

Dış Duvar Sistemlerinde Kullanılan Yapı Malzemelerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Mimar Uğur Kaya¹
Doç. Dr. Nil Türkeri²

Konu Başlık No: 4 Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Dış duvar sistemleri, yaşam döngüsü süresince dış etmenler etkisi altında iç ortam kullanıcı gereksinmelerini karşılamak amacıyla doğal çevreyi en az olumsuz etkileyen bileşenlerle tasarlanmalıdır. Ancak, Türkiye’de ISO 14040 yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) standardına bağlı yöntem, araç ve yönetmeliklerin yetersizliği nedeniyle bileşenlerin çevresel etkileri bilinmemektedir. Bildirinin amacı, Marmara Bölgesi’nde üretilen sistem bileşenlerinden duvar çekirdeği, su yalıtımı, ısı yalıtımı ve kaplama malzemelerinin çevresel performanslarını ortaya koymaktır. İlk olarak YDD standardına bağlı bir anket çalışması hazırlanmıştır. Ardından Marmara Bölgesi’nde üretilen ilgili yapı malzemeleri ve üretici firmalar belirlenmiştir. On yedi firmaya anket çalışması uygulanarak farklı özelliklerde iki adet duvar çekirdeği, üç adet su yalıtımı, bir adet ısı yalıtımı ve sekiz adet kaplama malzemesinin çevresel performansı değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda klinker kaplama gibi sadece üretim enerjisi eksik malzemelerin yanı sıra polisülfid esaslı su yalıtım sıvısı, EPS ve metal levhalar gibi bazı malzemelerin hammadde, doğal kaynak tüketimleri ve üretim enerjileri hakkında yeterli bilgiye ulaşılamamıştır. Eksik bilgilerle gerçek performansları belirlenemeyen malzemeler karşılaştırılamamaktadır. Çalışmanın gelişimi için üreticiler yöntem, araç ve yönetmeliklerle yönlendirilmelidir.

ANAHTAR KELİMELELER

Yaşam döngüsü değerlendirme, Sürdürülebilirlik, Çevresel performans, Dış duvar sistemleri, Yapı malzemeleri

¹ Mim. Uğur Kaya, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 34469 İstanbul, +90 212 285 6325, +90 212 285 6169, kayau@itu.edu.tr

² Doç. Dr. A. Nil Türkeri, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü 34437 İstanbul, +90 212 293 1300 - 2246, +90 212 251 4895, sahal@itu.edu.tr

1. Giriş

Birçok farklı basılı yayında da belirtildiği gibi dünya genelinde doğal kaynakların neredeyse yarısı binaların yapımı ve kullanımı sırasında tüketilmekte ve benzer oranlarda çevresel atıklar oluşmaktadır [1, 2]. İç ortam kullanıcı gereksinmelerini karşılamak amacıyla tasarlanan dış duvar sistemleri de çevresel etmenler etkisi altında belirli fiziksel, mekanik ve optik performanslar ortaya koyarken, tüm yaşam döngüsü süreçleri boyunca çevreye karşı bazı zararlı etkilerde bulunmaktadır. Sürdürülebilir bir tasarım süreci ve sonrası için kullanıcı gereksinmeleri etkisi altında karşılamaları gereken performanslara ek olarak dış duvar sistemleri çevresel açıdan da belirli performansları karşılamalıdır.

NRC'nin (National Research Council Canada) araştırmasına göre binaların yaşam döngüleri boyunca olumsuz çevresel etkilerinin %10-20'si yapı malzemelerinden kaynaklanmaktadır [3]. Binanın bir parçası olan dış duvar sisteminin tüm yaşam döngüsü süreçleri boyunca çevresel etkilerini ortaya koymak amacıyla öncelikli olarak yapı malzemelerinin çevresel performansları değerlendirilmelidir [5].

Yapı malzemelerinin çevresel performansları, yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) sonucunda ortaya çıkan çevresel etkilerin değerlendirilmesi ile belirlenmektedir. Dünya genelinde YDD çalışması ile yapı malzemelerinin çevresel performanslarını değerlendiren mevcut programların çevresel etkilere ait verileri farklı yorumlaması sonucunda ortak sonuca yönelik değerlendirmeler yapılamamaktadır. Bu mevcut programlar arasında ISO 14040 Çevre Yönetimi – Hayat Boyu Değerlendirme Serisi Standartlar ortak bir dil olarak kabul edilmektedir [3, 4]. Çünkü “ISO standartları sürdürülebilirlik kavramını hayata geçirmeyi ve politikadan uzak kurulmuş uluslararası ortak bir zeminde sürdürülebilirliğin bakış açılarına dikkati çekmeyi hedeflemektedir” [1].

Türkiye’de yapı malzemelerinin çevresel etkileri ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Standardı ile kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır. Ancak sadece son ürün üretim sürecine bağlı çevresel etkileri belirlemeye yönelik olarak uygulanan ISO 14001 Standardı, yapı malzemelerinin doğadan temini, kullanımı ve hizmet ömürlerini tamamlandıktan sonraki geri dönüşüm, tekrar kullanım ve yok edilme süreçlerine ait çevresel etkilerini ortaya koyabilmek için yeterli olamamaktadır. Yapı malzemelerinin tüm yaşam döngüsü süreçlerini kapsayan, uzun dönem çevresel performanslarını güvenilir bir şekilde ortaya koyabilmek amacıyla ISO 14040 Serisi Standartlar uygulanmalıdır. Türkiye’deki mevcut yöntem, araç ve yönetmeliklerin yetersizliği nedeniyle yapı malzemelerinin ve yapı malzemelerinin bir araya gelerek oluşturdukları dış duvar sistemlerinin yaşam döngüsü süreçleri boyunca çevresel etkileri bilinmemektedir. Bilgi yetersizliği nedeniyle de, yapı malzemelerinin ve dış duvar sistemlerinin çevresel performansları, mimarlar ve yapı sektöründe çalışan diğer profesyoneller tarafından değerlendirilememekte ve ihmal edilebilmektedir.

Amacı, YDD yöntemine bağlı olarak çevresel etkileri değerlendirilmiş dış duvar sistemi bileşenlerini performans yöntemi ile belirli katmanlaşma modellerinde bir araya getirip sürdürülebilir dış duvar sistemi tasarım seçenekleri geliştirmek olan bir yüksek lisans tezi yürütülmektedir. Bu bildirinin amacı Marmara Bölgesi’nde üretilen dış duvar sistemi bileşenlerinden duvar çekirdeği, su yalıtımı, ısı yalıtımı ve dış kaplama malzemelerinin çevresel performanslarını ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda, YDD çalışması ile yapı malzemelerinin tüm yaşam döngüsü süreçlerinde yer alan enerji ve malzemelerin girdileri ve çıktıları belirlenerek faydalı ve zararlı çevresel etkiler ortaya konmakta, bu sayede dış duvar sistemini oluşturan bileşenlerin çevresel performansları arasında karşılaştırma yapılabilmektedir.

Çalışmanın ilk adımında, dış duvar sistemini oluşturan bileşenlerin çevresel performanslarını ortaya koymak amacıyla YDD yöntemine bağlı bir anket çalışması hazırlanmıştır. Ardından Marmara Bölgesi’nde üretilen ilgili yapı malzemeleri ve üretici firmalar belirlenmiş ve listelenmiştir. Bir sonraki aşamada, anket çalışmasını olumlu karşılayan firmaların üretim tesisleri ziyaret edilmiş ve üretimden sorumlu firma yetkilileri tarafından YDD anketinin envanter analizi ve etki değerlendirmesi aşamaları cevaplandırılmıştır. Anket çalışmasının değerlendirildiği son aşamada ise Türkiye’de Marmara Bölgesi’nde üretilen dış duvar sistemi bileşenlerinin çevresel performansları ile ilgili mevcut durum ortaya konulmuştur.

2. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

YDD, yapı malzemelerinin tüm yaşam döngüsü boyunca hammadde temini, işlenmesi, üretim, yapım, kullanım, bakım, onarım ve yok etme süreçlerinde çevreye olan etkilerini derleyen ve değerlendiren bir çalışmadır [6]. Beşikten mezara kadar geçen süreçlerde tüketilen enerji ve hammaddeler girdiler olarak tanımlanırken bu süreçlerde üretilen atıklar ve ürünler de çıktılar olarak tanımlanmaktadır [7].

YDD çalışması, hedef ve kapsamın belirlenmesi, envanter analizi, etki değerlendirme ve yorum bölümlerinden oluşmaktadır. Yazarlar tarafından belirlenmiş hedef ve kapsama bağlı olarak envanter analizi ve etki değerlendirme bölümlerinden oluşan bir anket çalışması hazırlanmıştır. Beşikten mezara tüm yaşam döngüsü süreçlerini kapsayan yapı malzemelerinin YDD anketi Amerikan Mimarlar Odası tarafından hazırlanan 'Environmental Resource Guide' kitabındaki YDD çalışmasından alıntı yapılarak tasarlanmıştır.

YDD çalışmasına başlarken geçmişteki sorunlar ile günümüzdeki ve gelecekteki çalışmalara bağlı tahminler doğrultusunda uygulanması planlanan hedefler ortaya konmuştur. Ardından, coğrafi koşullar, malzeme özellikleri, üretim tesislerine yerel ulaşım olanakları ve üretim tesislerinde iletişime geçilecek görevli kişilerin idari pozisyonuna bağlı olarak çalışmanın kapsamı belirlenmiştir.

YDD çalışmasının ikinci aşaması ve anketin ilk aşamasında yapı malzemelerinin beşikten mezara kadar geçen tüm süreçlere ait çevresel ayak izleri envanter analizi ile belirlenmiştir. Envanter analizi, tüm yaşam döngüsü süreçlerindeki enerji ve malzeme girdi ve çıktıları, yapı malzemelerinin bina işletme enerjisine etkileri ve yapı malzemelerinin hizmet ömürleri sonunda geri dönüşüm, tekrar kullanım veya elden çıkarma süreçlerinde gördükleri işlemler hakkındaki nicel bilgileri ortaya koyar.

Etki değerlendirmesinin yer aldığı bir sonraki aşamada üreticiler tarafından yapı malzemeleri, çevresel etkilerine bağlı olarak değerlendirilip derecelendirilmiştir. Etki değerlendirme kategorileri, ekolojik ve çevresel etkiler, insan sağlığına ve huzuruna etkiler, enerjiye etkiler ve bina işletmesi etmenleri olarak sınıflandırılmaktadır.

Anketin sonuçlarına bağlı olarak, çalışmanın son bölümünde yapı malzemelerinin çevresel etkileri yorumlanmıştır. Yorumlama sürecinde, ISO 14043 Çevre Yönetimi – Hayat Boyu Değerlendirme – Yaşam Döngüsü Yorumlama Standardı'na göre YDD anketinde ortaya çıkan önemli konular belirlenip değerlendirilmiştir.

2.1 Hedef ve Kapsam

YDD anketinin temel hedefi, karşılaştırma ve seçim aşamasında, sürdürülebilir yapı malzemelerinin içinde buldukları çevre ile etkileşimlerini, tüm yaşam döngüsü süreçleri boyunca gözlem altına almaktır. Bu sayede mimarlar ve yapı sektöründe çalışan diğer profesyoneller yapı malzemesi seçiminde güvenilir ve gerçeğe yakın sonuçlar elde edebilmektedir. Bu bildirinin temel hedefini de dış duvar sisteminde kullanılan yapı malzemelerinin, tüm yaşam döngüsü süreçlerine yönelik çevresel performansları hakkında mimarlarda, yapı malzemesi üreticilerinde ve yapı sektöründe çalışan diğer profesyonellerde farkındalık yaratmaktır. Ayrıca, bildiriye yer alan anket çalışmasının yapı malzemesi üreticilerine, ürünlerinin çevresel performanslarını geliştirmelerine yönelik yol gösterici olması hedeflenmektedir.

YDD anketinin kapsamı Marmara Bölgesi'ndeki yerel üreticiler ile sınırlandırılmıştır. Yapım aşamasında kullanılan tespit elemanları ve üretim aşamasında kullanılan ara ürünler kapsam dışında tutulmuştur. Hammaddelerin temini ve işlenmesi için gerekli girdi ve çıktılar son ürün üreticilerinden elde edilen bilgiler doğrultusunda değerlendirilmiştir. Yapım aşaması için gerekli taşıma mesafeleri, yapı malzemelerinin İstanbul ilindeki dış duvar sistemlerinde kullanılacağı göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

2.1.1 Envanter Analizi

Envanter analizinin sonuçlarını gösteren Tablo 1'de dış duvar sistemi bileşenlerine ait yapı malzemeleri, bu malzemeleri üretici firmalar, bu firmaların ankete katılımları ve doldurulan anketlerde envanter analizine yönelik eksik kalan bölümler belirtilmiştir. Tabloda yer alan bazı yapı malzemeleri bir, bazıları da birden çok üretici tarafından üretilebilmektedir. Donatısız gazbeton duvar bloğunda

görüldüğü gibi B₁ ve B₂ kodlu iki farklı üretici aynı ürünü ürettikleri için aynı harfle, fakat farklı üreticiler oldukları için farklı numaralarla gösterilmektedir. Tüm üreticiler arasında ankete katılım gösterenlerin kodları kalın yazı tipiyle gösterilmektedir. Örneğin, donatısız gazbeton duvar bloğu üreticilerinden sadece B₁ kodlu üretici ankete katıldığı için B₁ kalın yazı tipiyle gösterilmiştir. Diğer taraftan, Tablo 1’de bir üreticinin birden fazla yapı malzemesi üretebildiği de gözlemlenebilmektedir. Örneğin, M₁ kodlu üretici, çekilmiş polistren (XPS), cam yünü ve taş yünü levhalarının üçünü birden üretmektedir. Ankete katılım gösteren tüm üreticilerin envanter analizlerinde yer alan eksik bölümler, Tablo 1’de hammadde miktarı için “H”, üretim enerjisi için “Ü” ve doğal kaynak tüketimi için “D” kısaltmalarıyla gösterilmiştir.

Tablo 1. Envanter Analizi Sonuçları

<i>Kodlar</i>	<i>Duvar çekirdeği malzemeleri</i>	<i>Üreticiler</i>	<i>Eksikler</i>
Ç1	Yatay delikli pişmiş toprak blok	A	
Ç2	Donatısız gazbeton duvar bloğu	B₁, B₂	Ü / D
Ç3	Dolu beton bloklar	C	
Ç4	Gazbeton paneller	B ₁	
Ç5	Çimento esaslı panel	D ₁ , D ₂ , C	
Ç6	Hafif çelik prefabrikte yapı elemanları	E ₁ , E ₂ , E ₃	
Ç7	Ahşap yapı elemanları	Bulunamadı	
Ç8	Bims beton blok	Bulunamadı	
<i>Kodlar</i>	<i>Su yalıtım malzemeleri</i>	<i>Üreticiler</i>	<i>Eksikler</i>
S1	APP katkıli bitümlü su yalıtım örtüsü	F₁, F₂, F₃, F₄, F₅	H / D
S2	Polisülfid esaslı su yalıtım macunu	G₁, G₂, G₃, G₄	H / Ü / D
S3	Solvent esaslı silikon katkıli su yalıtım sıvısı	H₁, G₁, G₂	Ü / D
S4	Solvent esaslı bitümlü su yalıtım sıvısı	I ₁ , I ₂ , I ₃ , F ₃	
S5	Polimer taşıyıcılı bitümlü su yalıtım örtüsü	J	
S6	HDPP su yalıtım örtüsü	K ₁ , K ₂ , K ₃	
S7	Okside bitümlü su yalıtım örtüsü	Bulunamadı	
<i>Kodlar</i>	<i>Isı yalıtım malzemeleri</i>	<i>Üreticiler</i>	<i>Eksikler</i>
I1	Genleştirilmiş polistren levha (EPS)	L, M₃	H / Ü / D
I2	Çekilmiş polistren levha (XPS)	M ₁ , M ₂ , M ₃ , F ₅	
I3	Cam yünü levha	M ₁	
I4	Taş yünü levha	M ₁	
I5	Poliüretan levha	N	
<i>Kodlar</i>	<i>Dış kaplama malzemeleri</i>	<i>Üreticiler</i>	<i>Eksikler</i>
K1	Metal levha (düz, oluklu, trapez)	O	H / Ü / D
K2	Cam takviyeli plastik levha	L, F₅	Ü / D
K3	Kâğıt taşıyıcılı bitüm emdirilmiş oluklu levha	F₁	H / Ü / D
K4	Cam elyaf takviyeli çimento esaslı cephe kaplaması	P₁, P₂	Ü / D
K5	Selülozik elyaf takviyeli çimento esaslı cephe kaplaması	R	Ü / D
K6	Seramik esaslı yapay taş cephe kaplaması (Klinker)	S	Ü
K7	Taş yünü ısı yalıtımlı lamine kompozit metal levha	O	H / Ü / D
K8	Poliüretan ısı yalıtımlı lamine kompozit metal levha	O	H / Ü / D
K9	Akrilik esaslı dış cephe boyası	H₁	Ü / D
K10	Kalsit katkıli çimento esaslı hazır sıva	H₁	Ü / D
K11	EPS takviyeli dış cephe boyası	T	
K12	Doğal taş cephe kaplaması	U ₁ , U ₂	
K13	Ahşap ve ahşap kökenli cephe kaplaması	V ₁ , V ₂	

Katalog taramaları sonucunda, İstanbul’daki yapılara ait dış duvar sistemlerinde kullanılan sekiz farklı duvar çekirdeği, yedi farklı su yalıtımı, beş farklı ısı yalıtımı ve on üç farklı dış kaplama malzemesine ait üretici firmalar tespit edilmiştir. Tablo 1’e bakıldığında, bu firmalar arasında Marmara Bölgesi’nde üretimi yapılan duvar çekirdek malzemeleri için dokuz, su yalıtım malzemeleri için on yedi, ısı yalıtım malzemeleri için altı, dış kaplama malzemeleri için on beş firmaya ulaşılmıştır. Aynı tabloda, cam elyaf takviyeli çimento esaslı cephe kaplamasına (K4) ait anket çalışması iki farklı üretici tarafından

tamamlanırken, anket çalışması tamamlanan diğer tüm yapı malzemelerine ait bir üretici firmanın katılım gösterdiği görülmektedir.

Birçok üretici firma sadece son ürün üretimini gerçekleştirdiğinden bu firmaların ürettiği malzemeler ile ilgili hammadde ve ara ürün üretim ve hazırlama aşamalarına yönelik üretim enerjilerine ve doğal kaynak tüketim miktarlarına ulaşamamıştır. Diğer taraftan, A firması kendi hammaddesini de ürettiğinden dolayı üretim aşamasının sonuna kadar geçen tüm süreçlerdeki enerji ve malzeme girdi ve çıktıklarına yönelik bilgilerin tamamını ankette yer alan envanter analizine yansıtabilmiştir. Bu nedenle, Tablo 1’de yer alan envanter analizi sonuçlarına bakıldığında Ç1 ile ilgili eksik herhangi bir envanter analizi bilgisi yer almamaktadır.

2.1 Etki Değerlendirmesi

Etki değerlendirme yapı malzemelerinin çevresel performanslarını değerlendirmektedir. Etki değerlendirmesinin sonuçları her bir etki grubunun yer aldığı yatay dizelerin ve her bir malzemenin yer aldığı dikey dizelerin çakıştırıldığı Tablo 2, 3, 4 ve 5’te yer almaktadır. Etki değerlendirme tablolarında incelenen yapı malzemelerini tanımlamak amacıyla envanter analizinin yer aldığı Tablo 1’de her bir yapı malzemesi için bir kod verilmiştir.

Etki değerlendirmesinde yer alan etki grupları yaşam döngüsü süreçlerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin, ekolojik ve çevresel etkiler her bir süreç için değerlendirilirken bina işletmesi etmenleri hammadde temini, işlenmesi ve üretim süreçlerinde değerlendirilmemektedir. Çevresel performansları en güçlü olan etki grupları dört, göz ardı edilebilecek zararların yanında iyi performans gösterenler üç, değişken performansa sahip olanlar iki ve performansları düşük olanlar bir ile derecelendirilmektedir.

Tablo 2. Hammadde Temini ve İşlenmesi Süreçleri için Etki Değerlendirmesi

Etkiler		Kodlar		Ç1	Ç2	S1	S2	S3	II	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Ekolojik/ çevresel etkiler	Hava kalitesi/ atmosferik etkiler	4	4	3						4	3	4	1	4	1				
	Su kalitesi/ kullanılabilirlik	4	4	4						2	4	4							
	Saha ve torak etkileri/ kullanılabilirlik	4	3	4						4	4	4	2	3	4				
	Doğal kaynak azalması	1	1	1						2	1	2	2	2	2				
	Biyolojik çeşitlilik/ doğal yaşamın yok olması	4	3	2						4	2	4	4	2					
İnsan sağlığı/ huzur	İşçi/ uygulayıcı sağlığı	3	3	3							3	3	2						
	Bina kullanıcı sağlığı (iç hava kalitesi)																		
	Toplum sağlığı ve huzuru	4	4	3						4	3	4	4	4					
Enerjiye etkiler	Üretim/ İşlem enerjisi	4	2	3						1	2	4	1	1	1				
	Taşıma enerjisi	4	4	4						4	4	3	3	4	4				
	İşletme enerjisine etkiler																		
Bina işletmesi etmenleri	Hedeflenen hizmet ömrü/ dayanıklılık																		
	Bakım ve onarım gereksinimleri																		
	Tekrar kullanılabilirlik/ geri dönüştürülebilirlik																		

Tablo 2’deki bilgiler doğrultusunda Ç1, Ç2, S1 ve K3 doğal kaynakları tüketerek çok düşük çevresel performans göstermektedir. S1, K3 ve K8’in hammaddelerinin çıkarıldığı bölgelerde biyolojik çeşitlilik ve doğal yaşam olumsuz etkilenmektedir. Fakat bu olumsuz durum değişkenlik gösterebildiği için bu malzemeler iki ile derecelendirilmiştir. Birçok malzemenin işçi sağlığına olumsuz etkisi üç ile derecelendirilmiştir. Bunun anlamı, bu malzemelerin işçi sağlığına olumsuz etkileri kabul edilebilir düzeydedir, fakat gerekli önlemler alındığında daha uygun çalışma koşulları sağlanabilir. K8’in hammadde temini sırasında kullandığı doğal kaynaklar, hammaddelerin işlendiği tesise çok yakın

olduğu için bu süreçte **K8** çevreye karşı olabilecek en az olumsuz etkileri göstermektedir. Bu nedenle dört ile derecelendirilmiştir. Bazı son ürün üreticileri, hammaddeleri ithal edilen su yalıtımı ve dış kaplama malzemeleri için anketi değerlendirememiştir.

Tablo 3. Üretim Süreci için Etki Değerlendirmesi

Etkiler		Kodlar			Ç1	Ç2	S1	S2	S3	İ1	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Ekolojik/ çevresel etkiler	Hava kalitesi/ atmosferik etkiler	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	2	4	3	4	4
	Su kalitesi/ kullanılabilirlik	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4
	Saha ve torak etkileri/ kullanılabilirlik	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4		4	4	4	4
	Doğal kaynak azalması	1	1	2	4	4	3	4	2	2	3	3	2	4	4	4	4	4	4	4
	Biyolojik çeşitlilik/ doğal yaşamın yok olması	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4	4	4
İnsan sağlığı/ huzur	İşçi/ uygulayıcı sağlığı	3	3	1	4	4	4	4	4	4	4	3	1	3	4	1	4	4	4	4
	Bina kullanıcı sağlığı (iç hava kalitesi)																			
	Toplum sağlığı ve huzuru	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4	4	4
Enerjiye etkiler	Üretim/ İşlem enerjisi	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4	4	4
	Taşıma enerjisi	4	4	3	2	3	1	4	3	4	3	4	3	4	1	3	4	4	4	4
	İşletme enerjisine etkiler																			
Bina işletmesi etmenleri	Hedeflenen hizmet ömrü/ dayanıklılık																			
	Bakım ve onarım gereksinimleri																			
	Tekrar kullanılabilirlik/ geri dönüştürülebilirlik																			

Tablo 3'te **K6** dışında diğer malzemelerin hepsi için üretim süreci ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarını kullanarak enerji üreten bazı firmaların malzemelerine ait etki değerlendirmelerinde doğal kaynak tüketim performansları düşük derecelere sahiptir. Diğer taraftan tüm malzemelerin üretim enerjileri düşük seviyelerdedir.

Tablo 4. Yapım, Kullanım, Bakım ve Onarım Süreçleri için Etki Değerlendirmesi

Etkiler		Kodlar			Ç1	Ç2	S1	S2	S3	İ1	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Ekolojik/ çevresel etkiler	Hava kalitesi/ atmosferik etkiler	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4	4	4
	Su kalitesi/ kullanılabilirlik	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4	4	4
	Saha ve torak etkileri/ kullanılabilirlik	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4	4	4
	Doğal kaynak azalması																			
	Biyolojik çeşitlilik/ doğal yaşamın yok olması																			
İnsan sağlığı/ huzur	İşçi/ uygulayıcı sağlığı	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3		3	3	4	4
	Bina kullanıcı sağlığı (iç hava kalitesi)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4	4	4
	Toplum sağlığı ve huzuru																			
Enerjiye etkiler	Üretim/ İşlem enerjisi	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
	Taşıma enerjisi	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3		4	4	4	4	4
	İşletme enerjisine etkiler	2	4	1	1	1	4	1	2	1	1	2				3	3	1	1	
Bina işletmesi etmenleri	Hedeflenen hizmet ömrü/ dayanıklılık	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	3
	Bakım ve onarım gereksinimleri	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4
	Tekrar kullanılabilirlik/ geri dönüştürülebilirlik																			

Yapım, kullanım, bakım ve onarım süreçlerinin değerlendirildiği Tablo 4'te işletme enerjisine olan etkiler ve bina işletmesi etmenleri ön plana çıkmaktadır. YDD anketinde işletme enerjisine doğrudan etkiler göz önüne alındığı için ısı geçirenlik değerini düşürmeyen su yalıtımı ve bazı dış kaplama malzemeleri bina işletme enerjisine katkıda bulunamamaktadır.

Tablo 5. Tekrar Kullanım, Geri Dönüşüm ve Yok Etme Süreçleri için Etki Değerlendirmesi

Etkiler		Kodlar					Ç1	Ç2	S1	S2	S3	I1	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Ekolojik/ çevresel etkiler	Hava kalitesi/ atmosferik etkiler	4	4	3	4	4	3	4	2	3	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	
	Su kalitesi/ kullanılabilirlik	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	Saha ve torak etkileri/ kullanılabilirlik	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	Doğal kaynak azalması																					
	Biyolojik çeşitlilik/ doğal yaşamın yok olması																					
İnsan sağlığı/ huzur	İşçi/ uygulayıcı sağlığı	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	Bina kullanıcı sağlığı (iç hava kalitesi)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	Toplum sağlığı ve huzuru	4	4	4	3	3	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	
Enerjiye etkiler	Üretim/ İşlem enerjisi	2	2	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Taşıma enerjisi	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	İşletme enerjisine etkiler																					
Bina işletmesi etmenleri	Hedeflenen hizmet ömrü/ dayanıklılık	1	1	1	1	1	1	4	3	1	3	3	4	3	3	2	1					
	Bakım ve onarım gereksinimleri																					
	Tekrar kullanılabilirlik/ geri dönüştürülebilirlik	1	1	1	1	1	1	4	3	1	3	3	4	3	3	2	1					

Anketlerde yer alan üretici firmaların bilgileri doğrultusunda hizmet ömürlerini tamamlayan birçok yapı malzemesinin tekrar kullanım ve geri dönüşüm olanaklarına sahip oldukları bilinmektedir. Fakat Tablo 5'te yer alan etki değerlendirme sonuçları dikkate alındığında bu yapı malzemelerinin tekrar kullanım ve geri dönüşüm potansiyellerinin kullanılmadığı gözlemlenmektedir. Diğer taraftan geri dönüştürülemeyen yapı malzemelerinin elden çıkarılma aşamasında hangi işlemlerden geçtiği hakkında her hangi bir bilgiye ulaşılamamıştır.

2.1 Yorum

Malzeme üreticileri tarafından YDD anketinde verilen bilgiler doğrultusunda çalışmanın son aşamasında, yazarlar anketi yorumlamıştır. Yapı malzemelerinin çevresel performansları disiplinler arası bir komisyon tarafından değerlendirilmelidir. Bu bildiriye yer alan çalışmada böyle bir komisyon bulunmaması nedeniyle yazarlar eksik bilgilerini literatür araştırması ile desteklemişlerdir.

Ulusal ölçütlere bağlı olarak atık salımlarının her bir yaşam döngüsü sürecindeki çevresel öncelikleri bilinmediğinden dolayı etki değerlendirme sonuçları karşılaştırılamamaktadır. Diğer bir deyişle, herhangi bir etki değerlendirmesinin diğerinden ne kadar önemli olduğu öznel ve ancak ulusal ölçütler çerçevesinde belirli kabuller yapılarak nesnel sonuçlar elde edilebilir. Bu nedenle çevre ile ilgili çalışan kurum ve kuruluşlarının ortak çalışmaları sonucu belirlenecek yöntemler ve ölçütler kullanılmalıdır [6]. Örneğin, LCAiT, PEMS, SimaPRO ve TEAM gibi araçlar çevresel etkileri kendi belirledikleri ağırlık katsayılarına göre öznel bir yaklaşımla değerlendirmektedir [8].

Envanter analizi sonuçlarına göre en çok su yalıtım malzemesi üreticisi firmalar ile iletişim kurulmuştur. Fakat bu üreticiler arasında sadece üç firma görüşmeyi kabul etmiştir. Bu sonuca göre, ürünlerinin çevresel performansları hakkında diğer üretici firmaların yeterli bilgiye sahip olmadıkları anlaşılmaktadır. Isı yalıtım malzemeleri arasında da sadece geliştirilmiş polistren incelenmiştir. Diğer ısı yalıtım malzemelerinin çevresel performanslarına yönelik bir inceleme yapılmadığından geliştirilmiş polistrenin çevresel değerleri karşılaştırılamamaktadır. Buna bağlı olarak dış duvar sistemi tasarımında çevresel performansları açısından alternatif ısı yalıtım malzemeleri seçilemeyecektir. Diğer taraftan, ortaya çıkan sonuçlar, geliştirilmiş polistrenin çevresel performansının üreticileri tarafından geliştirilmesine yardımcı olacaktır.

Bazı yapı malzemelerine ait hammaddeler kıtalar arası ya da aynı kıtada diğer ülkelerden taşınarak temin edilirken genelde yapı malzemelerinin üretim öncesi, üretim ve üretim sonrası süreçleri için gerekli taşıma mesafeleri kısa mesafelerden oluşmaktadır. Hammadde temini için gerekli taşıma

mesafelerini azaltmak için, Türkiye’de yapı malzemeleri ile ilgili ağır sanayi üretimlerinin gerçekleştirilmesi gereklidir.

Türkiye’de Marmara Bölgesi’nde üretimi yapılan ilgili yapı malzemelerinin çevresel etmenler etkisi altında kendilerinden beklenen performans gereksinimlerini yeteri kadar karşıladıkları gözlemlenmektedir. Bu sayede bakım onarım sürecinde çevreye olan etkileri de azalmaktadır. Bazı yapı malzemelerinin geri dönüştürülebildikleri, bazılarının da geri dönüştürülebildikleri halde Marmara Bölgesi’ndeki ve hatta Türkiye’deki teknik yetersizliklerden dolayı geri dönüştürülemediği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle yaşam döngüsü sürecinin sonunda yok edilme aşamasında binaların yapı malzemeleri genellikle hafriyat dolgusu olarak atılmaktadır. Ürünlerinin tekrar kullanımı ile ilgili olarak firma yetkilileri yeterli bilgiye sahip değildir.

Dış duvar sistemi tasarımı için yapı malzemelerinin çevresel performanslarına yönelik avantajları ve dezavantajları tasarımcılar tarafından karşılaştırılarak en uygun bileşenler seçilmelidir. Örneğin, yapı tipolojisine bağlı dış duvar sistemi tasarım seçeneklerinin belirlendiği, kısa süreli kullanım amacıyla inşa edilen bir pavyon yapısında dış kaplama malzemesi olarak, üretim enerjisi düşük olduğu için, çimento esaslı kaplamalar ya da geri dönüşüm ve tekrar kullanım potansiyeli yüksek olduğu için metal levhalar kullanılabilir.

3. Sonuç

YDD, yapı malzemelerinin beşikten mezara kadar geçen süreçlerdeki çevresel performanslarının değerlendirilmesi için önemli bir yöntemdir. YDD’nin doğru ve güvenilir bir şekilde uygulanabilmesi için yapı malzemesi üreticileri belirli yöntem, araç ve yönetmeliklerle birlikte yönlendirilmelidir. Ayrıca yerel koşullara bağlı araştırmaların çok önemli olduğu YDD çalışmasında yapı malzemelerini değerlendirme sürecinin geliştirilmesi için disiplinler arası çalışmalar gerçekleştirilerek yerel değerlendirme parametreleri oluşturulmalıdır. Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülkede yapma çevrenin sürdürülebilir gelişimine yönelik altyapının geliştirilmesi için gelişmiş ülkelerin güncel önlem paketlerinden farklı olarak başlangıç seviyesinde basit önlemler alınarak az sayıda parametrenin oluşturulduğu uygulanabilir süreçler izlenmelidir. Çevresel parametrelerin kontrollü bir şekilde artırıldığı yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmasının gelişim sürecinde, yapı malzemesi üreticileri tarafından alınması gereken önlemler de uygulanabilir bir özellik kazanır. Örneğin, ilk aşamada tüm sera gazı salımları yerine sadece CO₂ salımları gözlemlenebilir. Sürecin kontrol altına alınması ile birlikte diğer sera gazı salımları da gözlem altına alınarak daha geniş kapsamlı araştırmalar yapılabilir.

Teşekkür

Yazarlar, yapı malzemelerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi için gerekli olan anket çalışmalarına destek veren Marmara Bölgesi’ndeki üretici firmalara teşekkür eder.

Kaynaklar

- [1] Trinius W ve Sjöström C (2007) Sustainability in Building Construction-International Standards in Progress, Journal of ASTM International, Vol.4, No.7, <http://www.astm.org> [alındığı tarih 19/07/2009]
- [2] Hegger M, Fuchs M, Stark T ve Zeurner M (2008) *Energy Manual Sustainable Architecture*, Birkhauser, Basel, İsviçre
- [3] Edwards S ve Bennett P (2003) *Construction products and life-cycle thinking*, UNEP Industry and Environment, 26(2-3), s.57-61, <http://www.uneptie.org/media/review/vol26no2-3/005-098.pdf> [alındığı tarih 20/07/2009]
- [4] Türk Standartları Enstitüsü, <http://www.tse.org.tr>
- [5] Trusty W (2006) *The Environmental Side of Sustainability: Using Life Cycle Assessment to Assess True Performance*, National Research Council, Institute for Research in Construction, Kanada, <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca> [alındığı tarih 20/05/2009]
- [6] E 2432 (2005) *Standard Guide for General Principles of Sustainability Relative to Buildings*, ASTM, ABD
- [7] Demkin J A (1998) *Environmental Resource Guide*, John Wiley & Sons, Kanada
- [8] Menke D M, Davis G A ve Vigon B W (1996) Evaluation of life-cycle assessment tools, <http://isse.utk.edu/ccp/pubs/pdfs/LCAToolsEval.pdf> [alındığı tarih 08/10/2009]