunması doğrultusunda ilerlemesi ve sürdürülebilirlik hedefine ulaşması için temel bir yön sağladığını ifade etmektedir. Çevresel değerlendirme yöntemleri, temelde bir yapının ne kadar çevre dostu ve sürdürülebilir olduğunu değerlendirmektedir. Bu yönüyle çevresel değerlendirme, yapı endüstrisinde yer alan tüm paydaşlar için önem taşımaktadır. Çünkü çevresel değerlendirme yöntemleri, mimarlar, tasarımcılar, geliştiriciler, yapının sahibi/kiracısı, yatırımcılar, müteahhitler, tedarikçiler, tesis yöneticileri, finansörler, sigorta şirketleri ve emlakçılar gibi paydaşlar arasında ortak bir dil ve ölçüt oluşmasını sağlamaktadır. Ding (2008), çevresel değerlendirme yöntemlerinin birincil rolünün, bina sahiplerinin ve tasarımcıların daha yüksek çevre standartlarına ulaşması için ortak ve doğrulanabilir bir dizi kriter ve hedef kullanarak, bir binanın çevresel özelliklerinin kapsamlı bir değerlendirmesini sağlamak olduğunu ifade etmektedir.

Uluslararası Standardizasyon Örgütü (The International Organization for Standardization-ISO) tarafından, ISO-15392:2008 referans numarası ile bina yapımında sürdürülebilirlik ilkelerinin yayımlandığı uluslararası dokümanda, sürdürülebilir kalkınmanın küresel bir yaklaşım olduğu ancak bina sektöründe sürdürülebilirlik yaklaşımının uygulanabilmesi için stratejilerin yerele özgü olması gerektiği vurgulanmaktadır. Benzer şekilde Berardi (2013), yapı çevrede sürdürülebilirliği ele alan stratejilerin ve hedeflerin yerel olarak düşünülmesi gerektiğini ifade etmektedir. Yani söz konusu stratejiler ve hedefler bağlama göre, bölgeye göre farklılaşmalı ve hem yapı çevredeki hem de sosyal çevredeki bağlamı, ön koşulları, öncelikleri ve ihtiyaçları yansıtmalıdır. Bu temel yaklaşım değerlendirme araçlarının farklı koşullara uyarlanabilirliğinin sağlanması açısından önemlidir. Sürdürülebilirlik değerlendirmelerinin genellikle göstergelere dayandığını belirten Mateus ve Bragança (2011), bu göstergelerin endüstrinin bir bütün olarak ana etkileri hakkında ve binaların diğer inşa edilmiş varlıkların yapımının ve işletilmesinin etkileri hakkında bilgi sağladığını belirtmektedir. Mateus ve Bragança (2011), genel kabul görmüş göstergelerin bir listesi oluşturulmaya çalışıldığında, kalkınmanın farklı ülkelerde farklı parametrelere ve ağırlıklandırma faktörlerine yol açtığının görüldüğünü belirtmektedir. Bu bulgu, karar verme konusunda gerçek ihtiyaçlar için gerçek bir yanıt olarak görülebilir. Çünkü hem temel göstergeler hem de bu göstergelerin ağırlıklandırılmaları çevresel, sosyal ve ekonomik bağlamlara büyük ölçüde bağlıdır.

3. BİNA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK DEĞERLENDİRME ARAÇLARI

Günümüzde dünya genelinde yapıların sürdürülebilirliklerinin değerlendirilmesine yönelik çok sayıda araç geliştirilmiştir (Haapio ve Viitaniemi, 2008). Bu araçlar, tek malzeme ölçeğinden tüm bina ölçeğine kadar farklı ölçeklerde değerlendirme yapmasına, yaşam döngüsünün farklı aşamalarına odaklanmasına, farklı değerlendirme kriterlerine sahip olmasına, farklı amaçlar için farklı ihtiyaçlara cevap vermek üzere tasarlanmış olmalarına ve farklı veri tabanlarını kullanmasına göre çeşitlilik göstererek farklı kategoriler altında çoğalmıştır. Bu kapsamda her araç kategorisi araçları etkili kılan temel özellikleri tanımlamaktadır (http-1).

Athena Sürdürülebilir Malzemeler Enstitüsü tarafından yapılan grupta çevresel değerlendirme yöntemleri “Değerlendirme Aracı Topolojisi/Assesment Tool Topology” adı altında üç seviyede değerlendirilmektedir (Trusty, 2000):

- **Seviye-1 araçlar:** BEES 4.0 (Building for Environmental and Economic Sustainability-Çevresel ve Ekonomik Sürdürülebilirlik İçin Bina) ve TEAM gibi araçlar malzemeleri tek tek değerlendirerek, karşılaştırmalar ve seçimler yapılması konusunda yararlı araçlardır. Ancak, tüm bina için tasarım kararlarını oluşturmada kullanılamazlar.
- **Seviye-2 araçlar:** Athena, BEAT 2002 (Building Environmental Assessment Tool-Yapı Çevresel Değerlendirme Aracı), BeCost, Eco-Quantum, EQUER ve LEGEP Lebenszyklus-Gebäude-Planung-Bina Yaşam Döngüsü Planlaması), gibi araçlar tüm bina karar destek araçları olarak yaşam döngüsü maliyetleri, yaşam döngüsü çevresel etkileri, aydınlatma veya işletme enerjisi gibi belirli alanlardaki konular üzerinde odaklanmıştır. Bu araçlar ISO, ASTM (American Society for Testing and Materials-Amerikan Test ve Malzemeler Derneği), ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers-Amerikan Isıtma Soğutma ve İklimlendirme Derneği) veya ulusal standartlarla uyumlu veri tabanlarını kullanmaktadır. Seviye-2 araçlar tasarım ekibinin üyeleri tarafından tasarım süreci sırasında mümkün olan en erken aşamada kullanılmaları için tasarlanmış olup Seviye-3 araçlar için önemli veriler sağlayabilmektedir.
- **Seviye-3 araçlar:** LEED, BREAM, DGNB, EcoEffect, EcoProfile ve ESCALE, gibi araçlar sürdürülebilirlik ile ilgili çevresel, ekonomik, sosyal ve diğer konuları çok geniş bir biçimde kapsamaktadır. Bu araçların her birisi tüm bina değerlendirme sistemi olarak kullanılabilir. Seviye-3 araçlar nesnel ve öznel veriler kullanmakta olup, nesnel veriler için Seviye-2 araçlar kullanılmaktadır.

Binaların enerjiyle ilişkili çevresel etkilerinin nasıl iyileştirilebileceği üzerine çalışmalar yapan IEA Annex 31 Çalışma Grubu, sürdürülebilirlik değerlendirme araçlarını interaktif (etkileşimli) yazılımlar ve pasif araçlar olarak iki kategoride tanımlamaktadır (http-1). IEA Annex 31 Çalışma Grubunun ve Athena Sürdürülebilir Malzemeler Enstitüsünün yapmış olduğu gruplamalar birlikte değerlendirildiğinde ise çevresel değerlendirme araçları, özelliklerine göre aşağıda belirtildiği gibi gruplanabilmektedir:

1. İnteraktif (etkileşimli) yazılımlar
 - Enerji ve havalandırma modelleme yazılımları
 - Yapılar ve yapı stoğu için yaşam döngüsü değerlendirme araçları
Seviye 1/Seviye 2/Seviye 3
2. Pasif araçlar
 - Çevresel değerlendirme ve derecelendirme sistemleri
Seviye 3 (LEED, BREEAM, DGNB, vb.)
 - Binaların tasarımı ve yönetimi için çevresel kılavuzlar veya kontrol listeleri
 - Çevresel ürünler beyanları, kataloglar, referans bilgileri, sertifikalar ve etiketler

İnteraktif (etkileşimli) yazılımlar kullanıcının veya karar veren kişinin bir dizi seçeneği etkileşimli bir şekilde araştırması için, proaktif bir yaklaşım benimsemesini sağlayan hesaplama ve değerlendirme yöntemleri sağlamaktadır (Haapio ve Viitaniemi, 2008). Bu gruptaki araçlar performans temelli sürdürülebilirlik değerlendirme araçlarıdır.

Pasif araçlar, kullanıcıyla çok fazla etkileşime girmeden karar desteği sağlamaktadır. Bu araçlar genellikle LCA araçları ve simülasyon modelleri tarafından sağlanan kişiselleştirme ve bilgisayar desteği derecesinden yoksundur. Bu yönüyle pasif araçlar, hesaplamalar yapmak yerine, sürece statik bilgi katma eğilimindedir. Daha önceki değerlendirme sonuçlarına sahip olan bu araçlar, tasarım hedeflerinin formülasyonuna ve planlama-karar verme süreçlerinin yönetilmesine yardım etmektedir. Türlerine ve amaçlarına bağlı olarak pasif araçların özellikleri aşağıda belirtilmiştir (<http-1>):

- Tasarım hedeflerinin oluşturulmasına yardımcı olmak,
- Referanslara dayalı olarak önceden yapılmış değerlendirme sonuçlarını iletmek,
- Planlama ve karar verme süreçlerinin yönlendirilmesine yardımcı olmak,
- Üçüncü taraflarca tamamlanan değerlendirme sonuçlarının çıktılarını sağlamak,

Sürdürülebilir tasarım sürecinde, sürdürülebilirlik değerlendirme araçları olarak tanımlanan çeşitli araçlar, tasarım kararlarının oluşturulmasında ve kararların sonuçlarının değerlendirilmesinde, böylelikle sürdürülebilir tasarım alternatifleri arasında optimum olanın seçilmesi yönünde ciddi katkılar sağlayabilmektedir. Bu bağlamda sürdürülebilirlik değerlendirme araçlarının özelliklerini kavramak ve sürdürülebilir mimari tasarım sürecindeki rollerini açık bir şekilde tanımlamak sürdürülebilirlik amacına ulaşmak konusunda tasarımcıları desteklemesi yönüyle önemlidir.

4. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ TASARIMDA KARAR DESTEĞİ

Çevre ve insan arasında gerçekleşen etkileşimin merkezinde yer alan mimari tasarım eylemi, yapılı çevrelerin karakterini ve kalitesini belirleyecek kriterlerin oluşturulma-geliştirilme sürecidir. Bu süreç problemin tanımlanması, verilerin toplanması, çözüme dair ilk düşüncelerin ortaya çıkarılması, alternatif tasarımların

oluşturulması, en optimum modelin/tasarımın seçilmesi ve son modelin baştaki verilerle yeniden karşılaştırılarak sonucun değerlendirilmesi olarak aşamalandırılmaktadır.

Tasarım süreci temelde üç önemli evreyi kapsamaktadır. Bu evreler analiz evresi, yaratıcı evre/sentez ve değerlendirme evresidir. İlk evre, mimari tasarım probleminin analizidir. Mimarlık, bu evrede problemi ihtiyaçlar ve istekler temelinde ele alır, mevcut verilerin belirlenmesi ile birlikte ana tasarım kararları oluşmaya başlar. Sentez aşamasında, mimari tasarım problemine yönelik alternatif çözüm önerilerinin oluşturularak söz konusu önerilerin analiz edilmesi ve değerlendirilmesi gibi eylemlerle mimari çözüme ulaşılmaya çalışılır. Farklı ölçeklerde fikirler denenir ve çözüme en yatkın olan tasarım seçeneği belirlenerek proje geliştirilir. Değerlendirme aşaması ise, analiz aşamasında tanımlanan verilere ve hedeflere göre, önerilen çözümlerin eleştirel bir değerlendirmesini içermektedir.

Bir yapının/yapılı çevrenin sürdürülebilirliği, mimari tasarım sürecindeki tasarım kararları ile doğrudan ilişkilidir. Sassi, (2006) sürdürülebilirlik gündemine olumlu katkıda bulunmak, ekonomik olarak güçlü ve sosyal olarak kapsayıcı ve istikrarlı topluluklar elde etmek ve çevre üzerindeki etkiyi en aza indirmek için binaların nasıl tasarlanması ve inşa edilmesi gerektiği konusunun önem kazandığına dikkat çekmektedir. Magent vd., (2011) ise sürdürülebilir binalar için tasarım sürecinin büyük ölçüde belirsiz olduğunu ve söz konusu sürecin her yeni projede yeniden keşfedildiğini ifade etmektedir. Çünkü belirli bir proje için son derece uzmanlaşmış ve bölümlere ayrılmış çok sayıda disiplin içinden ekiplerin bir araya gelmesi yeni bir tasarım sürecinin gelişmesine neden olmaktadır. Bu durum bina tasarım ekipleri için büyük ölçüde ardışık, uzmanlaşmış çalışma alanlarının gelişmesine neden olmuştur. Magent vd., (2011)'e göre, tasarım ekipleri için böyle bir çalışma süreci, işbirliği ve entegrasyonu oldukça zorlayıcı bir mücadeledir. Buna karşılık projenin başarısının tasarım süreci boyunca takım içindeki etkileşimler tarafından büyük ölçüde etkilendiğini belirten Magent vd., (2011) sürdürülebilir bina tasarımı için erken paydaş katılımının, işbirliğinin ve entegrasyonun kilit rollerinin önemine dikkat çekmektedir.

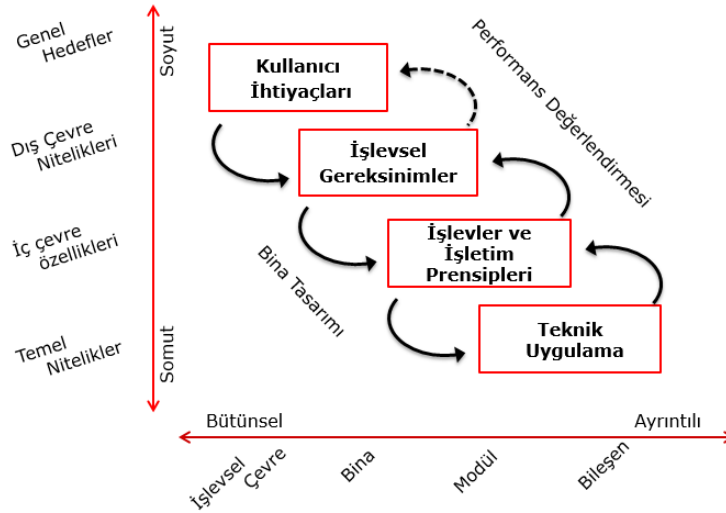
Sürdürülebilir binalar için tasarım sürecinin büyük ölçüde belirsiz olduğu ifade edilse de (Magent vd., 2011), sürdürülebilir bina tasarımı ve yapımı sürdürülebilir ve yönetilebilir bir kalkınma için büyük bir öneme sahiptir (Ding, 2008). Bu önemden hareketle günümüz dünyasında sürdürülebilirlik düşüncesi mimari tasarım olgusunun yeni bir bakış açısı ile tanımlanmasına neden olmuştur. Bunun sonucunda ise sürdürülebilir mimari tasarım yaşamın sürdürülebilirliği için önemli bir paradigma haline gelmiştir. Sürdürülebilir tasarım Ding (2008) tarafından, projelendirme aşamasından itibaren yapım aşaması, işletim aşaması ve geri dönüşüm aşamasını içeren süreçler bütününe sürdürülebilirlik ilkelerinin dahil edilmek zorunda olduğu bir tasarım anlayışı olarak tanımlanmıştır. McLennan (2004), sürdürülebilir tasarımın “doğal çevreye olan olumsuz etkileri en aza indirirken ya da ortadan kaldırırken yapılı çevrenin kalitesini en üst düzeye çıkarmaya çalışan bir tasarım felsefesi” olduğunu belirtmiştir. Iwaro ve Mwashu (2013)'a göre ise sürdürülebilir tasarım, çevresel kaliteyi

ve kaynakların verimli kullanımını sağlamayı amaçlayan bir sürdürülebilir kalkınma yaklaşımıdır.

Sürdürülebilir mimari tasarım sürecinde karar verme eylemi, karar veren tasarımcının sürdürülebilirlik hedefleri ve bu hedeflerle ilişkili sürdürülebilirlik kriterleri temelinde, alternatif tasarım çözümlerinin tanımlanmasına ve uygun olan tasarım çözümünün seçilmesine yönelik yapılan bir çalışmadır. Karar verme süreci sıklıkla, birden fazla kritere ve birden çok amaca dayalı olarak alternatiflerin tanımlanmasını, karşılaştırılmasını ve sıralanmasını içermektedir (Ding, 2008). Bu kapsamda karar verme eylemi, sürdürülebilir alternatif tasarım seçeneklerinin düşünüldüğünü ima etmektedir. Ancak buradaki çalışma sadece mümkün olduğu kadar çok sayıda alternatifin tanımlanmasını değil, aynı zamanda sürdürülebilirlik amaçlarına ve hedeflerine, en iyi şekilde uyan bir tanesinin seçilmesini gerektirmektedir. Sürdürülebilir mimari tasarım sürecinde alternatif tasarım seçeneklerinin sürdürülebilir özellikleri üzerine karar vermek en önemli konulardan birisidir. Bu noktada Ding (2008), çevre üzerindeki olumsuz etkilerin minimize edilebileceği tasarım alternatiflerini belirlemenin sürdürülebilirlik amacına ulaşmada önemli bir rol oynadığını, bu nedenle tasarım sürecinin ilk aşamalarından (program aşaması, tasarım aşaması) itibaren çevresel konuların tasarım sürecine dahil edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Sürdürülebilir mimari tasarım sürecinde alınacak kararlar ile çevresel zararları minimize etmek, doğal kaynakları ve insan sağlığını-refahını korumak mümkün olabilmektedir. Ancak burada üzerinde önemle durulması gereken durum sürdürülebilirlik konularının tasarım sürecine olabildiğince erken evrelerde dahil edilmesi ve tasarım kararlarının olası çevresel etkilerinin tasarım sürecinde değerlendirilebilmesidir. Sürdürülebilir tasarım süreci ve tasarım sürecinin sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirilmesi birbirinden bağımsız düşünülemeyecek süreçlerdir. Bugün gelinen noktada bir mimari tasarımın çevresel performansının sürdürülebilir olarak değerlendirilebilmesinde çevre ve insan için en doğru tasarım kararının en uygun aşamada verilmesi yanı sıra tasarım kararların sonuçlarının yani binanın performansının da değerlendirilmesi gereklidir. Bu bağlamda bina tasarımı ve bina performans değerlendirmesi arasındaki ilişkiyi açıklayan Crawley ve Aho (1999) bina tasarımı, tasarım konseptinin detaylı gerçeklemeye doğru aşama aşama çalışıldığı yukarıdan aşağıya doğru ilerleyen bir süreç olarak tanımlarken, performans değerlendirmesini sistemin teknik detayları hakkındaki bilgiden ve karakteristiklerinden başlayarak söz konusu tasarımın çevresel performansını sentezleyecek şekilde aşağıdan yukarıya doğru gerçekleşen bir süreç olarak ifade etmiştir. Bina tasarımı ve bina performans değerlendirmesi süreçleri Crawley ve Aho (1999) tarafından, Şekil 4.1'deki gibi gösterilmiştir. Crawley ve Aho (1999), tasarım kriterlerinin amacının teknik gerçekleştirme ve performans arasındaki karşılıklı ilişki üzerine (teknik) rehberlik yapmak olduğunu belirtmektedir. Örneğin, teknik bir çözümün bir performans göstergesi üzerindeki etkileri nelerdir? Verilen bir performans seviyesine ulaşmak için bir sistem nasıl tasarlanmalı ve boyutlandırılmalıdır? Dolayısıyla, tasarım kriterlerinin ve performans değerlendirme sistemlerinin ortak

paydası performans göstergeleri/kriterlerinde somutlaştırılmıştır. Bu performans göstergeleri/kriterleri yapı tasarımı için, hedefleri, amaçları ve/veya gereksinimleri gösterirken, performans değerlendirmesi için analizin temel sonuçlarını ortaya koymaktadır.



Şekil 4.1. Bina tasarımı ve performans değerlendirmesi arasındaki ilişki ve kavramsal farklılıklar (Crawley ve Aho, 1999)

Bina tasarımı ve bina performans değerlendirmesi ile ilişkili önemli bir başka konu her iki süreçte ihtiyaç duyulan bilginin niteliğidir. Cole (1997), aralarında açıkça potansiyel bağlantılar olmasına rağmen, bir binayı tasarlamak için gereken bilgi türü ile o binayı çevresel performans açısından değerlendirmek için gereken bilgi türü arasında farklılıklar olduğunu belirtmektedir. Bu farklılığı Cole (1997), tasarım kriterleri ile tasarımın çevre üzerindeki etkisini değerlendiren kriterlerin türleri ve sayıları arasındaki ilişkiyle açıklar. Buna göre, tasarım kriterlerinin türü ve sayısı, yönetmelikler tarafından zorunlu bırakılmadıkça, değerlendirmede kullanılan kriterlerin türünden ve sayısından tipik olarak daha kapsamlıdır. Tasarımcının belirli bir tasarımda bir strateji formüle etmek üzere, değerlendirme kriterlerini temel alabileceğini belirten ve değerlendirme kriterlerinin tasarım kriterleri gibi kullanılabilmesi potansiyeli üzerinde duran Cole (1997), bu bağlamda mevcut değerlendirme yöntemlerinin, tasarım araçları olarak da kullanıldığını belirtmektedir.

Çevresel değerlendirme araçları temelde tasarım kılavuzları olarak hizmet etmeleri amacıyla tasarlanmamış olmalarına rağmen, daha iyi alternatiflerin yokluğunda, söz konusu araçların daha fazla bu yönde kullanıldığı görülmektedir (Cole, 1999; Crawley and Aho, 1999). Crawley and Aho (1999), çevresel değerlendirme metodlarının, tasarım sürecine performans hedeflerinin ve kriterlerinin dahil edilmesinin yapısal bir yöntemini sağlayabildiklerini bu şekilde tasarım sürecini destekleyebildiklerini belirtmektedir. Bu bağlamda bina sürdürülebilirlik

değerlendirme araçlarının (Building Sustainability Assessment Tools-BSAT) mimari tasarım sürecinde önemli tasarım konuları üzerinde karar verme sürecinin bir parçası olarak rol oynayabilmesi mümkündür. Değerlendirme araçları, çevresel değerlendirme ile karar verme çerçevesi arasındaki arayüzdür ve tasarımcıların farklı seçimlerinin sonuçlarını anlamalarına yardımcı olarak karar verme sürecine bilgi sağlamaktadır. Değerlendirme araçları bu şekilde çevresel performansın iyileştirilmesine hizmet etmektedir (<http-1>).

Ding (2008), çevresel değerlendirme yöntemlerinin bir tasarım aracı olarak yararlı olabilmesi için, tasarım ve değerlendirme takımları arasında erken işbirliğine izin vermesi açısından söz konusu yöntemlerin sürece mümkün olduğunca erken dahil edilmesi üzerinde durmaktadır. Ding'e (2008) göre, çevresel değerlendirme yöntemlerinin tasarım aşamasında en fazla fayda sağladığı zaman, ön tasarım sürecinde ele alınan kriterlerde herhangi bir eksikliğin değerlendirildiği ve bunların tasarım geliştirme sürecine dahil edilebildiği zamandır.

Ali ve Nsairat (2009)'a göre, değerlendirme yöntemleri sürdürülebilir tasarım önceliklerini ve hedeflerini belirleyerek, uygun sürdürülebilir tasarım stratejileri geliştirerek ve sürdürülebilir tasarım ve karar alma süreçlerine rehberlik etmesi için performans ölçütlerini belirleyerek bir tasarım aracı olarak kullanılabilirdiğinden, bina çevresel performansını değerlendirmek ve sürdürülebilir kalkınmayı bina yapım süreçlerine entegre etmek için etkili bir çerçeve sağlamaktadır. Buna karşılık Loots ve Irurah (2005) değerlendirme araçlarının karar vermeyi kolaylaştırabildiğini ancak tasarım aracı olarak da kullanılabilmesi yönündeki beklentileri karşılamadığını ifade ederek tasarım aracı ile değerlendirme aracı arasındaki temel farklılığa vurgu yapmaktadır. Buna göre, son yıllarda ortaya çıkan ve tasarım araçları olarak adlandırılan araçlar, değerlendirme metodlarının geliştirilmesinin bir parçası olarak uyarlanmaktadır ve bu süreç yapı sürdürülebilirlik değerlendirme araçlarının tasarım araçları olarak da uygulanabilir olduğu beklentisi yaratmaktadır. Değerlendirme araçları gerçek bina değerlendirmeleri ve tahmini hedef belirleme yoluyla karar vermeyi kolaylaştırmalarına rağmen, bu araçlar kullanıldıklarında hiçbir tasarım çözümü üretmedikleri için 'tasarım' araçları olarak tanımlanamazlar. Değerlendirmeler önerilen çözümlerin sonuçlarını/etkilerini sadece rapor etmekte ve/veya hedef düzenleme için sürdürülebilirlik kriterlerini listelemektedir. Bu bağlamda değerlendirme araçları belirli bir sürdürülebilirlik derecesini elde etmek için "ne yapmalı" sorusuna cevap verirken, bir tasarım aracı "nasıl yapılmalı" sorusuna çözüm getirmelidir (Loots ve Irurah, 2005).

Çevresel değerlendirme araçlarının kullanıcıları bir çalışma yürütmek için öncelikle hedefleri tanımlamaktadır. Bu hedefler, aslında karar verme sürecinde gerekli olacak bilgilere işaret etmektedir. Söz konusu hedefler kullanıcıya göre büyük ölçüde çeşitlilik gösterdiği için araçlardan elde edilen çıktılar kullanıcının teknik tanımlamalarını yansıtmalıdır. Yöntemler ve araçlar hedeflenenden başka amaçlar için kullanılırsa, çıktılar geçersiz olabilmektedir. Bir değerlendirmenin hedefini ve kapsamını tanımlamak kullanılacak yöntemin belirlenmesi üzerinde oldukça etkilidir. Aslında, hedefler ve kapsam tarafından belirlenen ayrıntı düzeyi, çevresel

değerlendirme araçlarını kategorilere ayırmak ve bu araçların seçimini kolaylaştırmak açısından oldukça önemlidir. Bu şekilde hedefler, çevresel değerlendirme araçlarının tipolojisini oluşturmak için bir temel haline gelmektedir (http-1). Bu çalışma kapsamında incelenecek olan sürdürülebilirlik değerlendirme araçları, Braganca, Mateus, and Koukari (2010) tarafından ele alındığı şekliyle, bina performansını yöneten sistemler (performansa dayalı tasarım), yaşam döngüsü değerlendirme (LCA) sistemleri ve sürdürülebilir bina derecelendirme ve sertifikasyon sistemleri olarak üç grupta değerlendirilmiştir.

4.1. Bina Performansını Yöneten Sistemler

Wilde ve Voorden (2003), bina performans bilgilerini bina simülasyon araçları kullanılarak oluşturulan veri türü olarak tanımlanmıştır. Hopfe'ye (2009) göre, bina performans simülasyonları (BPS) iklim koşullarına, kullanıcılara, iklimlendirme sistemlerine ve gürültü kaynaklarına maruz kalması nedeniyle binanın enerji ve çevresel performansını tahmin etmek üzere bina içindeki ısı, ışık, hava, nem ve sesin dinamik etkileşimini taklit eden önemli araçlardır. Morbitzer (2003) daha genel bir tanım yaparak, bina performans simülasyonları ile bina performansını etkileyecek tüm detaylı parametrelerin tasarımcı tarafından tanımlandığını ve gerçeğe mümkün olduğunca yakın performans tahminlerinin elde edildiği sanal bir bina yaratıldığını belirtmektedir. Bu bağlamda, bina performans simülasyonlarının aşağıda belirtilen durumlarda kullanılabilirliğini söylemek mümkündür (Wilde, 2004):

- Sayılarla ve grafiklerle tasarım çözümlerini gösterme,
- Rehberlik için belirsizlik ve hassasiyet analizlerini yapma,
- Tasarım alternatiflerinin oluşturulmasını destekleme,
- Farklı tasarım seçenekleri arasında seçimler yaparak bilgiye dayalı karar verme,
- Yapı ve veya sistem optimizasyonu yapma,

Mevcut projelerde hesaplama araçlarının tercihleri desteklemek yerine optimizasyon ve doğrulama gibi farklı amaçlar için kullanıldıklarını ifade eden Wilde ve Voorden (2003), tasarım bağlamında kullanılması halinde simülasyon araçlarının aşağıdaki gereksinimleri karşılamaları gerektiğini belirtmiştir:

- Araçlar, belirli, tasarım odaklı seçenek alanlarını barındırmalıdır.
- Araçlar, söz konusu tasarım kararıyla ilgili olan belirli sanal deneyleri gerçekleştirebilmelidir.
- Araçlar, bina tasarım sürecini durdurmadan ilgili performans bilgilerini sağlamalıdır.
- Enerji tasarruflu bina bileşenlerinin seçimini desteklemek için kullanılacak araçlar erken tasarım aşamalarında (fizibilite çalışması, kavramsal tasarım aşaması) uygulanmalıdır.

Ardışık, uzmanlaşmış çalışma alanlarının gelişmesiyle karmaşık süreçlerin ve işlemlerin gerçekleştiği sürdürülebilir bina tasarımında, bina performans simülasyonları bir rehber niteliği taşıması ve optimum olan tasarım seçeneğinin belirlenmesi

konusunda tasarımcılara karar desteği sağlaması mümkündür. Loots ve Irurah (2005) sürdürülebilirlik konusunda çalışan çoğu tasarımcının karar verme sürecine rehberlik etmesi ve sürdürülebilirliğe geçişi kolaylaştırması için disiplinler arası takım çalışmasına ve bilgisayar temelli modellemelere-simülasyonlara güvendiğini belirtmektedir. Günümüzde, bina simülasyon programları alternatif bina cepheleri oluşturulması, iklimlendirme-HVAC sistemleri tasarımı, cam, pencere ve gölgeleme tasarımı, binanın pasif olarak ısıtılıp soğutulması için seçeneklerin analiz edilmesi, enerji analizleri gibi konularda ve bir yapının tüm yaşam döngüsü aşamalarındaki kararlar için kullanılmaktadır. Bu kapsamda tasarım sürecini desteklemek için kullanılan mevcut araçlar ve bu araçların işlevleri tarafından Tablo 4.1’de açıklanmıştır. Loh vd., (2010) simülasyon araçlarını tasarım sürecini destekleyen araçlar olarak yazılım kategorisi genel başlığı altında konumlandırmıştır.

Tablo 4.1. Tasarım sürecini destekleyecek mevcut araçlara genel bakış (Loh, vd., 2010)

Yazılım kategorisi	İşlev	Örnekler
Bina Bilgi Modellemesi Yazılımı (BIM)	Modelleme ve görselleştirme	Autodesk Revit, ArchiCAD, Microstation
Enerji Simülasyon Araçları	Enerji performansının değerlendirilmesi ve karar vermeyi desteklemesi için sonuçların görselleştirilmesi	IES, Ecotect, Design Builder, Esp-r, Energy Plus
Bina Çevresel Değerlendirme Araçları (BEA)	Binaların çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ve karar vermeyi desteklemesi için sonuçların görselleştirilmesi	Envest II
Yaşam Döngüsü Değerlendirme Araçları (LCA)	Malzemelerin yaşam döngüsü performansının değerlendirilmesi ve karar vermeyi desteklemesi için sonuçların görselleştirilmesi	SimaPro, BEES, ATHENA Environmental Impact Estimator
Yaşam Döngüsü Maliyet Değerlendirme Araçları (LCCA)	Bina yaşam döngüsü maliyet performansının değerlendirilmesi ve karar vermeyi desteklemesi için sonuçların görselleştirilmesi	IES, Envest II, Building Life Cycle Cost (BLCC)

Hopfe (2009), tasarım sürecinde oluşturulan pek çok kararın tasarım araştırmalarının ve beyin fırtınalarının sonuçları olması nedeniyle söz konusu tasarım kararlarının belirli kurallarla tanımlanmasının da değerlendirme araçları yoluyla desteklenmesinin de zor olduğunu belirtmektedir. Ancak bazı kararlar tipik olarak iyi tanımlanmış bir dizi rakip seçeneğin karşılaştırılmasını ve verilen sınırlamalar dizisi altında en iyi seçeneğin elde edilmesini gerektirmektedir. Bir tasarım alternatifinin uygunluğu da genellikle farklı performans kategorilerindeki ölçümler yoluyla ifade

edilmektedir. Hopfe (2009), bu nedenle performans ölçümlerinin kuralcı özelliklerden ziyade sonuçlarla ilgili olduğunu belirtmektedir. Performans kavramı, tasarımın objektif olarak tanımlanmış performans kriterlerine ve amaçlarına göre tasarım değerlendirmesini geliştirmektedir. Farklı performans değerlendirmeleri, farklı performans göstergeleri ile ilişkilidir. Bu bağlamda performans göstergeleri, tasarım programı ve tasarım konsepti arasındaki ilişkidir ve performans göstergeleri, net bir tasarım hedefi oluşturmaya ve performans düşüncesini bu amaç etrafında düzenlemeye yardımcı olmaktadır. Böylece tasarımcı, tasarım kararını etkileyen unsurları sınırlandırarak rasyonel olarak verimli proje hedefleri belirleyebilmektedir (Hopfe, 2009). Tasarım sürecinin farklı aşamalarında dikkate alınan tasarım konuları ve model oluşturma konusundaki zorluklar Morbitzer (2003) tarafından özetlenmiş ve Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Tasarım aşamaları, tasarım konuları ve performans tahminlerine genel bakış (Morbitzer, 2003)

Tasarım aşamaları	Tasarım konuları	Model oluşturma	Performans tahmin analizi
Konsept Tasarım Aşaması	Yönelim, ağır/hafif binalar, mekan kullanımı, ısı geri kazanım sistemleri	Tanımlanan tipik kullanıcılar (mimarlar) gelişmiş bina simülasyonu kullanmakta zorlanmaktadır.	Performans tahmini mimarlar için zordur.
Tasarım Geliştirme Aşaması	Cam alanlar/cam türleri, hava değişim oranı, aydınlatma stratejileri	Simülasyon uzmanı için büyük zorluklar yaratmaz ancak zaman alıcıdır.	Bina performansının ardındaki nedenleri derinlemesine anlamak önemlidir.
Detaylı Tasarım Aşaması	Farklı ısıtma / soğutma sistemleri, Farklı ısıtma /soğutma kontrolü stratejileri, Farklı havalandırma stratejileri	Şematik tasarımından daha zordur, ancak simülasyon uzmanı için mümkündür.	Simülasyon çalışmasına bağlı olarak kolay analizlerden, karmaşık, yorucu ve zaman alıcı analizlere kadar değişiklik göstermektedir.

Bir yapının ilk tasarım ve yapım öncesi aşamaları tasarımın sürdürülebilir özellikleri üzerine karar vermek için en kritik zamanlardır ve bu evrelerde çevreleri planlayan geleneksel bilgisayar destekli tasarım, tasarım geliştirme ilk aşamalarında sürdürülebilirlik analizleri yapma kabiliyetinden genellikle yoksundur. Bina performans analizleri tipik olarak mimari tasarım ve inşaat belgeleri ortaya koyulduktan sonra yapılmaktadır. Tasarım süreci sırasında sürekli olarak sürdürülebilirliğin analiz edilmemesi, bir dizi performans kriterlerini başarmak için tasarımda verimsiz bir geriye dönük değişiklik sürecine neden olmaktadır. Bina performansını ilk tasarım ve yapım

öncesi evrelerde hassas bir şekilde değerlendirmek binanın formu, malzemeleri, bağlamı ve mekanik-elektrik-su tesisatı ile ilgili kapsamlı bir dizi veriye erişim gerektirir. Bina Bilgi Modellemesi (BIM), çok disiplinli bilgilerin tek bir modelde üst üste eklenmesine izin vermektedir ve sürdürülebilirlik ölçütlerinin tasarım sürecine dahil edilmesi için bir fırsat yaratmaktadır (Azhar vd., 2011).

4.2. Yaşam Döngüsü Değerlendirme (LCA) Sistemleri

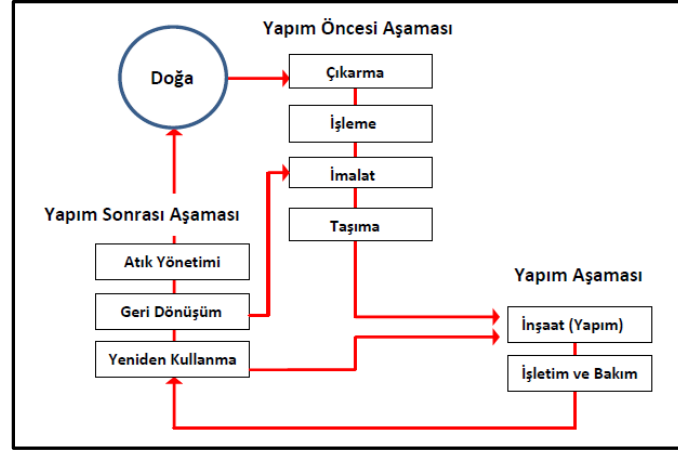
Sürdürülebilir mimari tasarım, çevresel kaliteyi, fonksiyonel kaliteyi ve gelecekteki değerleri dikkate alarak, binaların tüm yaşamını göz önünde bulundurmaya gerektirmektedir (John, Croome ve Jeronimidis, 2005). Bu kapsamda yaşam döngüsü yaklaşımı, sürdürülebilirlik temelinde ele alınan tasarım konularını binanın tüm yaşamını için değerlendirmesi nedeniyle sürdürülebilir bina tasarımında çözüm arayışları için ideal bir yaklaşım olmaktadır. Çünkü yapıyı oluşturan tüm malzeme ve sistemler için, hammadde ediniminden, üretim, nakliye, montaj ve geri dönüşüm aşamalarına kadar yaşam döngüsü olarak tanımlanan sürecin her aşamasında, kaynak tüketimi ve atık salınımının anlaşılması ve alternatif sonuçların değerlendirilmesi sürdürülebilir tasarım için önemli bir çerçeve oluşturmaktadır. Bu bağlamda yaşam döngüsü değerlendirmeleri, alternatif tasarım önerilerinin değerlendirilerek sürdürülebilir olan en uygun çözümün seçilmesinde tasarımcılara önemli bir karar desteği sağlayabilmektedir.

Malmqvist vd., (2010) yaşam döngüsü değerlendirme araçlarının, binanın ömrü boyunca neden olduğu etkileri göz önünde bulundurarak çevresel olarak uygun tasarım çözümlerini optimize ederken geliştirilmiş bir karar desteği sağladığını ifade etmektedir. Buna karşılık, hesaplamalar için çok fazla veriye ihtiyaç duyulması, veri toplama işleminin maliyeti ve veri toplama işleminin çok yönlü boyutlarından kaynaklanan zorluklar gibi nedenler yaşam döngüsü değerlendirmelerinde çeşitli kabullenmelerin oluşmasına yol açmakta ve bu durum değerlendirmelerin doğruluğunu azaltmaktadır.

Geleneksel yaklaşımla, tasarım, yapım, işletim/bakım ve yıkım süreçleri olarak ifade edilen yaşam döngüsü kavramı, yapı malzemelerinin üretimi ve tedarik edilmesi ile ilişkili çevresel konuları ya da kaynakların geri dönüşümü/yeniden kullanımı gibi atık yönetimi konularını ele almaması nedeniyle kısıtlı bir bakış açısı sağlamaktadır. Sürdürülebilir mimari tasarım temelinde ele alınan yaşam döngüsü ise malzemenin, faydalı bir yaşam formundan bir başka faydalı forma dönüşümünü temel almaktadır. Bu bakış açısına göre malzemenin yararlılığı son bulmamaktadır (Kim ve Rigdon, 1998). Şekil 4.2. sürdürülebilir bir binanın malzeme ile ilişkili olarak yaşam döngüsü aşamalarını yapım öncesi süreç, yapım süreci ve yapım sonrası süreç olarak detaylandırmaktadır.

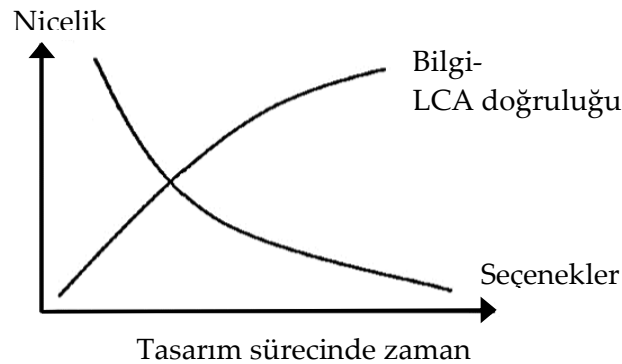
Sürdürülebilirlik hedeflerini sağlayabilmek için binayı yaşam döngüsü aşamaları ile ele almak konuya sistematik bir yaklaşım sağlamaktadır. Bu nedenle tasarım kararları ve tasarım değerlendirmeleri yapım öncesi (program aşaması, tasarım aşaması), yapım süreci (yapım aşaması) ve yapım sonrası (işletim aşaması ve geri dönüşüm aşaması)

süreçler bağlamında bütüncül olarak ele alınmalı ve değerlendirilmelidir. Geleneksel mimari tasarımın temel çalışma alanı yapım süreci ile ilişkili olmasına karşılık, sürdürülebilir mimari tasarım yaşam döngüsünün üç aşaması için de çevresel etkileri minimize edecek kararlar verilmesini gerektirmektedir (Kim ve Rigdon, 1998).



Şekil 4.2. Sürdürülebilir bir binanın yaşam döngüsü (Kim ve Rigdon, 1998)

Malmqvist, vd., (2010) yapı sektöründe yaşam döngüsü değerlendirmelerinin (LCA) çeşitli nedenlerle çok sınırlı kullanıldığını belirtmektedir. Bir tasarım sürecinde yaşam döngüsü değerlendirmesi uygulanırken karşılaşılan genel bir sorun, erken tasarım aşamalarında farklı çözümler arasında karar vermek için seçeneklerinin çok olması ve LCA hesaplamaları için gerekli olan, ürünler hakkındaki verilerin az olmasıdır. Sürecin ilerleyen aşamalarında daha fazla karar alınırken, daha iyi yaşam döngüsü değerlendirmeleri yapabilmek mümkündür, ancak alternatif tasarımlar için elde edilen sonuçlardan faydalanma olanakları Şekil 4.3'te belirtildiği gibi kısıtlıdır (Malmqvist, vd., 2010).



Şekil 4.3. Bir tasarım sürecinde seçeneklere karar verme ve ürün verilerinin kullanılabilirliği arasındaki ilişkilerin genel bir gösterimi (Malmqvist vd., 2010)

Yaşam döngüsü değerlendirme araçlarının tasarım sürecinde tasarımcılara karar desteği sağlaması için, erken proje aşamalarında çok miktarda veri gerekmektedir. Ancak, bu aşamalarda daha az proje verisi bulunmaktadır. Belirli bir tasarım seçeneği için elde edilen LCA sonuçlarının diğer alternatif tasarım seçenekleri için kullanılabilmesi olasılığının düşük olduğunu belirten Malmqvist vd., (2010) bu sorunun üstesinden gelmek için, tasarım sürecinin erken aşamalarında alternatif seçenekler hakkında daha iyi bilgi edinmenin ve yaklaşık sonuçların hesaplanmasını hızlandırmanın çözüm olabileceğini ifade etmektedir.

4.3. Sürdürülebilir Bina Derecelendirme ve Sertifikasyon Sistemleri

Pasif araçlar grubunda yer alan çevresel değerlendirme ve derecelendirme sistemleri (yeşil sertifika sistemleri) önerilen ya da var olan bir binanın çevresel etkilerini değerlendirme amacını taşımakta ve bir tasarım kararının çevre üzerindeki etkisinin ne olacağını anlaşılması konusunda tasarımcılara destek sağlamaktadır. Bu araçlar Athena Sürdürülebilir Malzemeler Enstitüsü tarafından yapılan grupta seviye 3 araçlar kategorisinde yer almakta, hem nesnel hem de öznel veriler içermekte ve nesnel veriler için Seviye-2 araçlar kullanılmasını gerektirmektedir.

Binaların sürdürülebilirlik performansını ölçmek için çeşitli bina çevresel değerlendirme araçları geliştirilmiştir (Papamichael, 2000). Amerika Birleşik Devletleri'nde Amerikan Yeşil Bina Konseyi tarafından geliştirilen LEED, İngiltere'de Bina Araştırma Kurumu tarafından geliştirilen BREEAM, Almanya'da Alman Sürdürülebilir Bina Konseyi ve Ulaştırma, İnşaat ve Kentsel Gelişim Federal Bakanlığı'nun desteği ile geliştirilen DGNB, Kanada'da IISBEE tarafından geliştirilen GBTOOL, Japonya'da JaGBC tarafından geliştirilen CASBEE bu grupta yer alan derecelendirme sistemlerindedir. Bu araçlar genellikle arazi yönetimi, enerji verimliliği, hava ve atmosfer, malzemeler, su verimliliği, iç ortam kalitesi, ulaşım, küresel ısınma, atık ve kirlilik ve ekoloji gibi çeşitli çevresel performans kriterlerini değerlendirmektedir. Her bir kritere atanan puan değerleri sürdürülebilirlik konuları üzerindeki farklı önem ve etkileri hesaba katmak için etkili bir şekilde ağırlıklandırılmakta (Papamichael, 2000) ve sonucunda elde edeceği toplam skora göre binanın çevresel etkisi yani sürdürülebilirlik seviyesi belirlenmiş olmaktadır.

Çevresel değerlendirme ve derecelendirme sistemlerinin (yeşil sertifika sistemleri) çoğunun, binanın enerji tüketimini, su verimliliğini, malzeme kullanımını ve iç çevre kalitesini değerlendiren temel kriterleri birbirleri ile benzerlik göstermektedir (Azhar vd., 2011). Ancak dünya genelindeki yeşil sertifika sistemleri incelendiğinde değerlendirme sonuçlarının farklılaştığı görülmektedir. Bu sistemler, Cole (1999,2005); Crawley ve Aho (1999); Ding (2008); Lee(2013); Berardi (2012); Kajikawa vd., (2011); Chandratilake ve Dias (2013); Haapio (2008) ve Fowler ve Rauch (2006) tarafından yapılan çalışmalarda kapsamlı olarak incelenmiş ve sertifika sistemlerinin birbirleri ile karşılaştırmaları yapılmıştır. Lee (2013) tarafından yapılan çalışmada, değerlendirme sonuçları üzerinde sertifika sistemlerinin önemli etkilerinin olmasına dikkat çekilmektedir. Buna gerekçe olarak sertifika sistemlerinde, değerlendirilen konular için

kredi atanmasına yönelik olarak kullanılan stratejiler gösterilmektedir. Sertifika sistemlerinde değerlendirilen çeşitli alanlara veya konulara ağırlıkların atanması, farklı alanlardaki uzmanlardan görüş isteme yoluyla çalışılmaktadır. Söz konusu görüşlerde ağırlıklandırmanın çevresel önemi yansıtması gerektiği ifade edilmiş olmasına rağmen bu konuda henüz fikir birliği oluşmamıştır. Bu nedenle farklı sertifika sistemleri arasında, öngörülen kriterler ve performans seviyelerinde büyük farklılıklar bulunmaktadır (Lee, 2013). Lee (2013) bu konuda, sürdürülebilirlik değerlendirmesinin yapıldığı bağlamların farklılıklarına vurgu yapmaktadır ve bir değerlendirmenin:

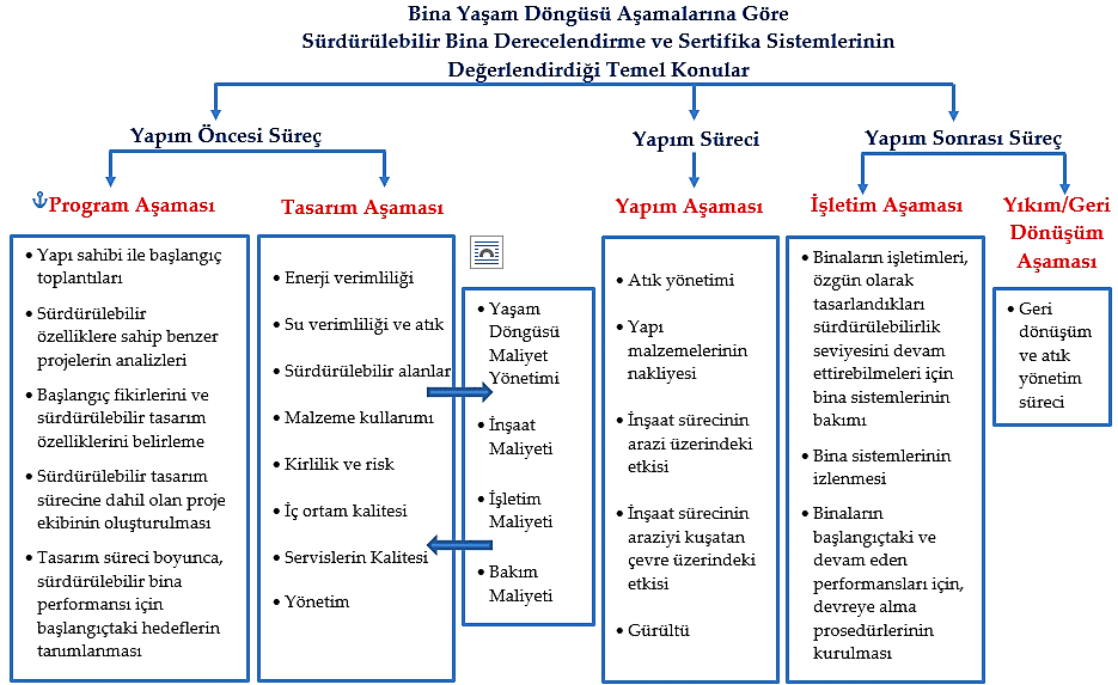
- Tasarım (design) performansı ya da inşa edilmiş (as built) performans temelinde mi olacağı,
- Tahmin edilen (predicted) ya da gerçekleşen (realized) çıktılar temelinde mi olacağı,
- Çevresel (environmental) ya da mali (financial) etkiler temelinde mi olacağı

gibi konuların tartışmalı kalan konular olduğunu belirtmektedir. Cole (1999), bir binanın kullanımındaki performansının, tasarım sırasında tahmin edilen veya beklenen performanstan belirgin şekilde farklı olduğunu altını çizmektedir. Potansiyel performans daha az “gerçek” olmasına rağmen, yine de geliştiricilerin, bina sahiplerinin, tasarımcıların ve binaların üretimiyle ilgilenen diğer herkesin gelecekteki eylemlerine rehberlik etmek için yararlı bilgiler üretebilmektedir. Bununla birlikte stratejik tasarım ile bir binanın yönetilme ve işletilme kolaylığı arasındaki ilişkiyi, yani bina yönetim ve işletim sistemlerinin tasarımını, bina tasarımı ve satın alma sürecinin bir parçası haline getirmeye ihtiyaç duyulmaktadır Bu bağlamda, değerlendirme yöntemlerinin geliştirilmesinde önemli olan “potansiyel” veya “gerçek” bina performansını değerlendirilmesindeki seçimde yatmaktadır (Cole, 1999).

Sertifika sistemlerinin değerlendirme sonuçlarının farklılaşmasında bir diğer önemli faktör Haapio (2008) tarafından, her sertifika sisteminin bina yaşam döngüsünün farklı aşamalarına odaklanarak değerlendirme yapması olarak açıklanmıştır. Buna göre, bazı araçlar tüm yaşam döngüsünü kapsamakta iken, bazıları binanın bakım ve kullanımına daha fazla odaklanmaktadır. Bu araçlar yaşam döngüsünün aynı aşamasını kapsamaktayken bile o aşamayı farklı şekilde ele alabilmektedir. Bir araç bir yaşam döngüsü aşaması için pek çok kriter kullanırken diğer bir araç söz konusu aynı aşama için sadece birkaç kriter kullanıyor olabilmektedir. Dahası, araçlar aynı kriterleri fakat bu kriterlere karşılık gelecek farklı göstergeleri kullanabilmektedirler (Haapio, 2008). Şekil 4.4’te bina derecelendirme ve sertifika sistemlerinin sürdürülebilirlik değerlendirme yaklaşımı bina yaşam döngüsü aşamaları ile ele alınarak her bir aşama için temel değerlendirme konuları belirtilmiştir. Bu yönüyle yaşam döngüsü yaklaşımı sertifika sistemleri için sistematik bir yaklaşım sağlamaktadır.

Lamborn vd., (2006) bütünsel bir yaklaşıma odaklanan bu araçların, amaç ve gereksinimleri özetleyen etkin kontrol listeleri olduklarını ve istenen sonuçlara ulaşmak için önerilen yöntemleri listeleterek olası tasarım çözümlerine dahil etme potansiyeline de sahip olduklarını belirtmektedir. Bu durum çevresel değerlendirme ve

derecelendirme sistemlerinin tasarım sürecini destekleyen araçlar olarak değerlendirilmesini gündeme getirmiştir.



Şekil 4.4. Sürdürülebilir bina derecelendirme ve sertifikasyon sistemlerinin yapı yaşam döngüsü aşamalarına göre değerlendirdiği temel konular (Kaynak: Yazar)

Cole vd., (2005) yeşil sertifika sistemlerinin yaygın kullanımının bina tasarımını nasıl etkilediğini şöyle ifade edilmektedir:

- Yeşil sertifika sistemleri bina ve çevre ile ilgili konularının odak noktası olmasında önemli bir etkiye sahiptir. Söz konusu sistemler tasarım ekibinin üyeleri ve çeşitli sektörler ile yapı endüstrisi arasında çok fazla iletişim ve etkileşim gerektirmesi gibi bir dizi dolaylı fayda sunmaktadır. Yani sertifika sistemleri daha fazla diyalogu ve takım çalışmasını teşvik etmektedir.
- Yeşil sertifika sistemleri maliyet ve uygulama konularının öneminin farkında olarak, bina performansını geliştirme isteğini dikkate alan bir yeşil binayı neyin oluşturduğuna dair bir endüstriyel standart sunmaktadır.
- Yeşil sertifika sistemleri bir dizi çevresel konuyu beyan etmekte ve o konulara önem atfetmektedir. Söz konusu sistemler açık bir şekilde bilgiyi organize etmektedirler. Çevresel konuların sınıflandırılmasında artı ve eksiler nispeten keşfedilmemiş bir konu olmaya devam etmektedir. Yeşil sertifika sistemleri içinde çevresel konuların organize edilmesi netlik ve bir yapısalılık sağlamaktadır.
- Yeşil sertifika sistemleri yapı sektöründeki paydaşlarla iletişimde kullanılacak bina performansının özetini sağlamaktadır. Burada sonuçların gösterildiği

yöntem, çeşitli performans göstergelerinin nasıl ve kimler tarafından kullanıldığı ve anlaşıldığı konusunda doğrudan bir etkiye sahiptir.

- Yeşil sertifika sistemleri yeniliği motive etmektedir. Bu sistemler ekonomik üretim ölçeklerine ulaşmak için, malzeme ve ürün tedarikçilerini çevresel olarak yararlı yeni ürünler, hizmetler ve uygulama geliştirmeleri ve bu yeni teknolojilerin maliyetlerini azaltmaları için teşvik etmektedir.
- Yeşil sertifika sistemleri hem kamusal hem de kurumsal bir politika oluşturmak için bir araç sağlamaktadır.

Soebarto ve Williamson (2001), derecelendirme sistemleri olarak bilinen performans değerlendirme araçlarının, tasarım sürecinde tasarımcıya yardımcı olmak yerine tamamlanmış bir tasarıma onay vermek için oluşturulduklarını belirtmektedir. Soebarto ve Williamson (2001)'a göre, bu araçlar tasarım geliştirme konusunda rehberlik etmekte ve tasarım çözümlerinin karşılaştırılabilirliği konusunda bir fikir vermektedir, ancak genel olarak tasarım sürecinde kullanılacak araçlar olarak yetersiz kalmaktadır. Değerlendirme araçlarında tasarımla ilgili önemli zayıflıklar ise Loots ve Irurah (2005) tarafından aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- değerlendirmeler kendine ait özelleşmiş bilgi kapsamına sahip ayrı/yeni bir alan gibi uygulanmaktadır.
- değerlendirmeler tamamlanmış projelerin denetlenmesi üzerine kurulmuştur ve böylece raporlanan sonuçlar tümüyle tasarım karar verme sürecinden ayrıdır.
- tasarım özeti oluşturma aşamalarında, tasarımda sürdürülebilirlik hedeflerinin belirlenmesini kolaylaştırmak için değerlendirmelerin kullanıldığı durumlarda, bu değerlendirmeler tasarım alternatifleri oluşturmak için bir yöntem ya da önerilen alternatifleri değerlendirme fırsatı sunmaz.
- tasarım kararları ve bunlarla ilgili değerlendirme sonuçları arasında (tanımlayıcı veya görsel) bağlantıların yokluğu değerlendirme ve tasarım süreçlerinin kenetlenmesini önemli ölçüde zayıflatmaktadır.
- değerlendirmeler, belirli karar sonuçları için teknik kanıt sağlayacak olan detaylı denetim kayıtlarını gizleyen basit bir özet formatında (temelde raporlama araçları olarak hizmet etmektedirler) iletilmektedir.

5. SONUÇ

Sürdürülebilir mimari tasarım, projelendirme aşamasından itibaren yapım aşaması, işletim aşaması ve geri dönüşüm aşamasını içeren süreçler bütününe sürdürülebilirlik ilkelerinin dahil edilmek zorunda olduğu bir tasarım anlayışıdır. Uzmanlık gerektiren ve karşılıklı yoğun etkileşim içinde olan çok sayıda çalışma alanının yer aldığı sürdürülebilir tasarım sürecinde pek çok konuda karmaşık hesaplamalar, analizler ve değerlendirmeler yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada "Bina Performansını Yöneten Sistemler", "Yaşam Döngüsü Değerlendirme (LCA) Sistemleri" ve "Sürdürülebilir Bina Derecelendirme ve Sertifikasyon Sistemleri" olarak üç grupta ele alınan sürdürülebilirlik değerlendirme araçları, ihtiyaç duyulan karmaşık hesaplamaların, analizlerin ve değerlendirmelerin yapılabilmesinde farklı ihtiyaçlara

cevap veren araçlar olarak sürdürülebilir tasarım sürecindeki rolleri temelinde değerlendirilmiştir.

Yazılım kategorisi genel başlığı altında konumlandırılan bina performansını değerlendiren simülasyon programları, çeşitli konularda belirlenmiş olan performans göstergelerinin farklı değerler ile değerler analiz edilmesi ve elde edilen performansların karşılaştırılarak en iyi sonucu ortaya koyan tasarım seçeneğine karar verilmesi noktasında, tasarım sürecinde karar desteği sağlayan önemli araçlardır. Sürdürülebilir tasarım sürecinde hedeflenen performans seviyesine ulaşmak konusunda “nasıl yapılmalı?” sorusunun değil, “ne yapılmalı?” sorusunun cevabını aramak için kullanılan bu araçlar, sürdürülebilirlik amaçlarını veya hedeflerini sağlayacak alternatif tasarım seçeneklerinin üretilmesi problemine çözüm olamamakla birlikte, mevcut çözüm önerilerinin sonuçlarının karşılaştırılmasında ve değerlendirilmesinde tasarımcılara önemli bir analiz yöntemi sağlamaktadır. Tasarım sürecinin ilgili aşamalarında belirlenen sürdürülebilirlik gereksinimleri bağlamında bina performans simülasyonları yoluyla analizler yapmak ve bu analizler temelinde kararlar vermek sürdürülebilir yaşam çevrelerinin oluşturulmasında tasarımcılara önemli bir karar desteği sağlamaktadır.

Yaşam döngüsü değerlendirme araçları da yazılım kategorisi genel başlığı altında konumlandırılmaktadır. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, bir yapının/sistemin/yapı malzemesinin tüm yaşamı boyunca neden olduğu çevresel etkilerin rakamlarla ifade edilmesine ve değerlendirilmesine aracılık eden bir süreçtir. Bu nedenle sürdürülebilir bina tasarımında çözüm arayışları için ideal bir yaklaşım olmakta ve alternatif tasarım önerilerinin değerlendirilerek sürdürülebilir olan en uygun çözümün seçilmesinde tasarımcılara önemli bir karar desteği sağlayabilmektedir. Burada en önemli konu henüz planlama evresinde bir yaşam döngüsü değerlendirme yönteminin tasarım sürecine entegre edilmiş olması ve hesaplamaların doğruluğu için yeterli verinin sağlanmış olmasıdır.

Sürdürülebilir bina derecelendirme ve sertifikasyon sistemleri pasif sistemlerdir ve hesaplamalar yapmak yerine, daha önceki değerlendirme sonuçları yardımıyla sürdürülebilir tasarım hedeflerinin formülasyonuna ve planlama-karar verme süreçlerinin yönetilmesine yardım etmektedir. Bu bağlamda söz konusu araçlar tasarım geliştirme konusunda tasarımcılara rehberlik etmekte ve tasarım çözümlerini karşılaştırılabilirliği konusunda bir fikir vermektedir, ancak genel olarak tasarım sürecinde kullanılacak araçlar olarak yetersiz kalmaktadır.

Bu çalışmada ele alınan sürdürülebilirlik değerlendirme araçları, bina tasarımı için hedefleri, amaçları ve/veya gereksinimleri, performans değerlendirmesi için ise analiz ve değerlendirmelerin temel sonuçlarını ortaya koyan performans göstergelerinin sürdürülebilir tasarım sürecine dahil edilmesine yönelik yapısal bir yöntem sağlamakta ve bu şekilde tasarım sürecinde tasarımcılara karar desteği oluşturabilmektedir. Bu bağlamda bina sürdürülebilirlik değerlendirme araçlarının mimari tasarım sürecinde önemli sürdürülebilirlik konuları üzerinde karar verme sürecinin bir parçası olarak rol

oynayabilmesi mümkündür. Bu araçlar, sürdürülebilirlik değerlendirmesi ile karar verme çerçevesi arasındaki arayüz olarak tasarımcıların, farklı seçimlerinin sonuçlarını anlamalarına yardımcı olmakta, karar verme sürecine bilgi sağlamakta ve bu şekilde bina sürdürülebilirlik performansının iyileştirilmesine hizmet etmektedir. Tasarım çözümleri üretmedikleri için sürdürülebilir tasarım sürecinde kullanılacak tasarım araçları olarak yetersiz kalmalarına rağmen, tasarım kararlarının oluşturulmasında, bu kararların değerlendirilmesinde, tasarım alternatiflerinin oluşturulmasında ve tasarım alternatifleri arasından optimum olanın seçilmesinde, bu araçların tasarımcılara karar desteği oluşturma potansiyelleri oldukça önemlidir. Bu bağlamda, bu araçların sürdürülebilir tasarım sürecindeki karmaşık hesaplamaların, değerlendirmelerin ve süreçlerin yapılandırılmasında ve yönetilmesinde çok önemli bir rol oynayacağı göz önünde bulundurularak sürdürülebilirlik değerlendirme araçlarının tasarım sürecinde kullanılma potansiyelleri geliştirilmeli ve en erken aşamalarında itibaren sürdürülebilir tasarım sürecine entegre edilmeleri sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

- Ali, H. H. ve Nsairat, S.F. (2009). Developing a green building assessment tool for developing countries – Case of Jordan. *Building and Environment*, 44, 1053– 1064.
- Assefaa, G. Glaumannb, M. Malmqvistc, T. Kindembed, B. Hulte, M. Myhre, U. ve Eriksson, O. (2007). Environmental Assessment of Building Properties-Where Natural and Social Sciences Meet: The Case of EcoEffect. *Building and Environment*, 42, 1458–1464.
- Azhar, S., Carlton, W. A., Olsen, D. ve Ahmad, I. (2011). Building information modeling for sustainable design and LEED rating analysis. *Automation in Construction*, 20, 217–224.
- Berardi, U. (2013). Clarifying the new interpretations of the concept of sustainable building. *Sustainable Cities and Society*, 8, 72–78.
- Braganca, L., Mateus, R. ve Koukkari, H. (2010). Building Sustainability Assessment. *Sustainability*, 2, 2010-2023.
- Chandratilake, S.R. ve Dias, W.P.S. (2013). Sustainability rating systems for buildings: Comparisons and correlations. *Energy*, 59, 22-28.
- Cole, R. J. (1997). Prioritizing Environmental Criteria in Building Design and Assessment. P.S. Brandon, P.L. Lombardi ve V. Bentivegna (Eds.). *Evaluation of the Built Environment for Sustainability* içinde (183-199), London: E & FN Spon.
- Cole, R. J. (1999). Building environmental assessment methods: clarifying intentions. *Building Research & Information*, 27 (4-5), 230-246.
- Cole, R. J. (2005). Building Environmental Assessment Methods: Redefining Intentions and Roles. *Building Research & Information*, 35(5), 455-467.

- Doğan, G. (2020). Bina Tasarımında Karar Desteği Olarak Sürdürülebilirlik Değerlendirme Araçları. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST)*, 3 (1): 66-91.
- Cole, R. J., Ikaga, T., Howard, N. ve Nibel, S. (2005). Building Environmental Assessment Tools: Current and Future Roles. Issue paper, *World Sustainable Building Conference*, Tokyo.
- Crawley, D. ve Aho, I. (1999). Building environmental assessment methods: applications and development trends. *Building Research & Information*, 27(4), 300-308.
- Ding, G. K. C. (2008). Sustainable construction-The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management*, 86, 451-464.
- Ebert, T. Ebig, N. ve Hauser, G. (2011). Green Building Certification Systems: Assessing Sustainability-International System Comparison-Economic Impact of Certifications. *Detail Green Books*. Munich: Institute for International Documentation of Architecture.
- Fenner, R. A. ve Ryce, T. (2008). A comparative analysis of two building rating systems Part 1: Evaluation. *Proceedings of the ICE-Engineering Sustainability*, 161(1), 55-63.
- Fowler, K.M. ve Rauch, E.M. (2006). *Sustainable Building Rating Systems Summary*. PNNL 15858. Pacific Northwest National Laboratory.
- Haapio, A. (2008). *Environmental Assessment of Buildings*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Espoo, Finland: Helsinki University of Technology.
- Haapio, A. ve Viitaniemi, P. (2008). A Critical Review of Building Environmental Assessment Tools. *Environmental Impact Assessment Review*, 28, 469-482.
- Hopfe, C. J. (2009). *Uncertainty and sensitivity analysis in building performance simulation for decision support and design optimization*. Doktora tezi. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Kajikawa, Y., Inoue, T. ve Goh, T. N. (2011). Analysis of building environment assessment frameworks and their implications for sustainability indicators. *Sustain Sci*, 6:233-246.
- Kim, J. J. ve Rigdon, B. (1998). Sustainable Architecture Module: Introduction to Sustainable Design. *National Pollution Prevention Center for Higher Education*. The University of Michigan, Michigan, 8-15.
- Kohler, N. (1999). The Relevance of the Green Building Challenge: an Observer's Perspective. *Building Research & Information*, 27, 309-320.
- Lamborn, C., Altomonte, S., Luther, M. B. ve Fuller, R. (2006). Ecologically Sustainable Development and Architecture: the impact of rating tools. *The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture-PLEA2006*. 6-8 September 2006. Geneva, Switzerland.
- Lee, W. L. (2013). A comprehensive review of metrics of building environmental assessment schemes. *Energy and Buildings*, 62, 403-413. Lefebvre, H. (1991). *The Social Production of Space*. Oxford: Blackwell.

- Loh E., Crosbie T., Dawood N. ve Dean, J. (2010). A framework and decision support system to increase building life cycle energy performance, *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 15, 337-353.
- Loots, M. J. ve Irurah, D. K. (2005). Towards Integration of Sustainability Performance Assessment Outcomes Into Design Decision-Making Processes for Buildings in Southern Africa. *World Sustainable Building Conference*, September 27-29, Tokyo.
- Malmqvist, T., Glaumann, M., Scarpellini, S., Zabalza, I., Aranda, A., Llera, E. ve Díaz, S. (2010). Life cycle assessment in buildings: The ENSLIC simplified method and guidelines. *Energy*, 1-8.
- Mclennan, J. F. (2004). *The Philosophy Of Sustainable Design*, Ecotone.
- Magent, C. S., Korkmaz, S., Klotz, L. E., ve Riley, D. R. (2011). A Design Process Evaluation Method for Sustainable Buildings. *Architectural Engineering and Design Management*, 5:1-2, 62-74.
- Mateus, R. ve Bragança, L. (2011). Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBTool. *Building and Environment*, 46, 1962-1971.
- Morbitzer, C. A., Srtachan, P., Webster, J., Spires, B. ve Cafferty, D. (2001). Integration of Building Simulation into the Design Process of an Architecture Practice. *Seventh International IBPSA Conference*. Rio de Janeiro, Brazil. 13-15 August.
- Morbitzer, C. A. (2003). *Towards the Integration of Simulation into the Building Design Process*. Doktora Tezi. Energy System Research Unit Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde.
- Papamichael, K. (2000). Green building performance prediction/assessment. *Building Research & Information*, 28(5-6), 394-402.
- Sassi, P. (2006). *Strategies for Sustainable Architecture*. Taylor & Francis.
- Soebarto, V. I. ve Williamson T. J. (2001). Multi-criteria assessment of building performance: theory and implementation. *Building and Environment*, 36, 681-690.
- Stender M. ve Walter, A. (2018). The role of social sustainability in building assessment. *Building Research & Information*, 47 (1), 1-13.
- Trusty, W. B. (2000). Introducing assessment tool classification system. *Advanced Building Newsletter*, 25(7), Athena Classification, Athena Institute, Canada.
- Wang, W., Zmeureanua, R. ve Rivard, H. (2005). Applying multi-objective genetic algorithms in green building design optimization. *Building and Environment*, 40, 1512-1525.
- Wilde, P. 2004. *Computational Support for the Selection of Energy Saving Building Components*. Doktora Tezi. TU Delft.

Doğan, G. (2020). Bina Tasarımında Karar Desteği Olarak Sürdürülebilirlik Değerlendirme Araçları. GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST), 3 (1): 66-91.

Wilde, P. ve Voorden, M. (2003). Computational Support for the Selection of Energy Saving Building Components. *Eighth International IBPSA Conference*, Eindhoven, Netherlands. August, 11-14.

http-1: IEA Annex 31, (2004). Energy related environmental impact of buildings. http://www.iisbe.org/annex31/pdf/D_types_tools.pdf (Erişim Tarihi: 19.01.2020).