

CEPHE KAPLAMA SİSTEMLERİNİN UYGULAMA SÜREÇLERİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Buket Metin¹

Doç. Dr. Ashhan Tavil²

Konu Başlık No: 4 Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Sürdürülebilir bir yapıdan söz edebilmek enerji kullanımının ve çevreye olan etkilerin yapının yaşam döngüsü boyunca her bir evresinde göz önünde bulundurulması ile mümkün olabilmektedir. Yapının yaşam döngüsü boyunca kullanılan enerji miktarı ve çevreye olan etkileri üzerinde tasarım aşamasında alınan kararlar, malzeme seçimi, yapım süreci ve kullanım evresi etkili olurken, yapım sürecinin çevresel sürdürülebilirliğe etkisi tam olarak bilinmemektedir.

Yapım sürecinde çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması, her bir aşamadaki enerji ve kaynak kullanımı ile çevreye olan salınımların kontrol edilmesi ile mümkün olacaktır. Bu nedenle yapım sürecinde çevresel sürdürülebilirliği etkileyen ölçütlerin sürecin her bir aşaması için belirlenmesi, sürecin bu ölçütler bağlamında planlanması ve işleyişinin kontrol edilmesi yapım süreçlerinde sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önemlidir.

Bu çalışmada cephe kaplama sistemlerinin uygulama süreçlerinin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini değerlendirmek için oluşturulan öneri değerlendirme yöntemi tanıtılmıştır. Değerlendirme ölçütleri süre, kaynak kullanımı, yapım alanı koşulları ve yapım atıkları olarak belirlenmiştir. Churchmann ve Ackoff tarafından bireysel tercihlerin ağırlıkları için önerilen yöntem kullanılarak ölçütlere ağırlık verilmesi ile farklı uygulama süreçlerinin karşılaştırılmasına olanak sağlayacak sayısal bir yöntem oluşturulmuştur. Çalışmanın sonunda porselen karo cephe kaplama sistemlerinin uygulama süreçlerinin sürdürülebilirlik düzeyinin belirlenmesine yönelik bir pilot çalışma tanıtılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER

Yapım süreci, çevresel sürdürülebilirlik, cephe kaplama sistemleri, Churchmann & Ackoff yöntemi, bina yaşam döngüsü

¹ Buket Metin, Mimar (İTÜ), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık A.B.D., Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Yüksek Lisans Programı Öğrencisi, Taşkışla, 34437-Taksim - İstanbul, Tel: 0212 2931300 / 2271, buketmetin@itu.edu.tr

² Ashhan Tavil, Doç. Dr. (İTÜ), İTÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi A.B.D., Taşkışla, 34437-Taksim - İstanbul, Tel: 0212 2931300 / 2356, Faks: 0212- 2514895, tavil@itu.edu.tr

1. GİRİŞ

Sürdürülebilir gelişme, temel çevresel, sosyal ve ekonomik servislerin, bu servislerin dağılımını etkileyen doğal, yapma ve sosyal sistemlerin yaşama yeteneğini tehdit etmeden toplumun tüm yaşam alanlarına dağıtılmasıdır [1]. Tam ve etkin bir sürdürülebilir gelişmeden söz edebilmek için sosyal, çevresel ve ekonomik faktörler arasındaki ilişkinin anlaşılabilir dengenin sağlanması ve korunması gerekmektedir. Son yıllarda sürdürülebilir gelişme konularına karşı oluşan küresel ilgi, endüstrileri sürdürülebilirlik çerçevesi içindeki konumlarını belirlemek için öz değerlendirmeye ve daha da önemlisi bu amaca katkıda bulunmak için gerekli araçları, fırsatları, stratejileri ve teknolojileri tanımlamaya zorlamıştır [2].

Ekonomiye katkısının payı, güçlü çevresel ve sosyal etkilere sahip olması, sürdürülebilir gelişme ve yapı endüstrisi arasındaki ilişkinin önemini belirgin hale getirmektedir [3]. Özellikle küresel çevresel sorunların artışı ile birlikte açığa çıkan sürdürülebilir yapı ihtiyacı yapı endüstrisinin sürdürülebilir gelişme hedeflerini belirlemede önemli rol oynamaktadır. Yapı endüstrisi, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması adına sürdürülebilir ve ekolojik yapıların tasarım ve yapımına önem vermeye başlamıştır. Malzeme endüstrisindeki gelişmeler ile ekolojik yapı malzemelerinin kullanımı ve enerji etkin bina sistemleri sektörün başlıca ilgi alanlarını oluşturmaktadır. Ancak, malzeme ve bileşen üretiminin optimize edilmesi ve binanın kullanım aşamasında kullandığı enerji miktarının azaltılması, binanın tüm yaşam döngüsü ile ilişkili sorunların çözülmesinde yeterli değildir [4]. Yaşam döngüsü yaklaşımı sürdürülebilirliğin temelini oluşturmaktadır ve inşaat sektörünün, bina yaşam döngüsünün her bir evresini göz önüne alarak sürdürülebilirlik bağlamında hedeflerini ortaya koyması gerekmektedir.

Bina yaşam döngüsü yapıya olan talep ve gereksinim ile başlayan tasarım, yapım, kullanım-işletme, bakım-onarım, yenileme aşamaları ile devam eden ve binanın yok olması ile yeniden başa dönen bir çevrimdir. Bina yaşam döngüsünün her bir evresinde doğal kaynakların, enerji ve su tüketiminin yanı sıra, havaya, suya ve toprağa yapılan salınımlar ile çevreye verilen zararların kontrol edilmesi önem kazanmaktadır. Etkin ve tam bir sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için, kaynak kullanımı ve çevreye olan etkiler, bina yaşam döngüsünün her bir evresi için ayrıntılı olarak analiz edilmelidir. Değerlendirme, tüm yaşam döngüsüne referans vermeli ve daha kısa süreli yaşam döngüleri ile karakterize edilmiş endüstriyel ürünlerin ele alınmasında olduğu gibi sadece malzeme ve bileşenlerin yapı alanı dışındaki üretim işleri ile sınırlandırılmamalıdır [4]. Sürdürülebilirliğin bina yaşam döngüsünün her evresinde planlanması ve yönetilmesi ile yapma çevre kalitesi artarken, çevreye olan etkilerin ve kaynak kullanımının azaltılması mümkün olabilecektir.

Bina yaşam döngüsü boyunca kullanılan enerji miktarı ve çevreye olan etkiler üzerinde büyük oranda planlama ve tasarım aşamasında alınan kararlar, malzeme seçimi ve kullanım evresi etkili olurken, yapım sürecinin sürdürülebilirliğe etkisi tam olarak bilinmemektedir. Tüm yaşam döngüsü göz önünde bulundurulduğunda yapım aşaması genellikle göz ardı edilmekte ve bu durum çevresel faktörlerin yapma çevre üzerindeki etkilerini anlamada boşluklar oluşmasına sebep olmaktadır [5]. Önceki ve devam eden çalışmalar genellikle yapımdan kaynaklanan önemli çevresel etkileri dikkate almayarak yapım aşamasını göz ardı etmişler ve malzeme ile kullanım aşamalarına odaklanmışlardır [5]. Yapım süreci, yaşam döngüsü içerisinde küçük bir paya sahip olması ve toplam enerji tüketiminin küçük bir kısmını etkilemesi nedeniyle çoğu zaman göz ardı edilebilmektedir. Ancak diğer evrelerde olduğu gibi yapım evresinde kullanılan enerji miktarı ve açığa çıkan çevresel etkiler uzun vadede ekolojik çevreye zarar verebilmekte ve bu durum yaşam döngüsü boyunca sürdürülebilirlik yaklaşımını olumsuz etkilemektedir.

Yapım sürecinin birçok alt süreçten oluşan karmaşık bir yapıya sahip olması bu süreçte sürdürülebilirliğin sağlanmasını zorlaştıran en önemli etkenlerden biridir. Yapım süreci söz konusu olduğunda, göz önünde bulundurulması gereken birçok faktör vardır. Ayrıca yapım sürecinde çevresel etkilerin sayısal olarak değerlendirilmesi, yapım bilgilerinin belirsizliği sebebiyle zordur. Yaygın bir şekilde güvenilir veri yoktur, çünkü yapı endüstrisi salınımları ya da atıkları kalıcı ve sürekli olarak rapor etmez. Yapım aşaması için yaşam döngüsü analizi hakkında yayınlanmış araştırmalar sınırlıdır ve yöntem konusunda görüş birliği ya da sayısallaştırma henüz geliştirilmemiştir [5].

Yapım sürecinde sürdürülebilirliğin sağlanması, her bir aşamadaki enerji ve kaynak kullanımı ile çevreye olan salınımların kontrol edilmesi ile mümkün olacaktır. Bu yüzden, yapım sürecinin sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini anlayabilmek için, yapı sistemini oluşturan her bir alt sistem için sürecin ayrıntılı olarak analiz edilmesi gerekmektedir. Yapım süreçlerinin işleyişi üzerinde yapım tekniklerinin etkisi önem kazanmaktadır. Yapım tekniklerine bağlı olarak yapım sürecinde kullanılan kaynak ve enerji miktarı ile çevreye verilen zararın oranı değişebilmektedir. Bu nedenle yapım tekniklerine bağlı olarak sürecin her bir aşaması için girdilerin ve çıktılarının tanımlanması ve çevresel sürdürülebilirliği etkileyen ölçütlerin belirlenmesi yapım süreci-çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkinin anlaşılmasında önemlidir.

Bu çalışmada yapım süreçleri-çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkinin anlaşılması amacıyla, cephe kaplama sistemleri uygulama süreçlerinin uygulama tekniklerine bağlı olarak değerlendirilmesi için önerilen yöntem tanıtılmaktadır. Cephe kaplama sistemi seçimi, malzeme endüstrisindeki yenilikler ve teknolojik gelişmeler sonucu malzeme ve uygulama tekniği seçeneklerinin artması nedeniyle, yapı kabuğu tasarımının karmaşık aşamalarından biridir. Bu nedenle cephe kaplama sistemlerinin sadece malzeme bağlamında değil, uygulama süreçleri açısından da sürdürülebilirliğe olan etkilerinin analiz edilmesinin, tasarım aşamasında karar vericilere yardımcı olacağı düşünülmektedir. Uygulama süreçleri ile ilgili sayısal verilerin bulunmaması nedeniyle sürecin analiz edilerek çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki olası etkilerinin belirlenmesi ve derecelendirilmesi ile sözel verilere dayanan sayısal bir değerlendirme yöntemi öngörülmüştür. Bu amaçla Churchmann ve Ackoff tarafından bireysel tercihlerin ağırlıkları için önerilen yöntem kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda açıklanan pilot çalışma kapsamında, porselen karo cephe kaplama sistemlerine ilişkin uygulama süreçleri farklı uygulama teknikleri bağlamında incelenmiş ve farklı uygulama tekniklerinin çevresel sürdürülebilirliğe olan etkileri araştırılmıştır.

2. YAPIM SÜRECİ-ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İLİŞKİSİ

Yaşam döngüsünün tüm evreleri gibi yapım sürecinin de çevre üzerindeki etkileri çevresel sürdürülebilirlik bağlamında önemli olmaktadır. Tasarım aşamasında yalnızca malzeme seçimi ve yapımın kullanım aşamasına yönelik olarak verilen kararlar yeterli olmamaktadır. Yapım teknikleri, araç-gereç kullanımı ve işçilik gibi yapım sürecini etkileyen konularda seçenekler belirlenmeli ve tasarım aşamasında gerekli kararlar alınarak sürecin çevresel etkileri kontrol edilmelidir. Yapım süresince kontrol edilmesi gereken çevresel faktörler gürültü, toz ve havaya zararlı gazların salınımı, su ve enerji tüketimi, atıklar, toprağın ve yer altı kaynaklarının korunması şeklinde sıralanabilir [4].

Yapıların çevreye olan etkileri doğru tasarım ve yapım işlerinin doğru planlanması ile kontrol altında tutulabilir. Yeşil yapı değerlendirme araçlarından biri olan LEED ve Green Globe gibi yapı değerlendirme standartlarında yapım sürecinde yönetilmesi gereken başlıca konular yapım atıklarının kontrolü, erozyon ve sedimantasyon kontrolü, yapım işlerinin çevre ve iç ortam hava kalitesi üzerindeki etkilerini kısıtlamak olarak tanımlanmıştır [6]. Yapının sürdürülebilirlik derecesini artırmak için yapım süreci boyunca göz önünde bulundurulması gereken faktörlerden bazıları genel olarak şu şekilde sıralanabilir [6]:

- Arazi koruma planı
- Sağlık ve güvenlik planı
- Yapım ve söküm atıkları yönetimi
- Alt-yüklenici eğitimi
- Yapım işlerinin etkilerini azaltma
- Malzemelerin yükleme-boşaltma ve montaj aktiviteleri
- İç ortam hava kalitesinin yapım süresince korunması

LEED ya da Green Globe gibi standartlarda tanımlanmamış olmakla birlikte, arazi koruma planı çevre dostu yapıların üretimi için önemli olmaktadır. Arazi koruma planı; mevcut bitki örtüsü ve ağaçların korunması, malzemeler ve atıklar için depolama alanlarını da içeren yapım alanına ulaşım planı, atık su ve erozyon kontrolü, mevcut yüzey toprağının yeniden kullanım için korunması, toz, duman, koku vb. etkilerin azaltılması ve gürültü kontrolü gibi konuları içermelidir [6]. Yapım alanına olan etkilerin

azaltılması yapım işlerinin doğru planlaması ve yönetiminin yanı sıra arazinin mevcut formuna ve ekosisteme zarar verebilecek ağır araçların kullanımının engellenmesi ile mümkün olacaktır [3].

Yapım alanında çalışan işçiler için sağlık ve güvenlik planlaması önem kazanmaktadır. Özellikle toksik olmayan yapı malzemelerinin kullanılması işçilerin sağlığı ve güvenliği için son derece önemlidir [3]. Sağlık ve güvenlik planlaması; yapım alanı ile yaşama alanlarının birbirinden ayrılması ve korunmasının sağlanması, yapım işleri sırasında açığa çıkan toz, duman, parçacıklar ve organik uçucu bileşenleri içeren hava akımlarından koruma, organik uçucu bileşenlere sebep olabilecek yapım işlerinin planlanması ile bunlara maruz kalabileceklerin sayısının azaltılması gibi konuları içermelidir. Yapım atıklarının yönetimi kaynak kullanımının azaltılması, malzemelerin yeniden kullanımı ve atıkların geri dönüşümünün sağlanması için fırsatların ortaya çıkmasında avantaj sağlamaktadır [6]. Yapım atıklarının yönetimi çevresel etkilerin azaltılmasında kritik bir stratejidir. Geri kazanım kutuları ve geri kazanıma uygun malzemeler için yeterli depolama alanlarının ayrılması atık yönetimi açısından önemli olmakla birlikte, kaynak kullanımını da azaltacaktır [3].

Yapı projelerinde en önemli gruplardan birisi alt-yüklenicilerdir. Yükleniciler günümüz yapı endüstrisinde gerçekleştirilen işleri üstlenmek yerine alt-yüklenicilerin organize edilmesi ve yönetilmesi ile ilgilenmektedir. Yapım işleri alt-yükleniciler tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle alt-yüklenicilerin yeşil yapı projelerinin konvansiyonel yapı projelerinden farklı olduğu konusunda bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle yapım atıkları yönetimi ve iç ortam hava kalitesi planlarının nasıl hazırlanması gerektiği konularında eğitim almaları zorunlu olmalıdır. Yapım işlerinin etkilerini azaltmanın amacı mevcut arazi kullanımının fonksiyonlarının ve ekolojik sistemlerin mümkün olduğunca korunmasını sağlamaktır. Yapım işlerinin fiziksel etkilerinin azaltılmasında; yapım alanının mevcut durumunun doğal, tarihi ve kültürel özelliklerinin kayıt altına alınması, ağır iş makineleri için park alanlarının belirlenmesi, yapım alanı içinde trafiğe, ağır iş makinelerinin kullanımına ve depolamaya kapalı olması gereken alanların belirlenmesi, bitki örtüsünün korunması için gerekli yöntemlerin belirlenmesi, yapım alanının temizliğinde kullanılacak en az etkili yöntemin seçilmesi ve yapım süresince yüzey suyu akışının etkilerinin araştırılması konuları önem kazanmaktadır [6].

2. YÖNTEM ÖNERİSİ

Farklı yapım tekniklerine bağlı olarak yapım süreçlerinin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini araştırabilmek için karşılaştırma yapmaya olanak tanıyacak bir yöntem gereksinimi vardır. Bu amaçla Churchmann ve Ackoff tarafından geliştirilen ve bireysel tercihlerin ağırlıkları için önerilen yöntem kullanılarak, cephe kaplama sistemlerinin uygulama süreçlerinde sürdürülebilirliğin değerlendirilmesine yönelik bir yöntem geliştirilmiştir [7]. Bu yöntem yardımıyla sürdürülebilirlik üzerindeki olası etkiler sıralanarak, her birine sayısal değer verilebilmektedir.

Cephe kaplama sistemlerinin uygulama süreçlerinde sürdürülebilirliği etkileyen ölçütler (Ö) literatür araştırmaları ve firma görüşmelerinden elde edilen verilere dayanarak belirlendikten sonra, her bir ölçüt için sürdürülebilirliğe olan etkilerini belirleyecek alt ölçüt (AÖ) grupları ve her alt ölçüt grubu için olası durumlar (OD) belirlenmiştir. Her bir alt ölçüt grubu Churchmann ve Ackoff yöntemine göre eşit derecede etkili kabul edilerek, olası durumların ağırlıkları saptanmıştır. Böylece farklı cephe kaplama sistemlerinin, farklı uygulama teknikleri bağlamında uygulama süreçlerinin sürdürülebilirliğe olan etkilerini belirlemek ve karşılaştırma yapabilmek için sözel verilere dayanan sayısal bir değerlendirme yöntemi oluşturulmuştur. Her ölçüt grubu için, değerlendirmede kullanılmak üzere, alt ölçütleri, olası durumları ve önem katsayılarını içeren değerlendirme tabloları oluşturulmuştur.

2.1 Ölçütlerin Saptanması

Yapım süreçlerinin başlıca aşamaları malzemelerin yapı alanına taşınması, yapı alanı içindeki yükleme ve boşaltmalar, malzemelerin depolanması ve uygulama süreci olarak tanımlanmaktadır [4]. Cephe kaplama sistemleri için uygulama tekniklerine bağlı olarak uygulama sürecinin girdileri, çıktıları ve sürecin çevresel etkileri literatür araştırmaları ve firma görüşmelerinden elde edilen verilere dayanarak tanımlanmıştır. Daha sonra sürdürülebilirliği etkileyen ölçütler (Ö) çevre, ekosistem, insan sağlığı ve

doğal kaynaklar üzerindeki etkiler göz önüne alınarak **süre, kaynak kullanımı, yapım alanı koşulları ve yapım atıkları** olarak belirlenmiştir.

2.1.1 Süre

Uygulama süresi, sürdürülebilirliği belirlemede en önemli etkenlerden biridir. Uygulamayı kısa bir sürede tamamlamak çevreye olan etkileri azaltacaktır. Uygulama süresi ölçütünü etkileyen alt ölçütler (AÖ) konstrüksiyonun türü, bağlantı malzemesinin ve cephe kaplama sisteminin bitmişlik düzeyi ve işçilerin uygulamaya yönelik bilgi seviyesi olarak belirlenmiştir. Süre ölçütünün sürdürülebilirliğe olan etkilerini belirleyen olası durumlar (OD) alt ölçütlere bağlı olarak şu şekilde sıralanabilir:

- Uygulama için kullanılacak konstrüksiyonun türü, bileşen sayısına bağlı olarak montaj süresini etkilemektedir. Örneğin; mevcut duvar gövdesi kullanımı, metal/ahşap alt konstrüksiyon kullanılan sistemlere göre uygulamanın daha kısa sürede bitmesini sağlayacaktır.
- Hazır bağlantı malzemelerinin (ankraj, klips vb.) kullanımı uygulama süresini kısaltırken, yerinde hazırlanan bağlantı malzemelerinin (yapıştırıcı, sıva vb.) kullanılması sürenin artmasına sebep olmaktadır.
- Montajdan sonra boya, sıva vb. ekstra uygulama gerektiren sistemler yapılacak işin miktarını, dolayısıyla uygulama süresini arttırmaktadır.
- İşçilerin belli bir uygulama tekniği için özel olarak eğitilmesi ve deneyim kazanması ile aynı iş düz işçi tarafından montajı yapılan bir sistemle karşılaştırıldığında daha kısa bir sürede ve daha yüksek kalite düzeyinde tamamlanabilmektedir.

2.1.2 Kaynak Kullanımı

Global kaynakların yaklaşık %50'si inşaat sektörü tarafından tüketilmektedir (Edwards and Hyett, 2001, alıntı yapılmış, Sev) [3]. Tüm yapı aktiviteleri su, enerji ve malzeme gibi bazı dünya kaynaklarının bileşenlerinin kullanımı, yeniden dağıtılması ve bir araya getirilmesini içermektedir [3]. Uygulama sürecinde kaynak kullanımı su, elektrik, yakıt, işgücü ve sistem bileşenlerine bağlı olarak malzeme kullanımını kapsamaktadır. Kaynak kullanımı ölçütünü etkileyen alt ölçütler (AÖ) yapım alanındaki malzeme taşıma, yükseltme vb. işleri, konstrüksiyonun, araç-gereçlerin ve bağlantı malzemelerinin türü olarak belirlenmiştir. Kaynak kullanımı ölçütünün sürdürülebilirliğe olan etkilerini belirleyen olası durumlar (OD) alt ölçütlere bağlı olarak şu şekilde sıralanabilir:

- Malzemelerin yapım alanı içinde taşınması için kullanılan araç-gereçler, iş makineleri vb. kaynak kullanımını etkilemektedir. Konvansiyonel araçlar ve insan gücü kullanılarak taşınabilen malzemeler daha az enerji kullanımına sebep olurken, iş makineleri ile taşınması, yükseltilmesi vb. gereken malzemeler yakıt tüketimine, dolayısıyla daha çok enerji kullanımına sebep olmaktadır.
- Konstrüksiyonun türü kullanılan malzeme miktarını etkilemektedir. Bazı sistemler herhangi bir ek konstrüksiyon olmadan uygulanabilirken, bazı sistemler düşey ve/veya yatay konstrüksiyon ya da duvar gövdesi üzerine uygulanabilmektedir.
- Yerinde hazırlanan bağlantı malzemeleri (yapıştırıcı, sıva vb.), hazır bağlantı malzemeleri (ankraj, klips vb.) ile karşılaştırıldığında hazırlanma sürecinde su, elektrik vb. kullanımı sebebiyle kaynak kullanımının artmasına sebep olmaktadır.
- Teknolojik araç-gereçler (elektrikli el aletleri, iş makineleri vb.), konvansiyonel araç-gereçlerle karşılaştırıldığında yakıt ve elektrik tüketimi dolayısıyla çevreye daha çok zarar vermektedir.

2.1.3 Yapım Alanı Koşulları

Yapım alanı koşulları işçi sağlığı ve güvenliği ile işçilerin çalışma performansını etkilemektedir. Yapım alanı koşulları ölçütünü etkileyen alt ölçütler (AÖ) işçi sağlığı, işçi güvenliği, işçilerin çalışma koşulları ve gürültü kontrolü olarak belirlenmiştir. Yapım alanı koşulları ölçütünün sürdürülebilirliğe olan etkilerini belirleyen olası durumlar (OD) alt ölçütlere bağlı olarak şu şekilde sıralanabilir:

- Yerinde hazırlanan bağlantı malzemeleri (yapıştırıcı, sıva vb.) hazırlanma sürecinde ve montaj aşamasında VOC (uçucu organik bileşenler), toz vb. tehlikeli salınımlar açığa çıkarması nedeniyle işçi sağlığına zarar verebilmektedir.
- İşçi güvenliği planlanması ve uygulama süreci boyunca kontrol edilmesi gereken önemli bir konudur. İşçiler için güvenli ve sağlıklı çalışma koşullarının sağlanması gerekmektedir.
- Çalışma ve yapım alanı koşulları, işçi performansını etkilemesi bakımından önemlidir. İşçiler için yapım alanında gerekli tesislerin uygun koşullarda sağlanması (barınma, yemekhane vb.) işçilerin performansını olumlu yönde etkilerken, yapılan işin kalitesini de arttırmaktadır.
- Gürültü kontrolü uygulama süreci boyunca göz önünde bulundurulması gereken önemli bir konudur. Yapım alanındaki gürültü sadece işçi sağlığını etkilemekle kalmayarak, yapım alanı çevresinde yaşayan insanları da etkilemektedir. Teknolojik araç-gereç kullanımı konvansiyonel araç-gereçlere kıyasla yapım alanındaki gürültü seviyesini arttırmaktadır.

2.1.4 Yapım Atıkları

Katı atıklar çevresel sürdürülebilirlik bağlamında ele alınması gereken en önemli problemlerden birini oluşturmaktadır. Yapı endüstrisi yapım ve söküm aşamasında açığa çıkan atıklar için dolgu alanları bulma problemi ile karşı karşıya kalmaktadır [8]. Ancak yeniden kullanım, yeniden üretim ve geri dönüşüm sürdürülebilirlik bağlamında özellikle üzerinde durulması gereken konular olmalıdır [9]. Yapım atıkları ölçütünü etkileyen alt ölçütler (AÖ) yapım atıklarının yönetimi, yeniden kullanım, yeniden üretim ve geri dönüşüm olarak belirlenmiştir. Yapım atıkları ölçütünün sürdürülebilirliğe olan etkilerini belirleyen olası durumlar (OD) alt ölçütlere bağlı olarak şu şekilde sıralanabilir:

- Yapım atıklarının yönetimi yeniden kullanım, yeniden üretim ve geri dönüşüm ile ilgili işlerin yönetimi ile ilgilidir. Atık yönetiminin başlıca konuları, yapım alanına özel atık yönetimi planının hazırlanması ve bunun yapım dokümanları içinde yer almasını kapsamaktadır [8]. Yapım süresince açığa çıkan kâğıt, malzeme parçaları vb. katı yapım atıkları toplanarak sınıflandırılmalı ve uygun alanlarda depolanması için gerekli çalışmalar yapılmalıdır.
- Yeniden kullanılabilir malzeme bir kullanımdan ya da uygulamadan sonra orijinal formunu kaybetmeden ve daha basit parçalarına ya da bileşenlerine ayrıştırılması gerekmeden verimli kullanımını devam ettirebilen malzemedir [9]. Cephe kaplama sistemleri söz konusu olduğunda yeniden kullanım, uygulama tekniğinin malzemenin yeniden kullanım potansiyeline olan etkisi ile ilgilidir. Uygulama tekniği söküm aşamasında malzemenin daha az zarar görmesini sağlıyorsa, bu malzemeler daha sonra yeni bir sistemin yapımında kullanılabilir.
- Geri dönüştürülebilir malzeme, tamamen ya da kısmen daha basit parçalarına ya da bileşenlerine ayrıştırılarak yeni bir üründe kullanılmak üzere verimli kullanımı tekrar sağlanabilen malzemedir [9]. Geri dönüşüm, malzemenin orijinal form ve yapıda olmasını gerektirmez. Cephe kaplama sisteminin uygulama tekniği ve bileşenleri, geri dönüşüm potansiyelini etkilemektedir. Uygulama tekniği boya, sıva vb. ekstra uygulama gerektiriyorsa, bu malzemenin geri dönüşüm olanaklarını olumsuz yönde etkileyebilmektedir.
- Yeniden üretim geri dönüşümle aynı amaca sahip olmakla birlikte, yeniden üretimde malzemeler aynı fonksiyonu karşılamak üzere, orijinal form ve yapıda üretilmelidirler.

2.2 Önem Katsayılarının Hesaplanması

Churchmann ve Ackoff tarafından geliştirilen yöntem kullanılarak olası durumların önem katsayıları hesaplanmıştır. Önem katsayılarının hesaplanabilmesi için öznel değerler kullanılmış ve farklı sistemler arasında karşılaştırma yapma olanağı sağlayan sayısal bir yöntem geliştirilmiştir. Önem katsayılarının hesaplanması sırasında en pozitif etkiyi yaratan olası durumun en yüksek değeri alacağı öngörülmüştür. Her bir alt ölçüt grubunun etki derecesi eşit kabul edilerek, ikili, üçlü ve dördü grupların her biri için olası durumların önem katsayıları (ÖK) hesaplanmıştır. Önem katsayıları üçlü olası durum için aşağıdaki aşamalar takip edilerek hesaplanmıştır:

- i. Ağırlıkları saptanacak ölçütler çevresel sürdürülebilirliğe etki derecelerine göre sıralanmıştır. Çevresel sürdürülebilirliğe etkisi en olumlu olan değer O_1 , olumlu olan değer O_2 ve sürdürülebilirliğe katkısı diğerlerine göre olumsuz olan değer O_3 olarak belirlenmiştir.
- ii. Çevresel sürdürülebilirliğe katkısı olumlu olan ölçüte (O_1) 1.00 değeri verilmiş ve diğer ölçütler için de rölatif değerler saptanmıştır. ($V_1 = 1.00$, $V_2 = 0.70$, $V_3 = 0.40$).
- iii. En önemli sayılan ölçüt (O_1) diğerlerinin tümü ile karşılaştırılarak bir tercih yapılmıştır. O_1 diğerlerine (örneğin O_2 , O_3 , ve O_4) e tercih edildiği için $V_1 > V_2 + V_3$ ifadesine göre V_1 'in değeri yeniden ayarlanmıştır. (2)'deki değerlere göre; $V_1 = 1.20$, $V_2 = 0.70$, $V_3 = 0.40$ olarak belirlenmiştir.
- iv. Sonra O_2 ile O_3 karşılaştırılmış, böylece her değer, tüm değerlendirmelerle tutarlı hale getirilmiştir.
- v. Değerlendirme tamamlandıktan sonra elde edilen değerler $\sum V_j$ ile bölünerek normalize edilmiştir. $\sum V_j = 2.30$ 'dur. Standartlaştırılan yeni değerler (V_j) şunlardır:
 $V_1^1 = 1.20 / 2.30 = 0.52$
 $V_2^1 = 0.70 / 2.30 = 0.30$
 $V_3^1 = 0.40 / 2.30 = 0.18$
 Toplam 1.00

Benzer şekilde ikili ve dörtlü olası durumlar için de değerler hesaplanmıştır. Son olarak her bir ölçüt (Ö) için alt ölçütleri (AÖ), olası durumları (OD) ve önem katsayılarını (ÖK) gösteren değerlendirme tabloları oluşturulmuştur (Tablo 1, 2, 3, 4).

Tablo 1: Süre

K	AK	OD	ÖK	T
I. SÜRE.	A. KONSTRÜKSİYON TÜRÜ	I. Konstrüksiyon yok	0.49	1
		II. Duvar gövdesi (yerinde dökme / yığma / çerçeve)	0.27	
		III. Duvar gövdesi + Alt konstrüksiyon (yatay ya da düşey)	0.16	
		IV. Duvar gövdesi + Alt konstrüksiyon (yatay ve düşey)	0.08	
	B. BAĞLANTI PARÇASININ BİTİMLİK DÜZEYİ	I. Hazır bağlantı malzemeleri (ankraj, klips vb.)	0.52	1
		II. Yerinde hazırlanan bağlantı malzemeleri (yapıştırıcı, sıva vb.)	0.30	
		III. Hazır bağlantı malzemeleri + Yerinde hazırlanan bağlantı malz.	0.18	
	C. CEPHE KAPLAMA SİSTEMİNİN BİTİMLİK DÜZEYİ	I. Ekstra uygulama gereksinimi yok (derz dolgusu, boya vb.)	0.77	1
		II. Ekstra uygulama gereksinimi var (derz dolgusu, boya vb.)	0.23	
	D. İŞÇİ EĞİTİMİ	I. Eğitilmiş işçi kullanımı	0.77	1
		II. Düz işçi kullanımı	0.23	

Tablo 2: Kaynak Kullanımı

K	AK	OD	ÖK	T
II. KAYNAK KULLANIMI	A. MALZEMENİN TAŞINMASI	I. Konvansiyonel araçlar ve insan gücü kullanılarak taşınması	0.77	1
		II. İş makineleri kullanılarak taşınması	0.23	
	B. KONSTRÜKSİYON TÜRÜ	I. Konstrüksiyon yok	0.49	1
		II. Duvar gövdesi (yerinde dökme / yığma / çerçeve)	0.27	
		III. Duvar gövdesi + Alt konstrüksiyon (yatay ya da düşey)	0.16	
		IV. Duvar gövdesi + Alt konstrüksiyon (yatay ve düşey)	0.08	
	C. BAĞLANTI PARÇASININ TÜRÜ	I. Hazır bağlantı malzemeleri (ankraj, klips vb.)	0.52	1
		II. Yerinde hazırlanan bağlantı malzemeleri (yapıştırıcı, sıva vb.)	0.30	
		III. Hazır bağlantı malzemeleri + Yerinde hazırlanan bağlantı malz.	0.18	
	D. ARAÇ-GEREÇLERİN TÜRÜ	I. Konvansiyonel el araçları	0.52	1
		II. Konvansiyonel el araçları + Elektrikli el araçları	0.30	
		III. Konvansiyonel el araçları + Elektrikli el araçları + İş makineleri	0.18	

Tablo 3: Yapım Alanı Koşulları

K	AK	OD	ÖK	T
III. YAPIM ALANI KOŞULLARI	A. İŞÇİ SAĞLIĞI	I. Havaya salınım yok (VOC, toz, vb.)	0.77	1
		II. Havaya salınım var (VOC, toz, vb.)	0.23	
	B. İŞÇİ GÜVENLİĞİ	I. Güvenlik önlemleri yönetimi var	0.77	1
		II. Güvenlik önlemleri yönetimi yok/yetersiz	0.23	
C. İŞÇİLERİN ÇALIŞMA KOŞULLARI	I. İşçiler için tesisler var (yemekhane, yatakhane vb.)	0.77	1	
	II. İşçiler için tesisler yok/yetersiz	0.23		
D. GÜRÜLTÜ KONTROLÜ	I. İş makinesi kullanımı yok	0.77	1	
	II. İş makinesi kullanımı var	0.23		

Tablo 4: Yapım atıkları

K	AK	OD	ÖK	T
IV. YAPIM ATIKLARI	A. YAPIM ATIKLARININ YÖNETİMİ	I. Atık yönetim planı var	0.77	1
		II. Atık yönetim planı yok	0.23	
	B. YENİDEN KULLANIM	I. Yeniden kullanım için uygun yapım tekniği	0.77	1
		II. Yeniden kullanım için uygun olmayan yapım tekniği	0.23	
	C. YENİDEN ÜRETİM	I. Yeniden üretim için uygun yapım tekniği	0.77	1
		II. Yeniden üretim için uygun olmayan yapım tekniği	0.23	
	D. GERİ DÖNÜŞÜM	I. Geri dönüşüm için uygun yapım tekniği	0.77	1
		II. Geri dönüşüm için uygun olmayan yapım tekniği	0.23	

3. YÖNTEM ÖNERİSİNİN UYGULANMASI

Çalışmanın son aşamasında yöntem önerisi kullanılarak, Türkiye’de yaygın olarak kullanılan cephe kaplama sistemlerinden biri olan porselen karo cephe kaplama sistemlerinin uygulama süreçlerinin sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesine yönelik bir pilot çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla yapılan firma görüşmesi sonucu elde edilen veriler, kişisel gözlem ve yorumlar yardımı ile porselen karo cephe kaplama sistemlerinin uygulamasında kullanılan iki uygulama tekniği incelenmiş, uygulama süreçlerinin sürdürülebilirliğe etkileri karşılaştırılmıştır. Değerlendirilen uygulama teknikleri şunlardır:

- o Askı sistem: Alt yapıya klipslerle asma
- o Yapıştırma sistem: Duvar gövdesi üzerine yapıştırma

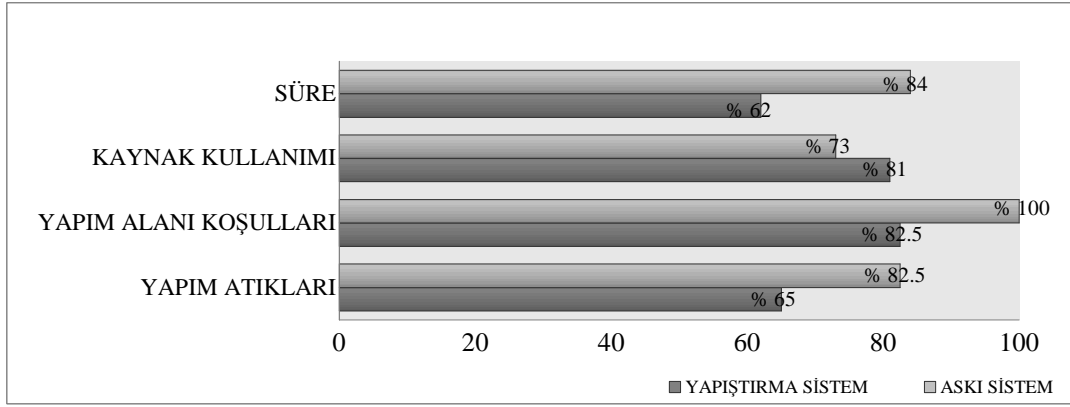
3.1 Uygulama Tekniklerine Bağlı Uygulama Süreçleri

3.1.1 Askı Sistem

Askı sistem, mevcut duvar gövdesi üzerine tespit edilen yatay ve düşey metal profillerden oluşan bir alt konstrüksiyona porselen karoların hazır bağlantı malzemeleri kullanılarak asıldığı bir uygulama tekniğidir. Alt konstrüksiyon bileşenlerinin taşıyıcı sisteme ve duvar gövdesine tespiti için ankrajlar, düşey metal profillerin ankrajlara tespiti için civata ve somunlar, yatay metal profillerin düşey metal profillere tespiti için vidalar, porselen karoların alt yapıya tespiti için ise metal klipsler kullanılmaktadır. Uygulama sonrası derz dolgusu vb. ekstra uygulama yapılmamaktadır. Uygulamada malzeme özellikleri ve uygulama tekniği konusunda firma tarafından eğitilmiş işçiler kullanılmaktadır. Uygulama sırasında elektrikli el araçları kullanılmaktadır. Malzeme, uygulama sırasında insan gücü kullanılarak taşınabilecek boyutlarda ve ağırlıktadır. Havaya salınım yaparak işçi sağlığına zarar verecek malzemeler kullanılmamaktadır. Firma, işçiler için gerekli güvenlik önlemlerinin alınmasını ve yapım alanında işçiler için uygun tesislerin bulunmasını sağlamaktadır. Görüşme yapılan firma, yapım atıklarının kontrolü ve yönetimi konusunda özel bir çalışma yapmamaktadır.

Askı sistem uygulama süreci adımları şu şekilde sıralanabilir (Şekil 1):

- Metal taşıyıcı ankrajlar projesine uygun olarak döşemelere ve mevcut duvar gövdesi yüzeyine tespit edilir.
- Isı yalıtımı malzemesi bina yüzeyine mekanik olarak tespit edilir.
- Düşey taşıyıcı metal T profiller, mevcut duvar gövdesinden 15 cm uzaklıkta, ankrajlar üzerine civata ve somun ile tespit edilir.
- Yatay metal askı profilleri, düşey taşıyıcı metal T profiller üzerine projede belirlenen aks aralıklarına uygun olarak vidalar ile tespit edilir.
- Yatay metal askı profiller üzerine projesinde belirlenen aks aralıklarına uygun olarak metal klipsler tespit edilir.

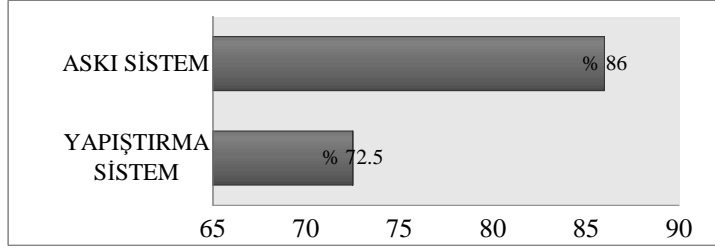


Şekil 3: Uygulama tekniklerinin alt ölçütler bağlamında karşılaştırılması

Sonuçları belirleyen olası durumlar aşağıda sıralanmıştır:

- Askı sistemde alt konstrüksiyon için kullanılan bileşen sayısının fazlalığı uygulama *süresini* ve *kaynak kullanımını* arttırmaktadır. Yapıştırma sistemin doğrudan mevcut duvar gövdesi üzerine uygulanması, bileşen sayısını azalttığından uygulama *süresini* ve *kaynak kullanımını* azaltmaktadır.
- Askı sistemde hazır bağlantı malzemesi (ankraj, klips, vida) kullanımı uygulama *süresini* ve *kaynak kullanımını* azaltmaktadır. Yapıştırma sistemde yerinde hazırlanan bağlantı malzemeleri (yapıştırıcı, derz dolgusu vb.) kullanımı yapım *süresini* ve su, elektrik vb. *kaynak kullanımını* arttırmaktadır.
- Askı sistemde uygulama sonrası derz dolgusu, boya vb. uygulamalara gereksinim olmaması uygulama *süresini* ve *kaynak kullanımını* azaltmaktadır. Yapıştırma sistemde uygulama sonrası derz dolgusu uygulaması yapılması uygulama *süresini* ve *kaynak kullanımını* arttırmaktadır.
- Her iki sistem uygulaması için de eğitilmiş işçi kullanımı uygulama için gerekli *sürenin* kısılmasını sağlarken, daha az işgücü ile doğru ve kalite düzeyi yüksek uygulamalar yapılmasını sağlamaktadır.
- Porselen karo cephe kaplama malzemesinin yapım alanı içinde taşınması, yükseltilmesi vb. işler konvansiyonel araçlar ve insan gücü kullanılarak yapılabilen, bu da *kaynak kullanımını* azaltmaktadır.
- Askı sistem uygulamasında elektrikli el araçları kullanımı araç-gereçlerin çalışması için gerekli elektrik, yakıt vb. *kaynak kullanımını* arttırmaktadır. Yapıştırma sistemde uygulamanın konvansiyonel el araçları kullanılarak uygulanabilmesi *kaynak kullanımını* azaltmaktadır.
- Askı sistemin hazır bağlantı malzemeleri ile uygulanması *yapım alanı koşullarını* işçiler açısından olumlu yönde etkilemektedir. Yapıştırma sistemde yerinde hazırlanan bağlantı malzemesi kullanımı VOC (uçucu organik bileşenler), toz vb. salınımlar sebebiyle işçi sağlığına zarar vermekte ve *yapım alanı koşullarını* işçiler açısından olumsuz yönde etkilemektedir.
- Firmanın işçi güvenliği ile ilgili gerekli önlemleri alması ve yapım alanında işçiler için uygun tesislerin bulunmasını sağlaması *yapım alanı koşullarını* işçiler açısından olumlu yönde etkilemektedir.
- Gürültü seviyesinin artmasına sebep olacak iş makinesi kullanımının olmaması *yapım alanı koşullarını* işçiler açısından olumlu yönde etkilemektedir.
- Firma *yapım atıklarının yönetimi* ile ilgili çalışmalar yapmamaktadır.
- Askı sistem, söküm aşamasının daha kolay olması ve malzemelere daha az zarar vererek sökümün gerçekleştirilebilmesi gibi sebeplerle malzemelerin *yeniden kullanım, yeniden üretim ve geri dönüşüm* potansiyellerini olumlu yönde etkilemektedir. Yapıştırma sistem söküm aşamasının daha zor olması ve söküm aşamasında malzemelerin zarar görmesi gibi sebeplerle malzemelerin *yeniden kullanım* potansiyellerini olumsuz yönde etkilerken, *yeniden üretim ve geri dönüşüm* potansiyelleri üzerinde olumsuz bir etkiye sahip değildir.

Tüm ölçütler için değerlendirme yönteminin alabileceği maksimum değer belirlendikten sonra, bu değer kullanılarak her bir tekniğin tüm ölçütler için aldığı toplam değer yüzdelik değere dönüştürülmüştür. Sonuçlara göre, askı sistemin yapıştırma sistemle karşılaştırıldığında, uygulama sürecinde çevresel sürdürülebilirliği olumlu yönde etkilediği görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 4: Uygulama tekniklerinin karşılaştırılması ve değerlendirilmesi

4. SONUÇ

Bu çalışma yapım süreçleri ve çevresel sürdürülebilirlik ilişkisini cephe kaplama sistemleri için geliştirilen bir yöntem önerisi ile araştırmıştır. Çalışma ile yapım tekniklerinin, yapım süreçlerinin sürdürülebilirliğe olan etkisini belirlemede önemli bir etken olduğuna dikkat çekilmek istenmiştir. Yapılan pilot çalışma ile elde edilen sonuçlara bakıldığında yapım tekniklerinin yapım süreci üzerinde malzeme ve enerji kullanımı, uygulama hızı, işçi sağlığı ve güvenliği, malzemenin kullanım ömrü sonunda yeniden kullanım, yeniden üretim ve geri dönüşüm potansiyeli gibi konular üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Malzemelerin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerinin göz önünde bulundurularak üretilmesi ve geliştirilmesinde olduğu gibi yapım tekniklerinin yapı üretim sürecinin çevresel sürdürülebilirlik ile ilişkisi üzerindeki etkileri dikkate alınarak geliştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle yapım tekniklerinin geliştirilmesinde;

- Daha az bileşen ve malzeme kullanımı
- İşçi sağlığına zarar vermeyen ve yapım süresini kısaltan bağlantı malzemelerinin kullanımı
- Enerji tüketim seviyeleri düşük araç-gereçlerle uygulanması
- Uygulama tekniğinin malzemelerin yeniden kullanım, yeniden üretim ve geri dönüşüm potansiyeline olan etkisi gibi ölçütlerin önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Ancak yapım tekniklerinin çevresel sürdürülebilirlik ölçütleri bağlamında geliştirilmesi yapım sürecinde sürdürülebilirliğin sağlanmasında yeterli olmayacaktır. Bu nedenle uygulamanın malzeme ve uygulama tekniği konusunda eğitilmiş işçiler tarafından gerçekleştirilmesi, uygulayıcı firmanın yapım süreci için gerekli işçi sağlığı ve güvenliği planlarını hazırlaması ve yapım atıklarının yönetimi gibi konularda bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma ile yapım sürecinin bina yaşam döngüsü içindeki önemini göz ardı edilmemesi ve çevresel etkilerinin kontrol edilmesi gerekliliği vurgulanmak istenmiştir. Bununla birlikte yapım sürecinin her bir aşamasını ayrıntılı olarak analiz eden, sayısal verilerle de desteklenmiş çalışmaların yapılarak yaşam döngüsü analizlerinin ve sürdürülebilir bina değerlendirme sistemlerinin geliştirilmesi gerektiği de unutulmamalıdır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Bourdeau, L., 1999: Sustainable Development and the Future of Construction: A Comparison of Visions from Various Countries, *Building Research & Information*, Vol. 27, Issue 6, pp. 354-366.
- [2] Vanegas, J.A., DuBose, J.R., Pearce, A.R., 1996: Sustainable Technologies for the Building Construction Industries, *Proceedings of the Symposium on Design for the Global Environment*, Atlanta, GA, November 2-4.
- [3] Sev, A., 2008: How Can the Construction Industry Contribute to Sustainable Development? A Conceptual Framework, *Sustainable Development*, Vol. 17, pp. 161-173.
- [4] Pollo, R. and Rivotti, A., 2004: Building Sustainability Evaluation in the Building Process: The Construction Phase, *Proceedings of the Regional Central and Eastern European Conference on Sustainable Building*, Building Research Institute, Warsaw, Poland, October 27-29.
- [5] Bilec, M.M., 2007: A Hybrid Life Cycle Assessment Model for Construction Processes, PhD Thesis, University of Pittsburg School of Engineering, USA. Retrieved April 06, 2009, from http://etd.library.pitt.edu/ETD/available/etd-06102007-40343/unrestricted/bilec_July_11_2007_7.pdf
- [6] Kibert, C.J., 2007: Sustainable Construction, Green building Design and Delivery, John Wiley & Sons, New Jersey, USA.
- [7] Sey, Y., Tapan, M., 1976: Değerlendirmede Temel Sorunlar ve Mimarlıkta Değerlendirme, İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul.
- [8] Peng, C., Scorpio, D.E., and Kibert, C.J., 1997: "Strategies for Successful Construction and Demolition Waste Recycling Operations", *Construction Management and Economics*, Vol. 15, pp. 49-58.
- [9] Kibert, C. J., Sendzimir, J., and Guy, G. B., 2002: "Construction Ecology, Nature as the Basis for Green Buildings", Spon Press, London, UK.