



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

*Araştırma Makalesi*

## Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Kapsamında Yapı Ürünlerinin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi

Arzuhan Burcu GÜLTEKİN<sup>a,\*</sup>, Gülser ÇELEBİ<sup>b</sup>

<sup>a</sup> İnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE

<sup>b</sup> Mimarlık Bölümü, Sanat ve Tasarım Fakültesi, Alanya HEP Üniversitesi, Antalya, TÜRKİYE

\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: arzuhanburcu@yahoo.com

### ÖZET

İnsanların sağlıklı olarak yaşamlarını sürdürebilmesi ve çevre kalitesinin iyileştirilmesi için yapı ürünlerinin çevresel etkileri yaşamları boyunca değerlendirilmelidir. Yaşam döngüsü olarak adlandırılan bu süreç, hammaddenin çıkarılması, üretim, yapım, kullanım, yıkım ve yıkım sonrası evreleri kapsar. Yapı ürünleri yaşam döngülerinin her evresinde farklı çevresel etkilere sebep olabilir. Uzun hizmet ömrüne sahip olan bu ürünler, kullanım evresi boyunca belirli yöntem ve aralıklarla bakım-onarım gerektirir. Yapı ürünleri, bakım-onarım yöntem ve aralıklarıyla ilişkili olarak kullanım evresinde insan sağlığını olumsuz etkileyen çevresel etkilere sebep olabilir. Bu amaçla bu çalışmada, yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) yöntemi kapsamında yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin yaşam döngüleri boyunca değerlendirilmesine yönelik açık uçlu bir model önerilmiştir. Bu model, duvar kağıtlarının kullanım evresindeki bakım-onarımının sebep olduğu çevresel etkilerin değerlendirildiği bir örnek çalışma ile somutlaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yaşam döngüsü değerlendirme, Yapı ürünleri, Çevresel etki, Kullanım evresi, Bakım-Onarım, Duvar kağıtları

## Proposal of a Model for Assessment of the Environmental Impacts of Construction Products within the Context of Life Cycle Assessment Methodology

### ABSTRACT

The environmental impacts of the construction products should be assessed during their lives to sustain healthy human life, and to improve the environmental quality. This process, which is called life cycle, consists of extraction of raw materials, production, construction, usage, demolition, and after demolition stages. Construction products may cause various environmental impacts during each stage of their life cycles. These products, which have long service lives, require maintenance with some methods and intervals during usage stage. The construction products may cause environmental impacts that derange human health related to these methods and intervals. For this purpose, an open-end model for assessment of the environmental impacts of

construction products during their life cycles within the context of life cycle assessment (LCA) methodology was proposed in this study. The model was concretized by a case study of an assessment of the environmental impacts of wallpapers related to maintenance in the usage stage.

*Keywords: Life cycle assessment, Construction products, Environmental impact, Usage stage, Maintenance, Wallpapers*

## I. GİRİŞ

Dünyada çevre kirliliği arttıkça çevre bilinci gelişmeye başlamıştır. Çevre bilincine koşut olarak tüm sektörlerin temel hedefi, insanların sağlıklı olarak yaşamını sürdürebilmesi ve çevre kalitesinin iyileştirilmesi olmuştur [1]. Bu hedef kapsamında, sektörler bazı yöntemlerle ürünlerinin çevresel performansını denetlemeye başlamıştır. Bu yöntemlerden biri de “Yaşam Döngüsü Değerlendirme - YDD (Life Cycle Assessment - LCA)” dir [2]. Endüstriyel ürünlerin çevresel etkilerinin yaşamları boyunca değerlendirilmesine yönelik olarak ortaya çıkan YDD yöntemi, zamanla yapı sektörü tarafından da benimsenmiştir [3]. Bu kapsamda yapı sektörü, yapı ürünlerinin (yapı malzemesi veya bileşeni) çevresel etkilerini yaşamları boyunca değerlendirmeye başlamıştır.

Yapı ürünlerinin yaşamları döngüsel bir süreçtir. Bu süreç, hammaddenin çıkarılması, üretim, yapım, kullanım, yıkım ve yıkım sonrası evreleri kapsar [4]. Yapı ürünleri, yaşam döngülerinin her evresinde farklı çevresel etkilere sebep olabilir. Bu evrelerdeki çevresel etkilerin değerlendirilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda genellikle kullanım evresi dikkate alınmamaktadır [5-9]. Yapı ürünleri diğer endüstriyel ürünlere göre daha uzun hizmet ömrüne sahiptir [10]. Bu nedenle, bu ürünler kullanım evreleri boyunca belirli yöntem ve aralıklarla bakım-onarım gerektirir [11]. Bu yöntem ve aralıklarla ilişkili olarak yapı ürünleri kullanım evrelerinde insan sağlığını olumsuz etkileyen çevresel etkilere sebep olabilir.

Bu çalışmanın amacı, yapı ürünlerinin yaşam döngüleri boyunca sebep olabileceği çevresel etkilerin değerlendirilmesidir. Bu bağlamda çalışmada, YDD yöntemi kapsamında yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik açık uçlu bir model önerilmektedir. Bu model, herhangi bir yapı ürününün tüm yaşam döngüsü evrelerinde sebep olabileceği çevresel etkilerin değerlendirilmesi için kullanılabilir. Önerilen modelin somutlaştırılması amacıyla çalışmada örneklem yapı ürünü olarak son yıllarda tüm yapı gruplarında kullanımı gittikçe yaygınlaşan duvar kağıtları seçilmektedir.

Duvar kağıtlarının yapısında bulunan elementler belirli yoğunlukların üzerinde bulduklarında insan sağlığını olumsuz etkileyebilecek salımlarla yaşam döngülerinin her evresinde çevresel etkilere sebep olabilir. Ancak kullanım evresinin dikkate alındığı bu çalışmada, duvar kağıtlarının kullanım evresinde diğer yaşam döngüsü evrelerinden daha önemli çevresel etkilere sebep olduğu varsayılmaktadır. Duvar kağıtları, kullanım evresi boyunca belirli aralıklarla bakım-onarım gerektirir [12, 13]. Bakım-onarımın sebep olduğu çevresel etkiler insan sağlığını olumsuz etkileyecek ve ölüme sebep olacak boyutta olabilir. Bu çalışmada önerilen model kapsamında, duvar kağıtlarının kullanım evresindeki bakım-onarımının sebep olduğu çevresel etkiler ile insan sağlığı arasındaki ilişki niceliksel olarak değerlendirilmektedir.

## II. YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME (YDD) YÖNTEMİ

Yaşam döngüsü, bir ürünün hammaddelerinin çıkarılmasından başlayıp, işlenmesi, paketlenmesi, taşınması, yapımı, kullanımı, gerektiği zamanlarda bakım-onarımı, ömrünü tamamladığında atılması, geri dönüştürülmesi, birtakım işlemlerden geçirilerek yeniden kullanıma hazır hale getirilmesine kadar geçen süreçtir [14]. Yaşam döngüsüne yönelik ilk fikirler 1960'lı yıllarda enerjinin etkin kullanımı, hammadde tüketimi ve atık maddeler gibi çevre sorunlarıyla ilgili veri çalışmalarıyla başlamış [48] ve bu çalışmalar 1980'li yılların sonunda hızlanmıştır [15]. 1992'de ise YDD, yapı ürünlerinin yaşam döngüleri boyunca sebep olduğu çevresel etkilerin değerlendirilmesini sağlayan bir yöntem olarak küresel ölçekte kabul görmüştür [16]. YDD, bir ürün veya hizmetin olası çevresel etkilerini değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir [17]. Endüstriyel ürünlerin çevresel etkilerinin yaşam döngüleri boyunca değerlendirilmesine yönelik ortaya çıkan YDD yöntemi, zamanla yapı sektörü tarafından da benimsenmiştir.

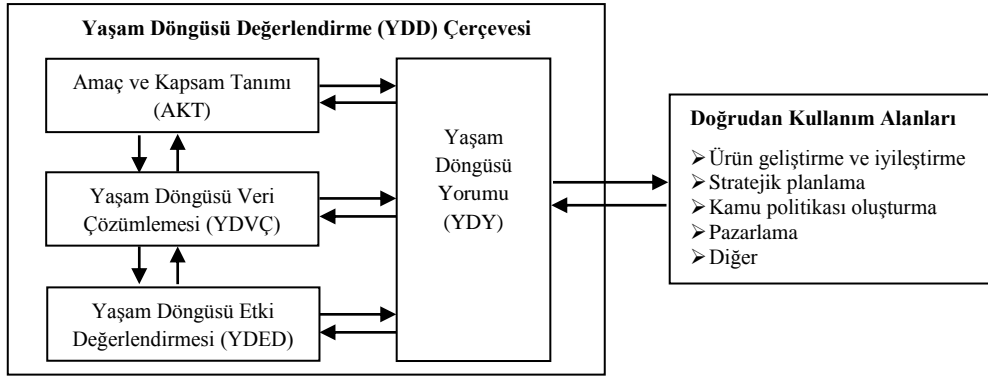
YDD yönteminde "yaşam döngüsü" kavramı bir ürün veya hizmetin "beşikten mezara" izlenmesini ifade etmektedir. "Beşik", ürün veya hizmetin üretiminde kullanılan hammaddenin çıkarılması ve gerekli olan enerji kullanımını kapsayan sürece yöneliktir. "Mezar" ise ürün ve kullanılan kaynakların doğaya geri döndüğü yer ve zaman olarak tanımlanan sürece ilişkin bir kavramdır [18]. Uluslararası standart ISO 14040'a göre YDD yöntemi aşağıdaki alanlarda kullanılmaktadır [19].

- Bir ürün veya hizmetin farklı yaşam döngüsü evrelerinde çevreyle ilişkisinin tanımlanarak bu ürün veya hizmetin geliştirilmesi ve iyileştirilmesinde,
- Kamuda ve özel sektörde, stratejik planlama, öncelik belirleme, ürün ve hizmetlerin tasarımı ve mevcut tasarımların yenilenmesi konularında karar verilmesinde,
- Ölçüm tekniklerini de içerecek şekilde çevresel performans göstergeleriyle ilgili kamu politikası oluşturulmasında,
- Çevresel bildirimler ve çevre etiketi gibi pazarlama araçlarının geliştirilmesinde.

Yukarıda kullanım alanları sıralanan YDD yöntemi, sistemler yaklaşımı kapsamında yapıyı bir sistem olarak ele almaktadır. Yapı sistemi girdi, süreç, çıktı, ileri/geri besleme ve çevre öğelerini kapsar. Yapı sisteminin alt sistemlerinden biri yapı ürünleri sistemidir. Yapı ürünlerinin sebep olduğu çevresel etkilerin YDD yöntemi kapsamında değerlendirilebilmesi için yöntemin sınırları bir çerçeve ile belirlenmelidir.

### *A. YDD YÖNTEMİNİN ÇERÇEVESİ*

Bir yapı ürününün yaşam döngüsündeki çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için sistem sınırları dahilinde, *yapı ürünü, yapı ürününün yaşam döngüsü ve yapı ürünü sistemi* tanımlanmalıdır [20]. Bu tanımlama için sistematik bir yöntem olan "yaşam döngüsü değerlendirmeden (YDD)" yararlanılabilir. YDD, tanımlanan amaç ve kapsam doğrultusunda, yapı ürünleri sisteminin girdi ve çıktılarıyla ilgili verilerin dökümünün yapılması, yapı ürünlerinin sebep olabileceği olası çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve değerlendirme sonuçlarının yorumlanmasında kullanılan bir yöntemdir [21]. YDD yöntemi, ileri/geri beslemeli ve tekrarlanabilir özellikte olup Şekil 1'de ifade edilen 4 aşamadan oluşmaktadır [19].



Şekil 1. YDD yönteminin çerçevesi ve kullanım alanları arasındaki ilişki [19, 22]

### A.1. AMAÇ VE KAPSAM TANIMI (AKT)

YDD' nin ilk aşaması olan AKT de çevresel etkileri değerlendirilecek olan yapı ürünü sistemi, bu sistemle ilgili kabul edilen varsayımlar, işlevsel birim, sistem sınırları, dağıtım yöntemleri ve veri kalite gerekleri tanımlanmalı; eleştirel gözden geçirme ve rapor hazırlamayla ilgili kararlar verilmelidir [19].

*Yapı ürünü sistemi:* Çevresel etkileri değerlendirilecek olan yapı ürünü sistemi, AKT aşamasında net olarak tanımlanmalıdır. Tanımlanan yapı ürünü sistemiyle ilgili varsayımların bu aşamada belirlenmesi YDD çalışmasında öznellik sağlanması açısından önemli olabilir.

*Varsayımlar:* Yapı ürünü sisteminin yaşam döngüsündeki çevresel etkilerin değerlendirilmesinde hizmet ömrü, bakım ve onarım yöntemleri ve aralıkları, yapının veya yapı ürününün yeniden işlevlendirilmesi ve yenileme çalışmaları, atık işleme (yıkım/yeniden kullanım/geridönüşüm yolları) ve destekleyici sistemlerin (örn. enerji sağlama, taşıma) teknolojik gelişimi ile ilgili varsayımlar dikkate alınabilir.

*İşlevsel birim:* İşlevsel birim, bir yapı ürününün kullanım amacını ve yararını belirler. Bir YDD çalışmasında, yapı ürününün işlevini yerine getirmesi için gerekli olan miktar  $m^2$ ,  $m^3$ ,  $kg$ ,  $lt$  gibi ölçülebilir birimlerle tanımlanmalıdır [18]. ISO 14040'a göre YDD çalışmalarının sonuçlarının yorumunda, karşılaştırılan sistemlerin eşdeğerliliği önemlidir. Bu tip bir karşılaştırmada yapı ürününün kendisinin değil; işlevsel özelliğinin dikkate alınması sonuçların doğru ve güvenilir olmasını sağlayacaktır [23].

*Sistem sınırları:* Yapı ürünü sistemi, birbirlerine ara ürün akışları ve atık işleme akışlarıyla bağlı olan birim işlemlerden oluşur. Birim işlemlerin, başka bir ürün sistemine ve çevreye de temel akışlarla bağlantıları vardır. Bir yapı ürünü sisteminin sınırlarını birim işlemler tanımlar. Bir YDD çalışmasının sistem sınırları kapsamında, bu çalışmada dikkate alınacak birim işlemler belirlenmelidir [24].

*Dağıtım yöntemleri:* Dağıtım, yapı ürünü sistem sınırlarındaki girdi ve çıktı akışlarının, bu sınırlardaki birim işlemlere ayrıştırılarak dağıtılması anlamına gelmektedir [25]. Birim işlemler, ek birim işlemleri ve yan ürünlere ilişkin birim işlemleri de kapsayabilir [19].

*Veri kalite gerekleri:* Bir YDD çalışmasının sonuçlarının güvenilir olması ve doğru yorumlanması için verilerin zaman (örn. son beş yıl içindeki veriler), coğrafya (yerel, bölgesel, ulusal, kıtalararası, küresel) ve teknoloji (örn. geleneksel teknoloji, gelişmiş teknoloji gibi) ile ilgili değişkenlerini kapsayan veri kalite gereklerinin tanımlanması önemlidir [20, 26].

*Eleştirel gözden geçirme:* Bir YDD çalışmasında kullanılan yöntem ve verilerin ISO standartları ile tutarlılığı, çalışmanın amaç ve kapsamına uygunluğu, bilimsel/teknik geçerliliğini doğrulamak üzere çalışmanın eleştirel yaklaşımla gözden geçirilmesi gerekebilir [27, 28]. Bu gereklilik, AKT’ de belirtilmelidir. Eleştirel gözden geçirme, YDD çalışmasının yürütüldüğü kuruluştaki uzmanlar, kuruluş dışı uzmanlar veya kamu kuruluşları, gönüllü gruplar ve rakip kuruluşlar gibi ilgili taraflardan oluşturulmuş uzmanlarca yapılabilir [29]. Kamuoyuna açıklanacak karşılaştırmalı YDD çalışmalarında eleştirel gözden geçirme zorunludur [19].

*Rapor hazırlama:* YDD çalışmasının sonuçlarının çalışmayı yapan kuruluş dışında bir kuruluşa, ilgili taraflara veya kamuoyuna sunulması gerekebilir. ISO 14040’a göre bu durumda, çalışma sonuçlarını içeren şeffaf bir rapor hazırlanmalıdır. Bu gereklilik, çalışmanın amaç ve kapsamında belirtilmelidir [19].

## A.2. YAŞAM DÖNGÜSÜ VERİ ÇÖZÜMLEMESİ (YDVÇ)

YDVÇ aşaması, bir yapı ürünü sistemindeki girdi ve çıktılarla ilgili *veri toplama yöntemleri ve hesaplama yöntemlerinin oluşturulmasını ve sistem sınırlarının kesinleştirilmesini* kapsamaktadır [19]. Bu aşamada, AKT’ de tanımlanan yapı ürünü sistemi ve bu sistemin sınırlarındaki birim işlemlere ilişkin girdi ve çıktılarla ilgili verilerin toplanması gerekir. Bir yapı ürünü sisteminin girdileri enerji, su, malzeme gibi kaynaklar; çıktıları ise hava, su ve toprağa salımlar, su esaslı atıklar, katı atıklar ve yan ürünler olabilir [30]. Yeterli kalite ve miktarda veri toplanması kapsamlı bir çalışma olup uzun zaman ve yoğun kaynak kullanımı gerektiren bir süreçtir [26]. Bu süreçte, verilere sistematik ve hızlı bir şekilde ulaşabilmek için *veri toplama yöntemleri* oluşturulabilir. Ancak veri toplama sürecinde, çalışmanın amacına ulaşmasını engelleyen kısıtlar veya yeni veri gereksinimleri ortaya çıkabilir. Bu durum, veri toplama yöntemlerinde veya çalışmanın amaç ve kapsamında değişiklik yapılmasını gerektirir. YDD ileri/geri beslemeli ve tekrarlanabilir bir yöntem olduğu için bu aşamadaki yeni veri gereksinimleri ve kısıtlara bağlı olarak YDD çalışmasının amaç ve kapsamı değiştirilebilir.

ISO 14049’a göre, tanımlanan amaç ve kapsam doğrultusunda oluşturulan veri toplama yöntemiyle elde edilen verilerin yeterli miktar ve kalitede olduğu *onaylanmalıdır* [31]. Toplanan veriler *birim işlemlerle ilişkilendirilerek* birim işlem başına veriler; *işlevsel birimle ilişkilendirilerek* işlevsel birim başına veriler onaylanabilir. Sistem sınırlarının kesinleştirilmesi için onaylanan verilerin çalışmanın amaç ve kapsamına uygun olarak *derlenmesi* ve niceliksel olarak *hesaplanması* gerekir [26].

## A.3. YAŞAM DÖNGÜSÜ ETKİ DEĞERLENDİRMESİ (YDED)

YDED, YDVÇ’den elde edilen sonuçlara göre yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin değerlendirildiği aşamadır [32]. Bu değerlendirme için ISO 14040 ve ISO 14047’ye göre bu aşamada, zorunlu ve zorunlu olmayan elemanlar tanımlanmalı ve eleman akışları oluşturulmalıdır [19, 33].

*Zorunlu elemanlar*, etki sınıflarının seçimini, sınıf göstergelerinin saptanmasını ve tanımlama modellerinin oluşturulmasını kapsamaktadır. Bir yapı ürününün çevresel etkilerini değerlendirmek için öncelikle çevresel etkilerin sınıflandırılması gerekir. *Sınıflandırma*, YDVÇ’den alınan verilerin ileri/geri besleme kapsamında yeniden düzenlenerek etki sınıflarına atanmasıdır. ISO 14040’a göre çevresel etki sınıfları *sınıf göstergelerine* ve her bir sınıf göstergesi de *sınıf uç noktalarına* dönüştürülebilir. Sınıf göstergeleri etki sınıflarının sonuçlarını; sınıf uç noktaları ise korunmaya alınması gereken alanları ifade etmektedir [19]. Tablo 1’de farklı kaynaklardan derlenen olası etki sınıfları ile bu etki sınıflarının olası göstergeleri ve uç noktaları ifade edilmektedir [34-42].

**Tablo 1. Etki sınıflarının olası sınıf göstergeleri ve sınıf uç noktaları**

ETKİ SINIFI	SINIF GÖSTERGESİ	SINIF UÇ NOKTASI
İklim Değişikliği	Küresel ısınma, çölleşme, çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, mercan kayaları, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, sucul ve karasal canlılar
Stratosferdeki Ozon Tükенimi	Ozon tabakasının delinmesi, çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, insan cildi, sucul ve karasal canlılar
Asitleşme	Asit yağmurları, çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, sucul ve karasal canlılar, yapılar
Besin Birikimi	Sulardaki oksijenin azalması	İnsan sağlığı, sucul canlılar
İnsan Zehirlenmesi	Zihinsel bozukluk, kanser, sarılık, siroz, astım, alerji, böbrek yetmezliği, kemik deformasyonu, kemik erimesi	İnsan sağlığı
Ekolojik Zehirlenme	Bitki ve hayvan türlerinin tüketimi	İnsan sağlığı, mercan kayaları, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, sucul ve karasal canlılar
Kaynak Tükенimi	Kuraklık, çölleşme, bitki ve hayvan türlerinin tüketimi	İnsan sağlığı, mercan kayaları, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, sucul ve karasal canlılar
Fotokimyasal Oksit Oluşumu	Sis, çeşitli hastalıklar, bitki türlerinin tüketimi	İnsan sağlığı, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri
Kirlilik (Hava, Su, Toprak)	Bitki ve hayvan türlerinin tüketimi, çölleşme, çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, sucul ve karasal canlılar
Biyoeçitliliğin Zarar Görmesi	Bitki ve hayvan türlerinin tüketimi	İnsan sağlığı, doğal bitki örtüsü, ormanlar, sucul ve karasal canlılar

Tablo 1’de ifade edilen etki sınıfları, oluşturulacak bir *model* kapsamında tanımlanabilir ve tanımlanan etki sınıfı hesaplanarak sınıf göstergelerine dönüştürülebilir. Hesaplama, etki sınıflarının sonuçlarının ortak birimlere dönüştürülerek sunulmasını ifade etmektedir [33]. Bu dönüştürme için yeni hesaplama yöntemleri oluşturulabilir; mevcut hesaplama yöntemleri (örn. YDD bilgisayar programları) veya YDED’nin zorunlu olmayan elemanları kullanılabilir. Bu elemanlar, *normalleştirme*, *gruplandırma* ve *ağırlıklandırma* kapsamaktadır (Şekil 2). Normalleştirme, sınıf gösterge sonuçlarının büyüklüklerinin hesaplanmasında; gruplandırma, etki sınıflarının niteliklerine göre sınıflandırılması veya derecelendirilmesinde kullanılabilir. Ağırlıklandırma ise değer ölçütlerine dayanan sayısal katsayılar kullanılarak etki sınıflarının sonuçlarının tek boyutlu bir değere dönüştürülmesi için kullanılabilir [34, 35].

Günümüzde, çevresel etki sınıflarının değerlendirilmesine yönelik modeller üzerine bilimsel çalışmalar devam etmektedir. Ancak, dünya çapında kabul görmüş modeller henüz geliştirilememiştir. Bu kapsamda bilimsel çalışmalarla mevcut modeller geliştirilmeli ve yeni modeller oluşturulmalıdır.

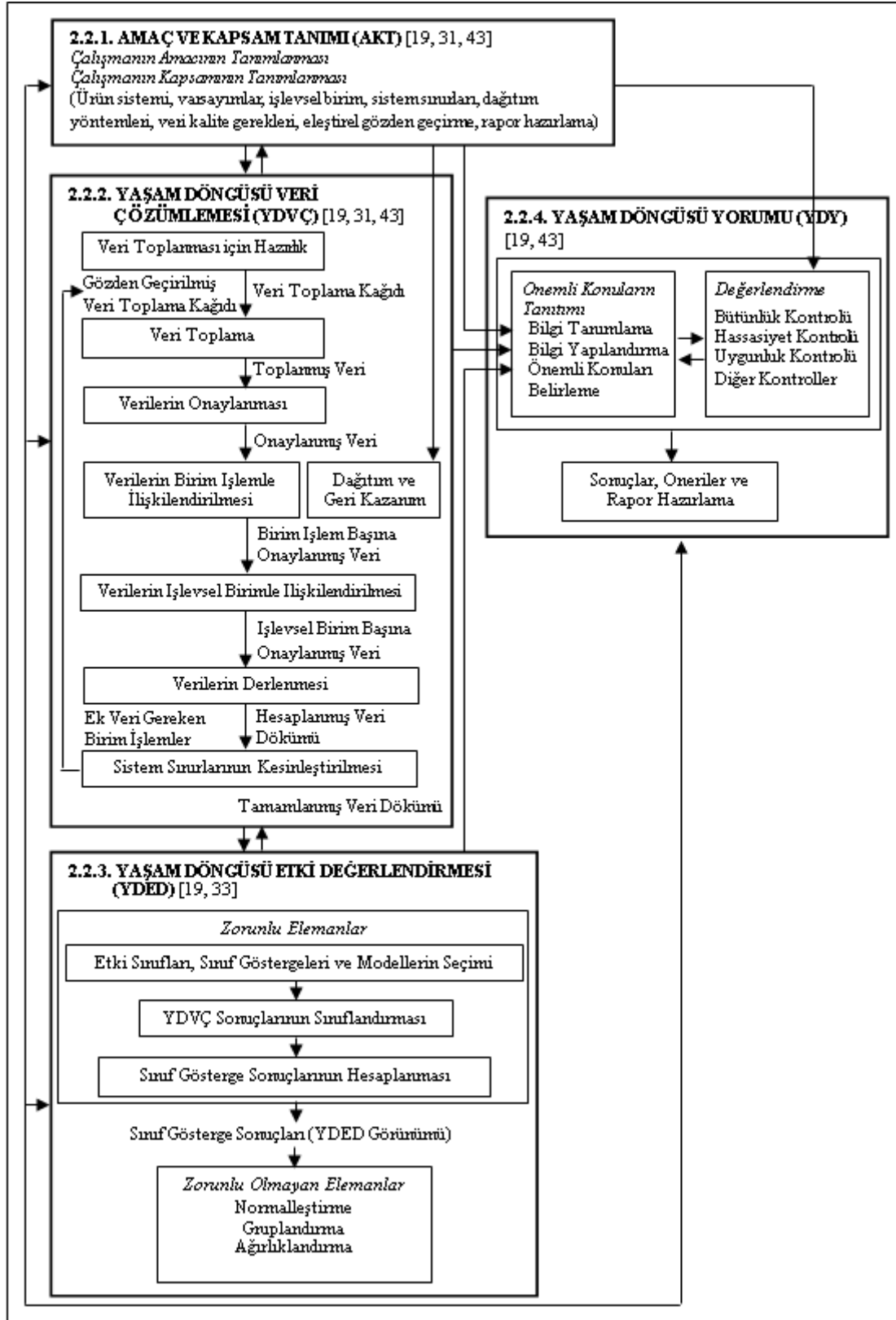
#### A.4. YAŞAM DÖNGÜSÜ YORUMU (YDY)

YDY, YDD’nin amaç ve kapsamına göre yapılır. YDY’nin amacı, çalışmadaki kısıtları açıklamak, YDVC ve YDED bulgularına dayalı sonuçları çözümlemek, ulaşılan sonuçlar ve önerileri şeffaf bir rapor haline getirerek çalışmanın anlaşılabilirliğini sağlamaktır. ISO 14040’a göre YDY, önemli konuların tanıtımı, değerlendirme, eleştirel gözden geçirme ve rapor hazırlanmasını kapsar [19].

*Önemli konuların tanıtımı*, bilginin tanımlanması, bilginin yapılandırılması ve önemli konuların belirlenmesini gerektirir. Bir YDD çalışmasında dikkate alınan işlevsel birim ve birim işlemler gibi *bilgiler tanımlanmalı* ve YDD aşamalarına uygun olarak *yapılandırılmalıdır*. *Yapılandırma* kapsamında, YDVC’deki girdi ve çıktılar ve YDED sonuçları değer ölçütü, veri listesi, model, Tablo ve çubuk diyagramlarla sunulabilir. Bu aşamada *önemli konuların belirlenmesi* ise çalışma sonuçlarının güvenilirliğini arttırmak açısından yararlı olabilir.

ISO 14040'a göre belirlenen *önemli konuların değerlendirilmesi* için bütünlük, hassasiyet ve uygunluk kontrolleri yapılmalıdır. *Bütünlük kontrolüyle* YDY için gerekli olan bilgi ve verilerin eksiksiz ve ulaşılabilir olması sağlanabilir. *Hassasiyet kontrolüyle* çalışma sonuçlarının veriler, dağıtım yöntemleri ve veri kalite gereklerinin hesaplanmasındaki belirsizliklerden etkilenip etkilenmediği; *uygunluk kontrolüyle* ise çalışmadaki varsayım, yöntem ve verilerin AKT'ye uygunluğu değerlendirilebilir. Bu aşamada, AKT'ye göre çalışma eleştirel bir yaklaşımla gözden geçirilebilir ve yetkili kişi, kuruluş, ilgili taraf veya kamuya sunmak üzere YDY sonuçlarını içeren şeffaf bir rapor hazırlanabilir [19, 43].

YDD yönteminin aşamalarının anlaşılabilirliği için yöntem çerçevesi Şekil 2'de ISO 14040 standartları serisi [19, 26, 31, 33, 43-47] kapsamında şematik olarak özetlenmektedir.



\*Karşılaştırmalı YDD çalışmalarında zorunludur [19, 22].

**Şekil 2.** “Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD)” yöntemi çerçevesi [19, 26, 31, 33, 43-47]



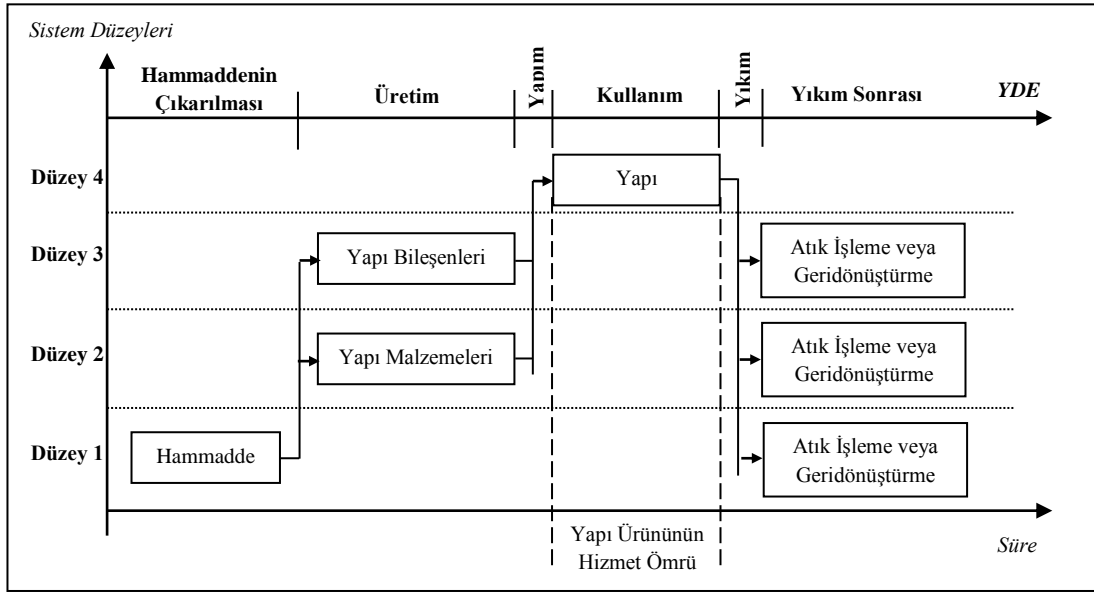
## B. YAPI SEKTÖRÜNDE YDD YÖNTEMİNİN KULLANIMI

YDD yönteminin yapılara uygulanmasında bazı sorunlarla karşılaşılabilir. Bu sorunlar, yapı ürünlerinin hizmet ömürlerinin diğer endüstriyel ürünlere göre daha uzun olmasından ve bu ürünlerin çevresel etkileriyle ilgili bilgi eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Yapı sektöründe her yapı farklı özellik ve işleve sahip olabilir. Bir yapının çevresel etkilerinin YDD yöntemi ile değerlendirilmesi için bu yapının işlevi tanımlanmalıdır. Ancak, bir yapının işlevi teknik yapısı (yapım tekniği) ile olduğu kadar işlevsel özellikleriyle de (konut gibi) tanımlanabilir. Bu durumda, yapıların işlevlerinin uluslararası standartlara göre tanımlanması her zaman mümkün olmayabilir [18]. Bir yapı ürününün çevresel etkilerinin YDD yöntemi ile değerlendirilmesi için bu yapı ürününün kendisi değil; işlevsel özellikleri dikkate alınmalıdır. Bu durumda, bir yapı ürününün işlevini yerine getirmesi için gerekli olan miktar, bir işlevsel birimle tanımlanabilir. Ancak, yapı ürünlerinin değerlendirilmesi için uluslararası standartlara uygun bir işlevsel birim oluşturmak her zaman mümkün olmayabilir [48].

Yapı ürünleri uzun hizmet ömrüne sahiptir. Bu nedenle, bu ürünler kullanım evresinde önemli çevresel etkilere sebep olabilir [36]. Uzun hizmet ömrüne sahip yapı ürünleri kısa hizmet ömrüne sahip endüstriyel ürünlere göre daha fazla bakım-onarım gerektirir [11]. Bu durumda, yapı ürünlerinin kullanım evresindeki bakım-onarımlarının sebep olduğu çevresel etkilerin değerlendirilmesi, diğer yaşam döngüsü evrelerindeki etkilerin değerlendirilmesinden daha önemli olabilir. Bu değerlendirme için yapı ürünlerinin hizmet ömürleri belirlenmelidir. Ancak, yapı ürünlerinin yapıdaki işlevlerinin bilinmesi, hizmet ömürlerinin belirlenmesi açısından önemlidir. Aynı yapı sisteminde kullanılan, farklı işlevlere sahip, aynı yapı ürünlerinin hizmet ömürleri birbirinden farklı olabilir [10]. Örneğin, ahşap yapı malzemesinin yer döşeme kaplaması veya taşıyıcı sistem elemanı olarak kullanımında hizmet ömürleri de farklıdır. Benzer şekilde, aynı yapı sisteminde kullanılan, aynı işlevlere sahip, farklı yapı ürünlerinin hizmet ömürleri de birbirinden farklı olabilir. Örneğin, farklı duvar kaplamalarının hizmet ömürleri de birbirinden farklıdır.

Yukarıda açıklanan kısıtlar YDD yönteminin yapı sektöründe uygulanabilirliğini güçleştirmektedir. Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü evreleri ve bu evreler kapsamındaki sistem düzeylerinin belirlenmesi, YDD yönteminin yapı sektöründe uygulanabilirliği açısından yararlı olabilir. Şekil 3'e göre bir yapı ürününün yaşam döngüsünde, 4 sistem düzeyine yerleşen 6 evre vardır. *Yaşam döngüsü evreleri* (YDE), ürünün yaşam döngüsünde kronolojik olarak sıralanan evrelerle, *sistem düzeyi* ise yapı ürününün yapıya katıldığı düzeylerle (hammadde, malzeme, bileşen, atık) ilgilidir [18].

Yapı ürünleri her evrede farklı çevresel etkilere sebep olabilir. Bu etkiler, yapı ürünlerinin hammaddelerinin çıkarılmasından başlayıp, işlenmesi, paketlenmesi, taşınması; yapının inşa edilmesi, kullanımı, gerektiği zamanlarda bakım-onarımı; ömrünü tamamladığında atılması, geridönüştürülmesi, birtakım işlemlerden geçirilerek yeniden kullanıma hazır hale getirilmesine kadar geçen bir süreç içinde değerlendirilmelidir. Bu değerlendirmeye “yapı ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi” denir [4,27, 49].



Şekil 3. Bir yapı ürününün yaşam döngüsü evreleri ve sistem düzeyleri arasındaki ilişki [18, 48, 50]

*Hammaddenin çıkarılması evresi*, bir yapı ürününün hammadde olarak kaynağından çıkarılmasıyla başlayıp işlenmek üzere fabrikaya veya bazı durumlarda da doğrudan kullanım için inşaat alanına taşınmasıyla sona erer. Bu evrede yapı ürünleri sistem düzeyi 1 kapsamında olup hammadde bazındadır.

*Üretim evresi*, kaynağından çıkarılmış olan hammaddenin fabrikaya getirilmesiyle başlayıp; işlenmesi, paketlenmesi ve inşaat alanına taşınmasıyla sona erer. Yapı ürünü, fabrikada malzeme veya bileşen bazında üretilebildiği gibi; inşaat alanında da farklı malzeme katmanlarıyla bir yapı bileşeni oluşturulabilir. Yapı ürününün tipine göre sistem düzeyi değişebilir. Malzeme bazında üretilenler sistem düzeyi 2, bileşen bazında üretilenler sistem düzeyi 3 kapsamındadır.

*Yapım evresi*, inşaat alanına yapı ürünlerinin getirilmesiyle başlayıp, yapının yapımıyla sona erer. Bu evrede yapı ürünleri sistem düzeyi 1, 2 ve/veya 3'ten sistem düzeyi 4'e ulaşır. Böylece yapı ürünleri işlev kazanır.

*Kullanım evresi*, yapımı tamamlanan yapının kullanıldığı ve gerektiği dönemlerde bakım - onarımının yapıldığı (temizlendiği - yıpranan, zarar gören bölümlerinin yenilendiği) evredir. Bu evrede yapı ürünleri, bir işleve hizmet etmeye başlar. Yapı ürünlerinin kullanım evresindeki çevresel etkileri, bakım-onarım yöntemleri ve aralıklarına göre değişir. Kullanım evresinde yapı ürünleri sistem düzeyi 4 kapsamında olup bu ürünler hizmet ömrünü tamamlayana kadar kullanımları devam eder.

*Yıkım evresi*, yapının yıkılarak hizmet ömrünün sona erdiği evredir. Yapının yıkımı, yapı ürünlerinin sahip olduğu işlevlerin de sona ermesi demektir.

*Yıkım sonrası evre*, bir önceki evrede yapının yıkımıyla yapıdaki işlevini tamamlayan yapı ürünlerinin atıldığı evredir. Yapıdan artakalan malzeme ve/veya bileşen bazındaki yapı ürünleri, geri dönüştürülerek veya yeniden kullanılarak yeni bir uygulamada değerlendirilebilir veya farklı yöntemlerle atılabilir. Bu evrede, yapı ürünleri yeni bir işlev için değerlendirilme şekillerine (hammadde, malzeme ve bileşen) göre sistem düzeyi 1, 2 veya 3 kapsamında olabilir.

### III. YDD YÖNTEMİ KAPSAMINDA YAPI ÜRÜNLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ

Bu bölümde, YDD yöntemi çerçevesinin yapı sektöründeki ilgili aktörler tarafından anlaşılabilirlik ve uygulanabilirliği için rehber bir çerçeve oluşturmak amacıyla örnek bir YDD çalışması yapılmaktadır. Bu çalışmanın, yapı sektöründeki aktörlerin YDD yöntemi ile yapacakları bir değerlendirmede uygulama pratiği kazanmalarına katkı sağlaması hedeflenmektedir. Örnek çalışmanın ilk aşamasında çalışmanın amaç ve kapsamı tanımlanmakta, bu tanım doğrultusunda ikinci aşamada veri toplama yöntemi oluşturulmakta ve veri çözümlenmesi yapılmaktadır. Bu verilerin girdi olarak kullanıldığı üçüncü aşamada ise yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin yaşam döngüleri boyunca değerlendirilmesine yönelik açık uçlu bir model önerilmektedir. Bu model, herhangi bir yapı ürününün tüm yaşam döngüsü evrelerinde sebep olabileceği çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için kullanılacak özelliktedir. Önerilen model, duvar kağıtlarının kullanım evresindeki bakım-onarımının sebep olduğu çevresel etkiler değerlendirilerek somutlaştırılmaktadır. Örnek çalışmanın son aşamasında ise değerlendirme sonuçları yorumlanmakta ve öneriler sunulmaktadır. Örnek çalışma, bölüm sonunda yer alan Şekil 10'da, YDD yöntemi çerçevesi kapsamında şematik olarak ifade edilmektedir.

#### *A. ÖRNEK ÇALIŞMADA AMAÇ VE KAPSAM TANIMI (AKT)*

Örnek YDD çalışmasının ilk aşaması, amaç ve kapsamın tanımıdır (AKT). Çalışmanın amacı, duvar kağıtlarının kullanım evresindeki bakım-onarımının sebep olduğu çevresel etkilerin değerlendirilmesidir. Bu amaç doğrultusunda bu aşamada, örnek çalışma kapsamında dikkate alınan yapı ürünü sistemi, varsayımlar, işlevsel birim, sistem sınırları, dağıtım yöntemleri ve veri kalite gerekleri tanımlanmakta; eleştirel gözden geçirme ve rapor hazırlanması ile ilgili kararlar verilmektedir.

Örnek çalışmada, *yapı ürünü sistemi* olarak bitirme malzemelerinden duvar kağıtları değerlendirilmektedir. Duvar kağıtlarının çevresel etkileri yaşam döngülerinin her evresinde oluşabilir. Ancak, uzun hizmet ömründen dolayı kullanım evresindeki çevresel etkileri diğer evrelerdeki etkilerine göre daha önemli olabilir. Örnek çalışmada, duvar kağıtlarının kullanım evresindeki bakım-onarımının önemli çevresel etkilere (ÇE) sebep olduğu *varsayılmaktadır*.

Bir duvar yüzeyinin duvar kağıdı ile kaplanmasında kullanılacak 1 m<sup>2</sup> boyutundaki iki farklı duvar kağıdının performans özellikleri aynı olmayabilir. Bu durumda bu iki duvar kağıdının karşılaştırılması için bir işlevsel birim oluşturulmalıdır. Örnek çalışmada kullanılan duvar kağıtlarının karşılaştırılması için *işlevsel birim* “1 m<sup>2</sup> duvar kağıdı kaplanmış yüzey” olarak tanımlanmaktadır.

Kullanım evresi, yapımı biten yapının kullanıldığı ve gerektiği dönemlerde bakım (temizlik) ve onarımının (yıpranan, eskiyen, zarar gören bölümlerin yenilenmesi/değiştirilmesi) yapıldığı evredir [11]. Duvar kağıtlarının kullanım evresindeki “bakım ve onarım” örnek çalışmadaki *birim işlemlerdir*. Bakım-onarım için kullanılan yöntemler ve her bir yöntemdeki malzeme, enerji, su gibi girdi akışları ile hava/su/toprağa salımlar, su esaslı atıklar, katı atıklar, yan ürünler gibi çıktı akışları ise örnek çalışmadaki *sistem sınırlarını* oluşturmaktadır. Örnek çalışmada, girdi ve çıktı akışlarının birim işlemlere *dağıtılmasında* sistem sınırlarını oluşturan birim işlemlere ilişkin girdi akışlarından malzeme ve su (deterjanlı bez, ıslak bez); çıktı akışlarından ise havaya salımlar (arsenik, baryum) dikkate alınmaktadır.

*Veri kalite gerekleri*, duvar kağıtları için toplanacak verilerin zaman, coğrafya ve teknoloji ile ilgili değişkenlerini kapsamaktadır. Örnek çalışmada son beş yıl içinde, uluslararası ölçekte ve geleneksel teknolojiyle uygulanan duvar kağıtları ile ilgili veriler dikkate alınmaktadır. Örnek çalışma, kamuya açıklanacak olan karşılaştırmalı bir YDD çalışması değildir. Bu nedenle, çalışma *eleştirel gözden geçirilmemekte* ve değerlendirme sonuçlarının sunulacağı bir rapor hazırlanmamaktadır.

### **B. ÖRNEK ÇALIŞMADA YAŞAM DÖNGÜSÜ VERİ ÇÖZÜMLEMESİ (YDVC)**

YDVC aşaması, duvar kağıtlarının girdi ve çıktılarıyla ilgili *veri toplama yöntemlerinin ve hesaplama yöntemlerinin oluşturulmasını ve sistem sınırlarının kesinleştirilmesini* kapsamaktadır. Bu aşamada Bölüm A’da amaç ve kapsamı tanımlanan örnek çalışmada değerlendirilecek olan duvar kağıtlarıyla ilgili yeterli kalite ve miktarda veriye ulaşmak için bir *veri toplama yöntemi* gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda örnek çalışmada, Şekil 2.10’da ifade edilen sistem düzeyleri dikkate alınarak, verilerin “yapı ürününe özgü veriler”, “kaynak akışlarına özgü veriler”, “yapı ürününün uygulanacağı yapıya özgü veriler” ve “kullanıcıya özgü veriler” olarak sınıflandırıldığı bir yöntem izlenmektedir.

Yapı ürünlerinin kullanım evresi dışındaki evrelerde sebep olduğu çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde “yapı ürününe özgü veriler”; yapı ürünlerinin enerji, su, malzeme gibi kaynak akışlarının ve bu ürünlerin bakım-onarımında kullanılan kaynakların sebep olduğu çevresel etkilerin değerlendirilmesinde ise “kaynak akışlarına özgü veriler” kullanılabilir. Her iki veri de ürün düzeyinden (sistem düzeyi 1, 2 ve 3) elde edilir. Bu düzey, TSE Standartları, ISO Standartları, yapı malzemesi katalogları, üretici firma broşürleri, üretici firma yetkilileri ve YDD’ye ilişkin bilgisayar programlarının veri tabanlarını kapsayabilir. Yapı ürünlerinin kullanım evresindeki çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde “yapı ürününün uygulanacağı yapıya özgü veriler” kullanılabilir. Yapı ürününün uygulandığı yapının yapım teknolojisi, coğrafi konumu, yönü ve bulunduğu iklim şartlarıyla ilgili olabilecek bu veriler, yapı düzeyinden (sistem düzeyi 4) elde edilir. Bu düzey, yüklenici firma yetkilileri, belediye yetkilileri ve kullanıcılardan toplanacak verileri kapsayabilir. Yapı ürünlerinin kullanıcılardan kaynaklanan çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde “kullanıcıya özgü veriler” kullanılabilir. Kullanıcı profili ile ilişkili olarak yapı ürünlerinin bakım-onarım yöntemleri, aralıkları ve hizmet ömrüyle ilgili olabilecek bu veriler yapı düzeyinden (sistem düzeyi 4) elde edilir. Bu düzey gözlemleri, kullanıcılarla yapılan görüşmeleri ve anketleri kapsayabilir. Örnek çalışmada, “yapı ürününe” ve “kullanıcıya” özgü veriler dikkate alınmakta; “kaynak akışlarına” ve “yapı ürününün uygulanacağı yapıya” özgü veriler ise çalışmanın amaç ve kapsamı doğrultusunda ihmal edilmektedir.

Örnek çalışmada *yapı ürününe özgü verilere* TSE Standartlarından, ISO Standartlarından ve üretici firma broşürlerinden ulaşılmaktadır. Standartlardan elde edilen veriler duvar kağıtlarının yapısındaki elementlerle sınırlıdır [51-61]. Bu elementler antimon (Sb), arsenik (As), baryum (Ba), kadmiyum (Cd), krom (Cr), kurşun (Pb), civa (Hg) ve selenyum (Se) gibi ağır metallerdir [52, 61]. Duvar kağıtlarının çeşitleriyle ilgili sınıflandırmalar ise standartlarda bulunmamaktadır. Bu nedenle, sınıflandırma verilerine üretici firma broşürlerinden ulaşılmaktadır. Firma broşürlerinde duvar kağıtları yapılarına, işlevlerine ve ağırlıklarına göre Tablo 2’de ifade edildiği gibi sınıflandırılmaktadır.

**Tablo 2. Duvar kağıtlarının sınıflandırması**

Yapısına Göre Duvar Kağıtları	Vinil Duvar Kağıtları		Kağıt arkalı vinil duvar kağıtları
			Kumaş arkalı vinil duvar kağıtları
	Doğal Duvar Kağıtları		Hasırdan üretilen duvar kağıtları
			Mantardan üretilen duvar kağıtları
			Kağıt liflerinden üretilen duvar kağıtları
			Sert yongalardan (mika, porselen, taş) üretilen duvar kağıtları
			Metal liflerden üretilen duvar kağıtları
	Tekstil Duvar Kağıtları	Doğal Liflerden Üretilen Duvar Kağıtları	Pamuktan üretilen duvar kağıtları
			Ketenden üretilen duvar kağıtları
		Sentetik Liflerden Üretilen Duvar Kağıtları	İpekten üretilen duvar kağıtları
Polyester, akrilik, poliamidten üretilen duvar kağıtları			
Viskozdan üretilen duvar kağıtları			
Selüloz Esaslı Duvar Kağıtları			
Cam Tekstili Esaslı Duvar Kağıtları			
İşlevine Göre Duvar Kağıtları	Elektrostatik Duvar Kağıtları		Akustik Amaçlı Duvar Kağıtları
	Elektromanyetik Duvar Kağıtları		Boyanabilir Duvar Kağıtları
	Beyaz Tahta İşlevli Duvar Kağıtları		Yıkınabilir Duvar Kağıtları
Kullandığı Yapı Grubuna Göre Duvar Kağıtları	Konutlar		
	Eğitim Yapıları (Kreş, İlköğretim, Lise, Üniversite vb.)		
	İdari Yapılar (Ofis, Hükümet Konağı, Adliye vb.)		
	Turizm Yapıları (Otel, Motel, Tatil Köyü vb.)		
	Kültür Yapıları (Kültür Merkezi, Oditoryum, Kütüphane, Sinema, Tiyatro, Konser Salonu vb.)		
	Sağlık Yapıları (Hastane, Sağlık Merkezleri vb.)		
	Ticaret Yapıları (Alışveriş Merkezi, Çarşı vb.)		
	Spor Yapıları (Kapalı Spor Salonları, Spor Klubü vb.)		
	Ulaşım Yapıları (Gar, Şehirlerarası Otobüs Terminali, Havaalanı vb.)		
Ağırlığına Göre Duvar Kağıtları	80 gr/m <sup>2</sup>	120 gr/m <sup>2</sup>	250 gr/m <sup>2</sup>
	90 gr/m <sup>2</sup>	130 gr/m <sup>2</sup>	300 gr/m <sup>2</sup>
	100 gr/m <sup>2</sup>	150 gr/m <sup>2</sup>	350 gr/m <sup>2</sup>
	115 gr/m <sup>2</sup>	200 gr/m <sup>2</sup>	450 gr/m <sup>2</sup>

Duvar kağıtlarının yapılarına ve işlevlerine ilişkin sınıflandırmalar her broşürde farklı olmasına rağmen, ağırlıklarına ilişkin sınıflandırmalar benzerlik göstermektedir. Bu broşürlerde duvar kağıtlarının ağırlıkları 0,08 - 0,45 kg/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Bu nedenle, örnek çalışmadaki değerlendirmede, duvar kağıtları en düşük ve en yüksek ağırlıklarına göre “1. tip duvar kağıtları (0,08 kg/m<sup>2</sup>)” ve “2. tip duvar kağıtları (0,45 kg/m<sup>2</sup>)” olarak sınıflandırılmaktadır.

Örnek çalışmada *kullanıcıya özgü verilere* gözlem yöntemiyle elde edilen bulgularla ulaşılmaktadır. Kullanıcıların duvar kağıtlarının kullanım evresinde uyguladıkları bakım-onarım yöntemleri ve aralıklarıyla ilgili bulgular kapsamında varsayımlarda bulunmaktadır. Oluşturulan veri toplama yöntemiyle elde edilen verilerin yeterli miktar ve kalitede olduğu birim işlem başına ve işlevsel birim başına *onaylanmalı* ve onaylanan veriler *derlenerek hesaplanmalıdır*. Örnek çalışmanın ilk aşamasında birim işlemler “bakım (temizlik) ve onarım (yenileme/değiştirme)” olarak, işlevsel birim ise “1 m<sup>2</sup> duvar kağıdı kaplanmış yüzey” olarak tanımlanmıştır (Bkz. Bölüm A). Bu bağlamda bu aşamada, üretici firma broşürlerinden ve standartlardan elde edilen duvar kağıtlarıyla ilgili sınıflandırmalar ve salımlara ilişkin veriler *bakım-onarımla ilişkilendirilerek* birim işlem başına; *işlevsel birimle ilişkilendirilerek* işlevsel birim başına yeterli kalite ve miktarda veri toplandığı onaylanmaktadır. Onaylanan veriler, çalışmanın amaç ve kapsamına uygun olarak *derlenmekte ve* derlenen verilerin niceliksel olarak hesaplanması için aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır (Eş. 1):

$$m^2 \text{ başına ağırlık (kg/m}^2) \times kg \text{ başına salım miktarı (mg/kg)} = m^2 \text{ başına salım miktarı (mg/m}^2) \quad (1)$$

Yukarıdaki eşitlikle yapılan hesaplama ile “1. tip ve 2. tip duvar kağıtlarının yapısındaki elementlerin kg başına salım yaptıkları mg cinsinden en yüksek değerde salım miktarı (mg/kg) [52, 61]” verileri Bölüm A’da tanımlanan işlevsel birimle ilişkilendirilmektedir. Hesaplama sonucunda bu veriler “1. tip ve 2. tip duvar kağıtlarının yapısındaki elementlerin m<sup>2</sup> başına mg cinsinden en düşük değerde salım miktarı (mg/m<sup>2</sup>)” verisi olarak dökülmektedir. Hesaplama öncesinde derlenen ve hesaplama sonrasında dökümü yapılan veriler Tablo 3’de ifade edilmektedir.

**Tablo 3.** Derlenen ve hesaplanan verilerin dökümü

Ağırlıklarına göre duvar kağıdı tipleri	Duvar kağıtlarının yapısındaki elementler	Sembol	Duvar kağıtlarının yapısındaki elementlerin kg başına en yüksek değerde salım miktarı (mg/kg) [52, 61]	Duvar kağıtlarının yapısındaki elementlerin m <sup>2</sup> başına en düşük değerde salım miktarı (mg/m <sup>2</sup> )
1. Tip Duvar Kağıtları (0,08 kg/m <sup>2</sup> )	Antimon	Sb	20	1,6
	Arsenik	As	8	0,64
	Baryum	Ba	500	40
	Kadmiyum	Cd	25	2
	Krom	Cr	60	4,8
	Kurşun	Pb	90	7,2
	Civa	Hg	20	1,6
	Selenyum	Se	165	13,2
2. Tip Duvar Kağıtları (0,45 kg/m <sup>2</sup> )	Antimon	Sb	20	9
	Arsenik	As	8	3,6
	Baryum	Ba	500	225
	Kadmiyum	Cd	25	11,25
	Krom	Cr	60	27
	Kurşun	Pb	90	40,5
	Civa	Hg	20	9
Selenyum	Se	165	74,25	

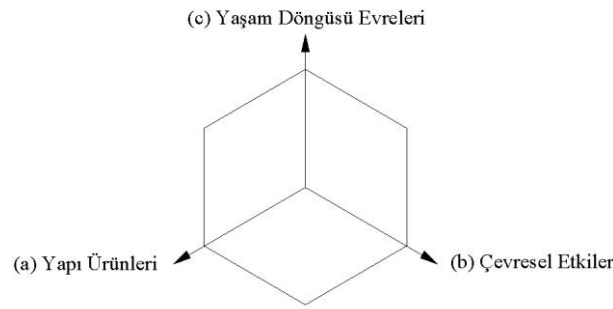
Tablo 3’te dökümü yapılan veriler kapsamında örnek çalışmanın *sistem sınırları kesinleştirilmektedir*. Tabloya göre duvar kağıtlarının m<sup>2</sup> başına en yüksek değerde salım yaptığı element arsenik, en düşük değerde salım yaptığı element ise baryumdur. Bu nedenle sistem sınırları kapsamında arsenik ve baryum salımları dikkate alınmakta, diğer salımlar ihmal edilmektedir.

### C. ÖRNEK ÇALIŞMADA YAŞAM DÖNGÜSÜ ETKİ DEĞERLENDİRMESİ (YDED)

Örnek çalışmada YDED aşamasında, YDVC’den elde edilen sonuçlara göre duvar kağıtlarının çevresel etkileri değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme için ISO 14040 kapsamında örnek çalışmada dikkate alınan *zorunlu ve zorunlu olmayan elemanlar* tanımlanmakta ve eleman akışları oluşturulmaktadır. ISO 14040’a göre zorunlu elemanlar kapsamında *etki sınıfları* seçilmeli, *sınıf göstergeleri* saptanmalı ve *tanımlama modeli* oluşturulmalıdır. Bu bağlamda bu aşamada, yaşam döngüsü veri çözümlemesinden alınan yapı ürününe ve kullanıcıya özgü veri sonuçları ileri/geri besleme kapsamında düzenlenerek etki sınıflarına atanmakta; etki sınıfları bir *model* ile sınıf göstergelerine, sınıf göstergeleri de çevreyle ilişkilerine göre *sınıf uç noktalarına* dönüştürülmektedir. Ancak günümüzde küresel ölçekte kabul görmüş bu tip modeller henüz geliştirilememiştir ve bu konuda bilimsel çalışmalar devam etmektedir. Bu amaçla bu bölümde yapı ürünlerinin yaşam döngülerinin farklı evrelerinde sebep olduğu çevresel etkilerin değerlendirilmesine yönelik bir model önerilmektedir. Önerilen model açık uçlu olup, herhangi bir yapı ürününün herhangi bir yaşam döngüsü evresinde sebep olabileceği herhangi bir çevresel etkinin değerlendirilmesi için kullanılabilir özelliktedir.

### C.1. MODEL ÖNERİSİ

Model seçilmiş, geliştirilmiş veya belirlenmiş amaçlar, zorunluluklar, seçenekler ve/veya ölçütler arasındaki ilişkileri kurmak üzere oluşturulan bir araç olarak tanımlanabilir [62]. Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü evrelerindeki çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik olarak Bölüm A.3'te ifade edilen sınıf uç noktalarını etkileyen boyutlar, örnek çalışmadaki modelin yapısını oluşturmaktadır. Bu boyutlar örnek çalışma kapsamında “yapı ürünleri boyutu (a)”, “çevresel etkiler boyutu (b)” ve “yaşam döngüsü evreleri boyutu (c)” olarak sınıflandırılmaktadır. Bu üç temel boyut karşılıklı etkileşim ile sınıf uç noktalarını (örn. insan sağlığı) etkileyebilir. Bu nedenle, bu aşamada önerilen model üç boyutlu olup Şekil 4'te ifade edilmektedir. Modelin yapısını oluşturan her bir boyut alt gruplardan oluşmaktadır.



Şekil 4. Modelin yapısı

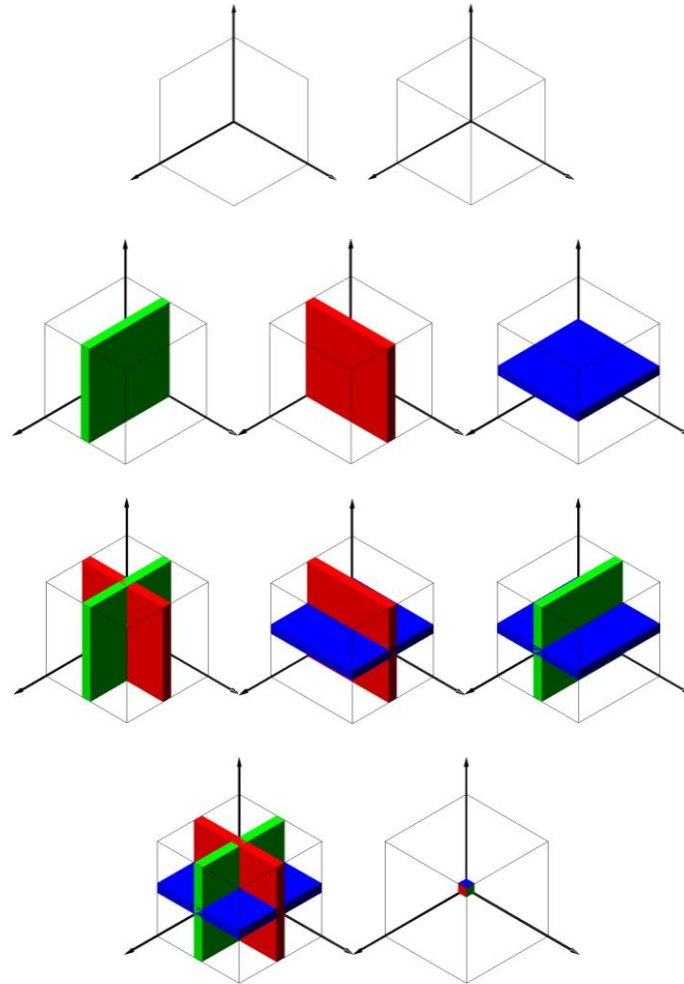
*Yapı ürünleri (a)* boyutu, bitirme malzemeleri ( $a_1$ ), strüktür malzemeleri ( $a_2$ ), tesisat malzemeleri ( $a_3$ ) ve yalıtım malzemeleri ( $a_4$ ) olmak üzere dört alt grupta ele alınmaktadır. Bu alt gruplardan bitirme malzemeleri duvar kaplamaları (duvar kağıtları, ahşap, taş, seramik, boya), döşeme kaplamaları (ahşap, taş, seramik, mermer, halı, cam tuğla), tavan kaplamaları (asma tavan, sıva, boya) ve mobilyalar; strüktür malzemeleri ahşap, taş, betonarme, çelik, prefabrik; tesisat malzemeleri temiz su boruları, pis su boruları, elektrik kabloları, kalorifer boruları, havalandırma ve iklimlendirme kanalları; yalıtım malzemeleri ise su yalıtım malzemeleri (sentetik köpükler, lifli malzemeler, taneli malzemeler) ve ısı yalıtım malzemeleri (bitüm esaslı, plastik esaslı, mineral esaslı, katkı maddeli) şeklinde sınıflandırılmaktadır [15].

*Çevresel etkiler (b)* boyutu, bir yapı ürününün iç çevreye salımlarının -  $\text{ÇE}_i$  ( $b_1$ ), dış çevreye salımlarının -  $\text{ÇE}_d$  ( $b_2$ ), kaynak akışlarının -  $\text{ÇE}_k$  ( $b_3$ ) ve bakım-onarımının -  $\text{ÇE}_b$  ( $b_4$ ) sebep olduğu çevresel etkiler olmak üzere dört alt grupta ele alınmaktadır. Örnek çalışma kapsamında bu çevresel etkilerin de her biri de, Bölüm A.3'teki etki sınıfları dikkate alınarak iklim değişikliği, stratosferdeki ozon tükenimi, asitleşme, besin birikimi, insan zehirlenmesi, ekolojik zehirlenme, kaynakların tükenimi, fotokimyasal oksit oluşumu, kirlilik (hava, su, toprak) ve biyoçeşitliliğin zarar görmesi olarak sınıflandırılmaktadır. *İklim değişikliği*, fosil yakıtların yanması ve çeşitli tarımsal/endüstriyel uygulamalar sonucu sera gazlarının atmosfere salınımıyla dünya iklim sisteminde meydana gelen önemli değişiklikler olarak tanımlanabilir. *Stratosferdeki ozon tükenimi*, çeşitli ozon tüketici bileşenlerin salınımıyla stratosferin zarar görmesi ve ozon deliklerinin oluşmasıdır. *Asitleşme*, daha çok fosil yakıtların yanmasıyla oluşan asit gazlarının havaya, suya ve toprağa salınımıyla oluşmaktadır. *Besin birikimi*, sularda ekosistemi bozacak miktarda besin maddesi birikmesi, böylece sucül canlıların yaşaması için gerekli oksijenin azalması olarak tanımlanabilir. *İnsan zehirlenmesi*, insanların havaya, suya ve toprağa salınan zehirli maddelere maruz kalmasıdır. *Ekolojik zehirlenme*, zehirli maddelerin

doğal ortamdaki bitki, hayvan ve diğer canlılar üzerindeki etkileridir. *Kaynak tükenimi*, tüketim sonucu doğal kaynak stoklarının azalması olarak tanımlanabilir. *Fotokimyasal oksit oluşumu*, uçucu organik bileşenler ve nitrojen oksitlerin günışığında salımla yeryüzünde sis oluşmasıdır. *Kirlilik*, zararlı maddelerin havaya, suya ve toprağa salımla ilgilidir. *Biyoçeşitliliğin zarar görmesi* ise doğal ekosistemlerin çeşitli sebeplerle bozulması anlamına gelmektedir [19, 26,31, 33, 43-47].

Modelin üçüncü boyutu olan *yaşam döngüsü evreleri (c)* boyutu, Şekil 3'teki sınıflandırma dikkate alınarak hammaddenin çıkarılması ( $c_1$ ), üretim ( $c_2$ ), yapım ( $c_3$ ), kullanım ( $c_4$ ), yıkım ( $c_5$ ) ve yıkım sonrası ( $c_6$ ) olmak üzere altı evrede ele alınmaktadır.

Şekil 4'de şematik olarak ifade edilen modelde, yukarıda tanımlanan üç temel boyutun karşılıklı etkileşimine ilişkin farklı kesişim düzeyleri elde edilebilir. Üç temel boyut, modeldeki her kesişim düzeyinde farklı sınıf uç noktalarını etkileyebilir. Bu amaçla, bu kesişim düzeylerindeki çevresel etkiler model kapsamında tanımlanmalı ve değerlendirilmelidir. Şekil 5'de model boyutlarının karşılıklı etkileşimine ilişkin farklı kesişim düzeyleri ifade edilmektedir.



*Şekil 5. Model boyutlarının karşılıklı etkileşimine ilişkin farklı kesişim düzeyleri*

Şekil 5'de ifade edilen kesişim düzeyleri kapsamında modelin boyutları arasındaki ikili ilişkiler matrisler şeklinde düzenlenmektedir. Yapı ürünleri – çevresel etkiler (ab), yaşam döngüsü evreleri – çevresel etkiler (cb) ve yapı ürünleri - yaşam döngüsü evreleri (ac) ilişkilerinin irdelendiği matrisler Tablo 4 - Tablo 6'da ifade edilmektedir.





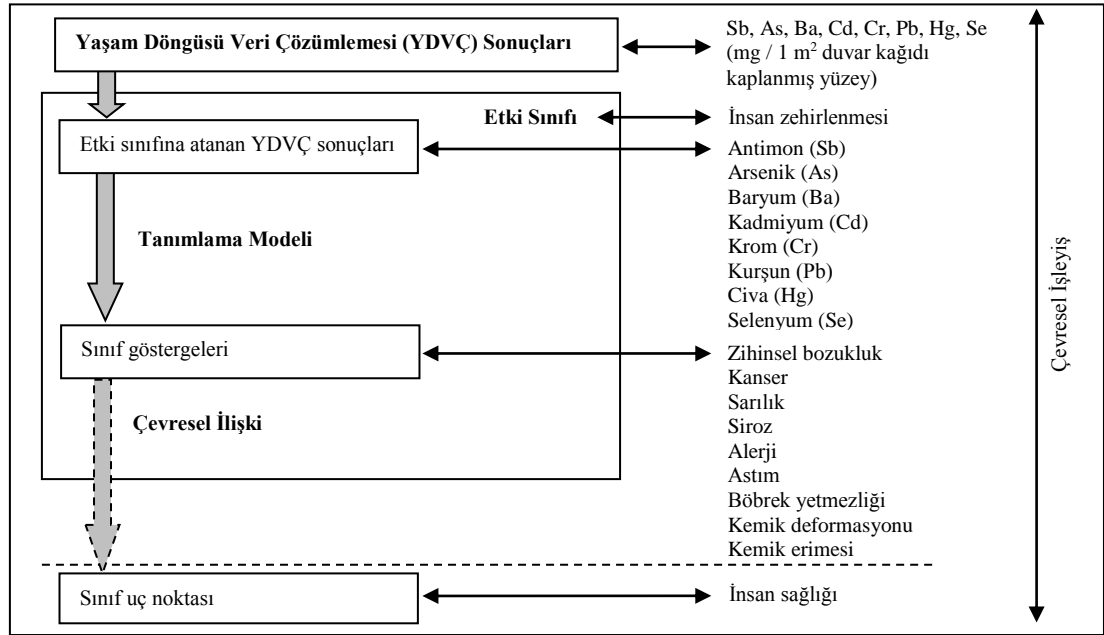






Önerilen modeli örneklemek için Tablo 4 - Tablo 6'daki matrislerden seçilen kesişim düzeyi, duvar kağıtlarının ( $a_{1a1}$ ) kullanım evresindeki ( $c_4$ ) bakım-onarımının ( $b_4$ ) sebep olduğu insan zehirlenmesidir ( $b_{4e}$ ).

Duvar kağıtlarının yapısında bulunan antimon, arsenik, baryum, kadmiyum, krom, kurşun, civa ve selenyum elementlerinin *havada yoğunlaşmaları sonucundaki salımları* (etki sınıfına atanan YDVÇ sonuçları) solunum yoluyla insana ulaşır [72-74]. Bu salımların, insan vücudunun arındırabileceği miktarı (Bkz. Tablo 3) aşması, sinir, solunum, sindirim, dolaşım, boşaltım, iskelet sistemlerindeki organ ve dokulara zarar vererek *insan zehirlenmesine* (etki sınıfı) sebep olabilir [75-79]. *İnsan zehirlenmesinin göstergeleri* (sınıf göstergesi) zihinsel bozukluklar, cilt, akciğer, mide, bağırsak ve karaciğer kanserleri, sarılık, siroz, alerji, astım, böbrek yetmezliği, kemik deformasyonu ve kemik erimesi gibi hastalıklardır [80-85]. Bu hastalıklar sonucunda *insan sağlığının* (sınıf uç noktası) korunmaya alınması gerekir. Duvar kağıtlarının kullanım evresinde sebep olduğu çevresel etki sınıfının seçimi, sınıf göstergelerinin saptanması ve model oluşturulmasını kapsayan zorunlu eleman akışları Şekil 6'da ifade edilmektedir.



Şekil 6. Duvar kağıtlarının etki değerlendirmesinde zorunlu eleman akışları

Modelden seçilen kesişim düzeyi kapsamında oluşturulan ve Şekil 6'da ifade edilen zorunlu eleman akışları dikkate alınarak, duvar kağıtlarının kullanım evresindeki bakım-onarımının sebep olduğu çevresel etkiler değerlendirilebilir.

## C.2. DUVAR KAĞITLARININ KULLANIM EVRESİNDEKİ BAKIM ONARIMININ SEBEP OLDUĞU ÇEVRESEL ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bölüm C.1'de önerilen modelin somutlaştırılması için kesişim düzeyi olarak “duvar kağıtlarının ( $a_{1a1}$ ) kullanım evresindeki ( $c_4$ ) bakım-onarımının ( $b_4$ ) sebep olduğu insan zehirlenmesi” etki sınıfı seçilmekte ve bu düzey YDED'nin zorunlu olmayan elemanlarından *ağırlıklandırma* ile değerlendirilmektedir. ISO 14047'ye göre ağırlıklandırma ile yapılan bir değerlendirmede

öncelikle seçenekler ve değer ölçütleri tanımlanmalıdır [65]. Belirli bir değer ölçütü karşısında en büyük ağırlığı olan seçeneğe “1,00” değeri verilerek diğer seçenekler için göreceli değerler belirlenmelidir. Tanımlanan seçeneklerin ( $s_1, \dots, s_n$ ) belirli değer ölçütleri ( $dö_1, \dots, dö_n$ ) karşısındaki ağırlıkları saptanmalı ve her bir seçenek için bir toplam değer elde ederek seçenekler karşılaştırılmalıdır [62]. Bu bağlamda Tablo 7’de duvar kağıtları ( $a_{1a_1}$ ) - kullanım evresi ( $c_4$ ) - etki sınıfı ( $b_{4e}$ ) ilişkisi matrisi düzenlenmekte; bu matriste seçenekler ( $s_1, \dots, s_{10}$ ) ve değer ölçütleri ( $dö_1, \dots, dö_4$ ) tanımlanmaktadır.

$s_1, \dots, s_{10}$  seçeneklerinin tanımlanmasında, duvar kağıtlarının kullanım evresindeki bakım-onarım yöntemleri ve aralıkları dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada “bakım” temizliği, “onarım” ise yenileme ve değiştirmeyi ifade etmektedir. Seçeneklerde duvar kağıtları için bakım yöntemleri “kuru bezle, ıslak bezle ve deterjanlı bezle temizlik ( $s_1-s_6$ )”; onarım yöntemleri ise “mevcut duvar kağıdını sökerek yeni duvar kağıdı uygulanması ve mevcut duvar kağıdını sökmeden üzerine yeni duvar kağıdı uygulanması ( $s_7-s_{10}$ )” olarak sınıflandırılmaktadır. Bakım aralıkları yılda 1 - 2 defa (sık) ve 2 - 5 yılda bir (seyrek); onarım aralıkları ise hizmet ömrü boyunca 0 - 1 defa (sık) ve gerektiğinde yapılan (seyrek) olarak tanımlanmaktadır.

$dö_1, \dots, dö_4$  değer ölçütlerinin tanımlanmasında ise, 1. ve 2. tip olarak sınıflandırılan duvar kağıtları ve bu duvar kağıtlarının en düşük ve en yüksek miktarda salım yaptıkları elementler dikkate alınmaktadır (Bkz. Tablo 2). Üretici firma broşürlerinden elde edilen verilerle Bölüm 3.2’de, 1 m<sup>2</sup> yüzeyin kaplanmasında kullanılan en düşük ağırlıktaki duvar kağıtları (0,08 kg/m<sup>2</sup>) 1. tip, en yüksek ağırlıktaki duvar kağıtları (0,45 kg/m<sup>2</sup>) 2. tip duvar kağıtları olarak sınıflandırılmıştır. Gene Bölüm B’de standartlardan elde edilen verilerle duvar kağıtlarının yapısında bulunan elementlerin kg ve m<sup>2</sup> başına salım miktarları Tablo 2’de tanımlanmıştır. Bu tanımlamaya göre en düşük değerde salım arsenik ve bileşikleri, en yüksek değerde salım ise baryum ve bileşikleri tarafından yapılmaktadır. Bu nedenle ağırlıklandırma yapılabilecek değerlendirilmede, 1. ve 2. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre salınan en yüksek arsenik ve baryum değerleri (insan vücudunun arındırabileceği en yüksek değer) dikkate alınmaktadır. Bu bağlamda önerilen modelin niceliksel olarak değerlendirilmesinde 4 değer ölçütü tanımlanmaktadır (Tablo 7).

- 1. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre salınan arseniğin sebep olduğu insan zehirlenmesi ( $dö_1$ ),
- 1. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre salınan baryumun sebep olduğu insan zehirlenmesi ( $dö_2$ ),
- 2. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre salınan arseniğin sebep olduğu insan zehirlenmesi ( $dö_3$ ) ve
- 2. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre salınan baryumun sebep olduğu insan zehirlenmesi ( $dö_4$ ).

Yukarıda tanımlanan seçenekler ( $s_1, \dots, s_{10}$ ) ve değer ölçütleriyle ( $dö_1, \dots, dö_4$ ) oluşturulan duvar kağıtları ( $a_{1a_1}$ ) - kullanım evresi ( $c_4$ ) - etki sınıfı ( $b_{4e}$ ) ilişkisi matrisi Tablo 7’de ifade edilmektedir.

**Tablo 7. Duvar kağıtları ( $a_{1a_1}$ ) - kullanım evresi ( $c_4$ ) - etki sınıfı ( $b_{4e}$ ) ilişkisi matrisi**

		KULLANIM EVRESİ ( $c_4$ )																		
		BAKIM YÖNTEMİ						ONARIM YÖNTEMİ												
		Kuru bezle		Islak bezle		Deterjanlı bezle		Mevcut duvar kağıdını sökerek yeni duvar kağıdı uygulanması		Mevcut duvar kağıdını sökmeden üzerine yeni duvar kağıdı uygulanması										
		Sık	Seyrek	Sık	Seyrek	Sık	Seyrek	Sık	Seyrek	Sık	Seyrek									
		$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$	$s_6$	$s_7$	$s_8$	$s_9$	$s_{10}$									
DUVAR KAĞITLARININ BAKIM-ONARIMININ SEBEP OLDUĞU ÇEVRESEL ETKİLER - ÇE <sub>4b</sub> ( $b_4$ )	1. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre salınan arseniğin sebep olduğu insan zehirlenmesi	dö <sub>1</sub>																		
	1. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre salınan baryumun sebep olduğu insan zehirlenmesi	dö <sub>2</sub>																		
	2. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre salınan arseniğin sebep olduğu insan zehirlenmesi	dö <sub>3</sub>																		
	2. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre salınan baryumun sebep olduğu insan zehirlenmesi	dö <sub>4</sub>																		
TOPLAM																				
SIRALAMA																				

Tablo 7’de düzenlenen duvar kağıtları ( $a_1a_1$ ) - kullanım evresi ( $c_4$ ) - etki sınıfı ( $b_4e$ ) ilişkisi matrisinde,  $s_1, \dots, s_{10}$  seçenekleri bakım-onarım yöntem ve aralıklarını;  $dö_1, \dots, dö_4$  değer ölçütleri ise 1. ve 2. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre salınan arsenik ve baryumun sebep olduğu insan zehirlenmesi etki sınıfını ifade etmektedir. Önerilen modelin somutlaştırılması için bu ilişki, yaşam döngüsü etki değerlendirmesinin zorunlu olmayan elemanlarından *ağırlıklandırma* ile değerlendirilmektedir.

Yapılan değerlendirmede, tanımlanan belirli bir değer ölçütü karşısında en büyük ağırlığı olan seçeneğe “1,00” değeri verilerek diğer seçenekler için göreceli değerler belirlenmektedir. Tablo 7’de tanımlanan  $s_1, \dots, s_{10}$  seçeneklerinin  $dö_1, \dots, dö_4$  değer ölçütleri karşısındaki ağırlıkları saptanmakta ve her bir seçenek için bir toplam değer elde ederek seçenekler karşılaştırılmaktadır.

Örnek çalışma kapsamında, değer ölçütlerinin ( $dö_1, dö_2, dö_3, ve dö_4$ ) her birinin değerlendirilmesinde en çok çevresel etkiye sebep olacağı varsayılan seçenek  $s_9$ ’dur (mevcut duvar kağıdını sökmekten üzerine yeni duvar kağıdı uygulanması). Bu nedenle,  $s_9$  seçeneğine 1,00 değeri verilerek diğer seçenekler için göreceli değerler belirlenmektedir. Seçeneklere geçici değerler verildikten sonra, en ağırlıklı kabul edilen seçenek diğerlerinin toplam değeri ile karşılaştırılmaktadır. En ağırlıklı seçeneğe geçici olarak verilen değer yeniden saptanmakta ve diğer seçeneklere ait değerler de yeniden düzenlenmektedir. Bu düzenleme sonucunda elde edilen diğer seçeneklere ilişkin “ $dö_1, dö_2, dö_3 ve dö_4$ ” karşısındaki ağırlıklı değerler niceliksel olarak Tablo 8’de ifade edilmektedir.

Tablo 8’de ifade edilen değerlendirmeyle  $dö_1$  ve  $dö_4$  arasındaki durumlara ilişkin ulaşılan toplam sonuçlar, Tablo 9’daki duvar kağıtları ( $a_1a_1$ ) - kullanım evresi ( $c_4$ ) - etki sınıfı ( $b_4e$ ) ilişkisi değerlendirme matrisinde sunulmaktadır.



**Tablo 8.** Niceliksel değerlerin ağırlıklandırma elemanıyla saptanması

	DEĞER ÖLÇÜTÜ 1 (dö <sub>1</sub> )	DEĞER ÖLÇÜTÜ 2 (dö <sub>2</sub> )	DEĞER ÖLÇÜTÜ 3 (dö <sub>3</sub> )	DEĞER ÖLÇÜTÜ 4 (dö <sub>4</sub> )
Geçici olarak saptanan değerler	s <sub>1</sub> = 0,40	s <sub>1</sub> = 0,20	s <sub>1</sub> = 0,50	s <sub>1</sub> = 0,20
	s <sub>2</sub> = 0,10	s <sub>2</sub> = 0,10	s <sub>2</sub> = 0,10	s <sub>2</sub> = 0,10
	s <sub>3</sub> = 0,50	s <sub>3</sub> = 0,40	s <sub>3</sub> = 0,60	s <sub>3</sub> = 0,40
	s <sub>4</sub> = 0,20	s <sub>4</sub> = 0,30	s <sub>4</sub> = 0,20	s <sub>4</sub> = 0,30
	s <sub>5</sub> = 0,60	s <sub>5</sub> = 0,60	s <sub>5</sub> = 0,70	s <sub>5</sub> = 0,60
	s <sub>6</sub> = 0,30	s <sub>6</sub> = 0,50	s <sub>6</sub> = 0,30	s <sub>6</sub> = 0,50
	s <sub>7</sub> = 0,80	s <sub>7</sub> = 0,80	s <sub>7</sub> = 0,80	s <sub>7</sub> = 0,80
	s <sub>8</sub> = 0,70	s <sub>8</sub> = 0,70	s <sub>8</sub> = 0,40	s <sub>8</sub> = 0,70
	s <sub>9</sub> = 1,00 (geçici olarak saptanan en büyük değer)	s <sub>9</sub> = 1,00 (geçici olarak saptanan en büyük değer)	s <sub>9</sub> = 1,00 (geçici olarak saptanan en büyük değer)	s <sub>9</sub> = 1,00 (geçici olarak saptanan en büyük değer)
	s <sub>10</sub> = 0,90	s <sub>10</sub> = 0,90	s <sub>10</sub> = 0,90	s <sub>10</sub> = 0,90
En ağırlıklı değerlerin toplam değerine karşılaştırılması	s <sub>9</sub> > s <sub>1</sub> + s <sub>2</sub> .....s <sub>8</sub> + s <sub>10</sub> = 4,50	s <sub>9</sub> > s <sub>1</sub> + s <sub>2</sub> .....s <sub>8</sub> + s <sub>10</sub> = 4,50	s <sub>9</sub> > s <sub>1</sub> + s <sub>2</sub> .....s <sub>8</sub> + s <sub>10</sub> = 4,50	s <sub>9</sub> > s <sub>1</sub> + s <sub>2</sub> .....s <sub>8</sub> + s <sub>10</sub> = 4,50
	s <sub>9</sub> > 4,50	s <sub>9</sub> > 4,50	s <sub>9</sub> > 4,50	s <sub>9</sub> > 4,50
	s <sub>9</sub> = 5,00	s <sub>9</sub> = 5,00	s <sub>9</sub> = 5,00	s <sub>9</sub> = 5,00
	$E_n^{10} s_{.j} = 5,00 + 4,50 = 9,50$	$E_n^{10} s_{.j} = 5,00 + 4,50 = 9,50$	$E_n^{10} s_{.j} = 5,00 + 4,50 = 9,50$	$E_n^{10} s_{.j} = 5,00 + 4,50 = 9,50$
Yeni düzenlemeye göre elde edilen değerler	s' <sub>1</sub> = 0,40 / 9,50 = 0,04	s' <sub>1</sub> = 0,20 / 9,50 = 0,02	s' <sub>1</sub> = 0,50 / 9,50 = 0,05	s' <sub>1</sub> = 0,20 / 9,50 = 0,02
	s' <sub>2</sub> = 0,10 / 9,50 = 0,01	s' <sub>2</sub> = 0,10 / 9,50 = 0,01	s' <sub>2</sub> = 0,10 / 9,50 = 0,01	s' <sub>2</sub> = 0,10 / 9,50 = 0,01
	s' <sub>3</sub> = 0,50 / 9,50 = 0,05	s' <sub>3</sub> = 0,40 / 9,50 = 0,04	s' <sub>3</sub> = 0,60 / 9,50 = 0,06	s' <sub>3</sub> = 0,40 / 9,50 = 0,04
	s' <sub>4</sub> = 0,20 / 9,50 = 0,02	s' <sub>4</sub> = 0,30 / 9,50 = 0,03	s' <sub>4</sub> = 0,20 / 9,50 = 0,02	s' <sub>4</sub> = 0,30 / 9,50 = 0,03
	s' <sub>5</sub> = 0,60 / 9,50 = 0,06	s' <sub>5</sub> = 0,60 / 9,50 = 0,06	s' <sub>5</sub> = 0,70 / 9,50 = 0,07	s' <sub>5</sub> = 0,60 / 9,50 = 0,06
	s' <sub>6</sub> = 0,30 / 9,50 = 0,03	s' <sub>6</sub> = 0,50 / 9,50 = 0,05	s' <sub>6</sub> = 0,30 / 9,50 = 0,03	s' <sub>6</sub> = 0,50 / 9,50 = 0,05
	s' <sub>7</sub> = 0,80 / 9,50 = 0,08	s' <sub>7</sub> = 0,80 / 9,50 = 0,08	s' <sub>7</sub> = 0,80 / 9,50 = 0,08	s' <sub>7</sub> = 0,80 / 9,50 = 0,08
	s' <sub>8</sub> = 0,70 / 9,50 = 0,07	s' <sub>8</sub> = 0,70 / 9,50 = 0,07	s' <sub>8</sub> = 0,40 / 9,50 = 0,04	s' <sub>8</sub> = 0,70 / 9,50 = 0,07
	s' <sub>9</sub> = 1,00 / 9,50 = 0,53	s' <sub>9</sub> = 5,00 / 9,50 = 0,53	s' <sub>9</sub> = 5,00 / 9,50 = 0,53	s' <sub>9</sub> = 1,00 / 9,50 = 0,53
	s' <sub>10</sub> = 0,90 / 9,50 = 0,09	s' <sub>10</sub> = 0,90 / 9,50 = 0,09	s' <sub>10</sub> = 0,90 / 9,50 = 0,09	s' <sub>10</sub> = 0,90 / 9,50 = 0,09
	Toplam = 1,00	Toplam = 1,00	Toplam = 1,00	Toplam = 1,00

**Tablo 9.** Duvar kağıtları ( $a_{1a_1}$ ) - kullanım evresi ( $c_4$ ) - etki sınıfı ( $b_{4e}$ ) ilişkisi değerlendirme matrisi

		KULLANIM EVRESİ ( $c_4$ )										
		BAKIM YÖNTEMİ					ONARIM YÖNTEMİ					
		Kuru bezle		Islak bezle		Deterjanlı bezle		Mevcut duvar kağıdını sökerek yeni duvar kağıdı uygulanması		Mevcut duvar kağıdını sökmeden üzerine yeni duvar kağıdı uygulanması		
		Sık	Seyrek	Sık	Seyrek	Sık	Seyrek	Sık	Seyrek	Sık	Seyrek	
		$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$	$s_6$	$s_7$	$s_8$	$s_9$	$s_{10}$	
DUVAR KAĞITLARININ BAKIM-ONARIMININ SEBEP OLDUĞU ÇEVRESEL ETKİLER - $ÇE_5$ ( $b_4$ )	1. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre salınan arseniğin sebep olduğu insan zehirlenmesi	$dö_1$	0,04	0,01	0,05	0,02	0,06	0,03	0,08	0,07	0,53	0,09
	1. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre salınan baryumun sebep olduğu insan zehirlenmesi	$dö_2$	0,02	0,01	0,04	0,03	0,06	0,05	0,08	0,07	0,53	0,09
	2. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre salınan arseniğin sebep olduğu insan zehirlenmesi	$dö_3$	0,05	0,01	0,06	0,02	0,07	0,03	0,08	0,04	0,53	0,09
	2. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre salınan baryumun sebep olduğu insan zehirlenmesi	$dö_4$	0,02	0,01	0,04	0,03	0,06	0,05	0,08	0,07	0,53	0,09
TOPLAM			0,13	0,04	0,19	0,10	0,25	0,16	0,32	0,25	2,12	0,36
SIRALAMA			3	1	5	2	6	4	8	7	10	9

Tablo 9’da ifade edilen dö<sub>1</sub> ve dö<sub>4</sub> arasındaki durumlara ilişkin ulaşılan toplam sonuçlara göre insan sağlığını en olumsuz etkileyen seçenek “10”, diğer seçenekler de “1, 2, ... , 8, 9” olarak sıralanmaktadır. Değerlendirme sonucunda göreceli olarak insan zehirlenmesine en az seyrek yapılan bakımın (kuru bezle), en çok sık yapılan onarımın (mevcut duvar kağıdını sökmeden üzerine yeni duvar kağıdı uygulanması) sebep olduğu saptanmaktadır. Bu durumda, s<sub>2</sub> seçeneği insan zehirlenmesine en az, s<sub>9</sub> seçeneği en çok sebep olan seçenektir.

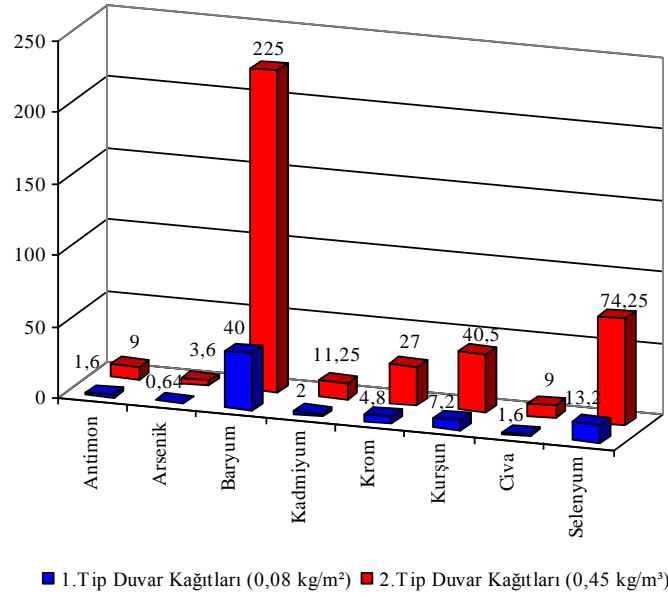
Önerilen açık uçlu modele göre örnek çalışmada tanımlanan seçenekler ve belirlenen değer ölçütleri, başka bir YDD çalışmasında farklılaşabilir. Tanımlanan seçenekler ve değer ölçütlerine bağlı olarak yapılan değerlendirme sonucunda korunmaya alınması gerektiği saptanan sınıf uç noktaları değişebilir.

#### A.4. ÖRNEK ÇALIŞMADA YAŞAM DÖNGÜSÜ YORUMU (YDY)

Örnek çalışmadaki yaşam döngüsü yorumunun (YDY) amacı, Bölüm A’da tanımlanan amaç ve kapsama göre çalışmadaki kısıtları açıklamak, duvar kağıtlarıyla ilgili verileri YDVC ve YDED ile ilgili sonuçları çözümlenektir. Bu aşamada, duvar kağıtlarıyla ilgili *önemli konular* (etki sınıfları, sınıf göstergeleri, sınıf uç noktaları, model) *tanıtılmakta*, bu konulara ilişkin sonuçlar *değerlendirilmektedir*. Örnek çalışma kamuya sunulmayacağından *eleştirel gözden geçirilmemekte* ve *rapor* hazırlanmamaktadır.

Örnek çalışmanın amacı, duvar kağıtlarının kullanım evresindeki bakım-onarımının sebep olduğu çevresel etkilerin değerlendirilmesidir (Bkz. Bölüm A). Bu değerlendirme için, tanımlanan amaç ve kapsam doğrultusunda Bölüm B’de bir veri toplama yöntemi oluşturulmuştur. Oluşturulan yöntem kapsamında veriler yapı ürününe, kaynak akışlarına, yapı ürününün uygulanacağı yapıya ve kullanıcıya özgü veriler olarak sınıflandırılmıştır. Örnek çalışmanın kapsamında tanımlanan veri kalite gereklerine göre *son beş yıl içinde, uluslararası ölçekte ve geleneksel teknolojiyle kullanılan* duvar kağıtları ile ilgili veriler kullanılmıştır. Çalışmada *yapı ürününe ve kullanıcıya özgü* veriler dikkate alınmış; kaynak akışlarına ve yapı ürününün uygulanacağı yapıya özgü veriler ihmal edilmiştir. Bu kapsamda duvar kağıtlarıyla ilgili verilere standartlar, yapı malzemesi katalogları ve üretici firma broşürlerinden ulaşılmıştır. YDD’ye ilişkin bilgisayar programlarının veri tabanları bu çalışma sürecinde karşılaşılan bazı kısıtlar nedeniyle kullanılmamıştır.

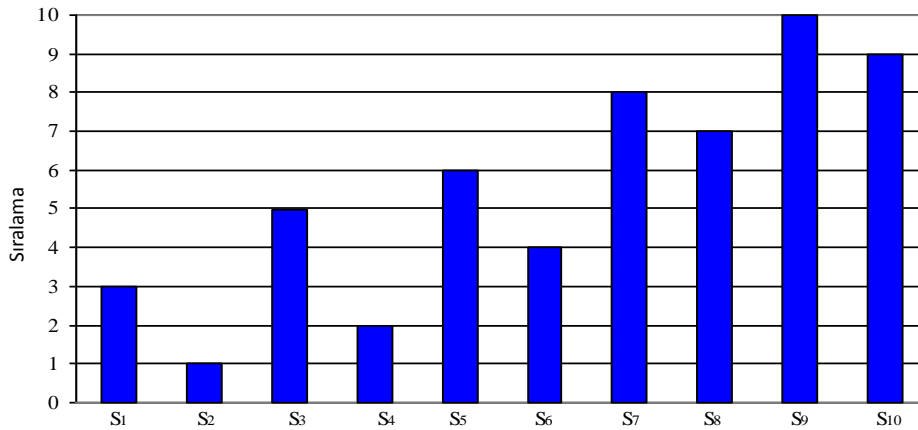
Çalışmanın amaç ve kapsamı doğrultusunda dikkate alınan verilerle duvar kağıtları ağırlıklarına göre 1. (0,08 kg/m<sup>2</sup>) ve 2. tip (0,45 kg/m<sup>2</sup>) olarak sınıflandırılmış ve yapılarında bulunan zehirli elementler saptanmıştır. 1. ve 2. tip duvar kağıtlarının yapısında bulunan antimon, arsenik, baryum, kadmiyum, krom, kurşun, civa ve selenyum elementlerinin salım miktarlarına ilişkin veriler Şekil 7’de karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Grafiğe göre en düşük değerde salıma arsenik, en yüksek değerde salıma ise baryum sebep olmaktadır. Bu nedenle, örnek çalışmadaki değerlendirmede arsenik ve baryum değerleri dikkate alınmıştır (Bkz. Tablo 3).



Şekil 7. Duvar kağıtlarının salım miktarlarının karşılaştırılması

Duvar kağıtlarının kullanım evresindeki bakım-onarım yöntem ve aralıklarının insan zehirlenmesi üzerindeki etkileri, önerilen model kapsamında ağırlıklandırma ile değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede duvar kağıtlarının yapıştırıcısı ve yapıştırıcının sebep olduğu etkiler ihmal edilmiştir. Bölüm 3.3.2’de yapılan değerlendirmede, duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre seçenekler ( $s_1, \dots, s_{10}$ ) ve değer ölçütleri ( $dö_1, \dots, dö_4$ ) tanımlanmıştır. Bakım yöntemleri “kuru, ıslak ve deterjanlı bezle temizlik”, onarım yöntemleri ise “mevcut duvar kağıdını sökerek yeni duvar kağıdı uygulanması” ve “mevcut duvar kağıdını sökmeden üzerine yeni duvar kağıdı uygulanması” olarak; bakım aralıkları yılda 1-2 defa (sık) ve 2-5 yılda bir (seyrek), onarım aralıkları ise hizmet ömrü boyunca 0-1 defa (sık) ve gerektiğinde yapılan (seyrek) olarak sınıflandırılmıştır.

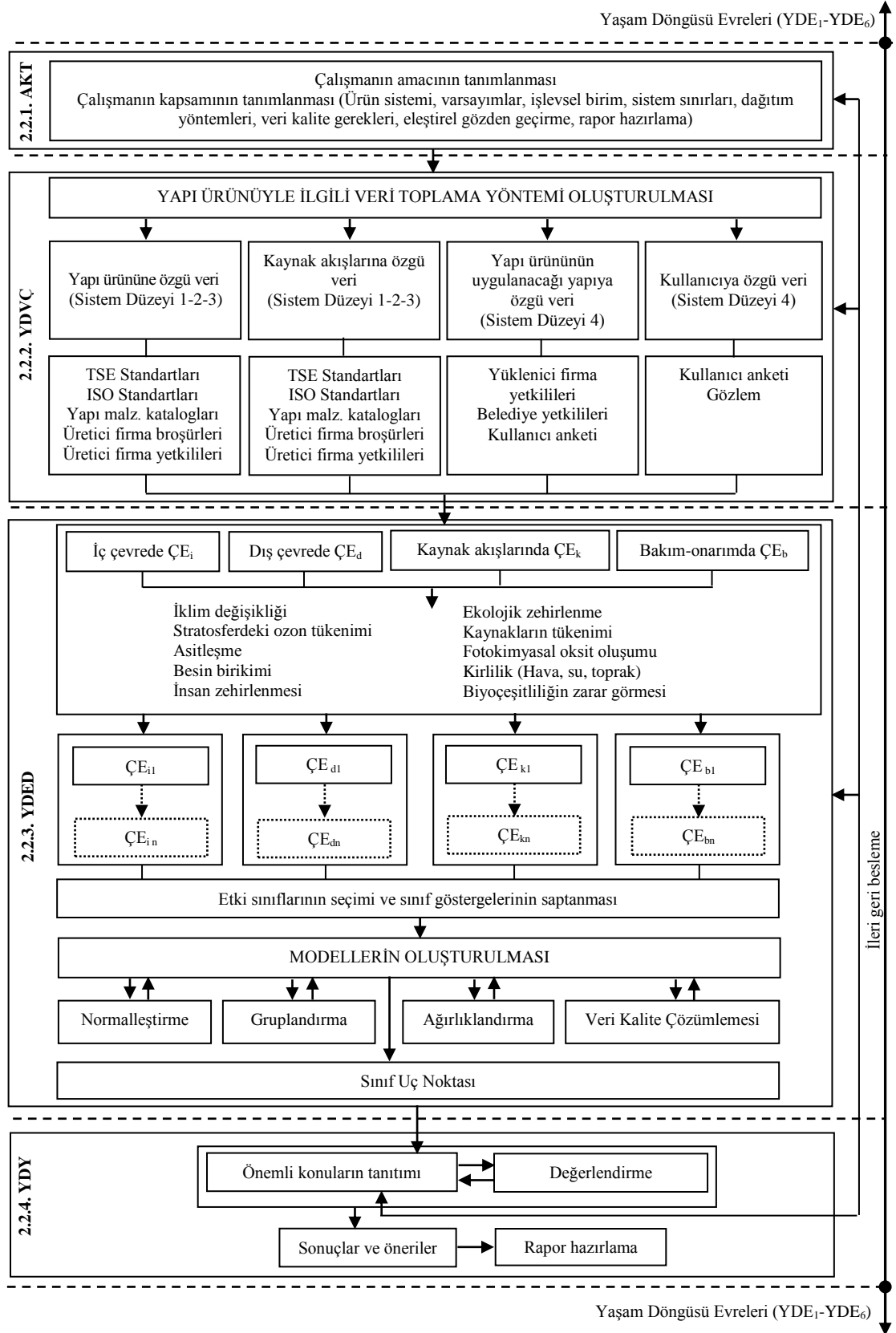
Değerlendirme sonucunda, insan zehirlenmesini etkileyen seçenekler ( $s_1, \dots, s_{10}$ ), “1, ... , 10” sayısal değerleriyle göreceli olarak sıralanmıştır (Bkz. Tablo 9). Bu sıralama, Şekil 8’de karşılaştırmalı olarak ifade edilmektedir. Yapılan karşılaştırmayla, insan zehirlenmesine en az seyrek yapılan bakımın (kuru bezle) ( $s_2$ ), en çok sık yapılan onarımın (mevcut duvar kağıdını sökmeden üzerine yeni duvar kağıdı uygulanması) ( $s_9$ ) sebep olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



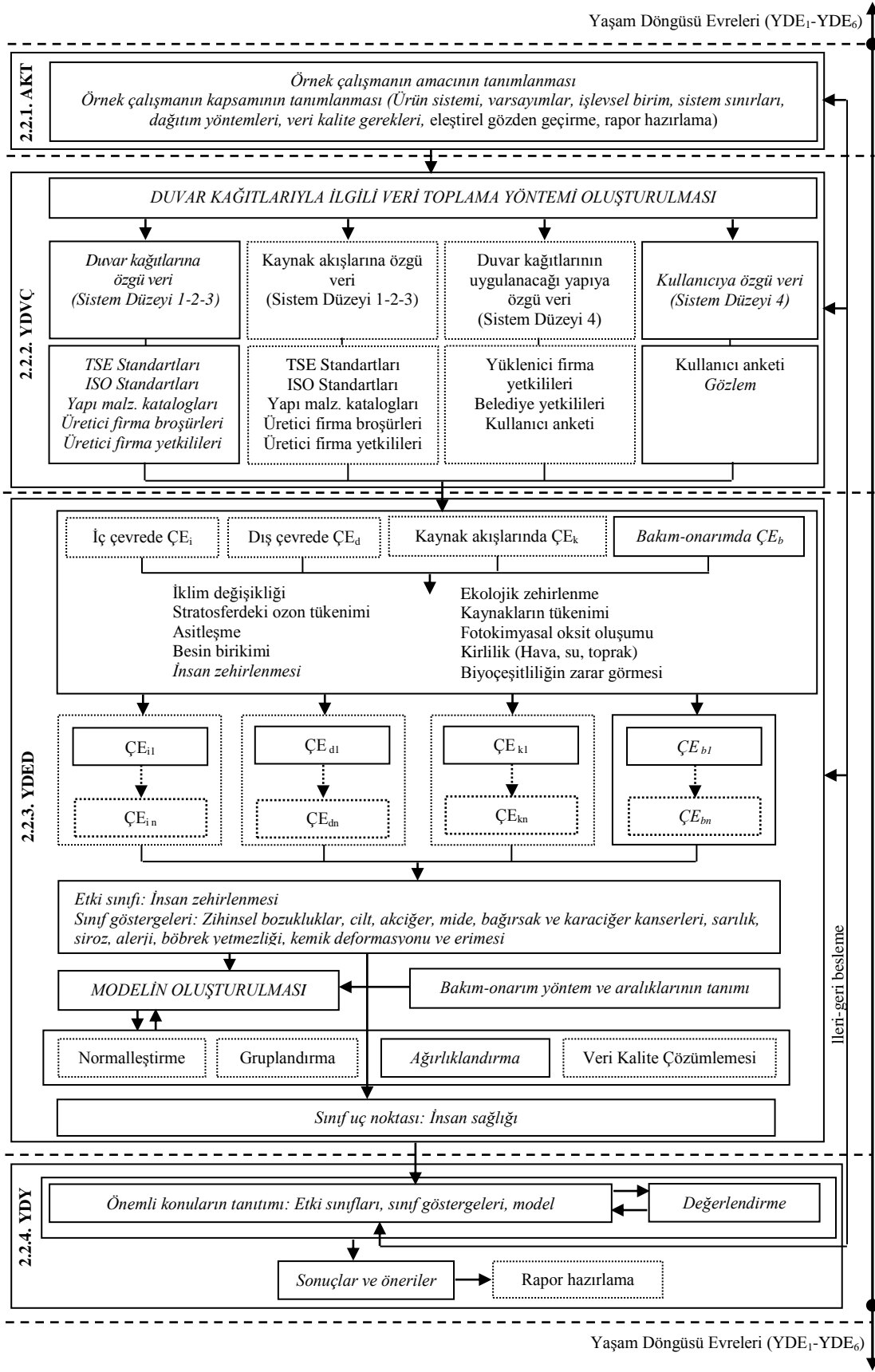
Şekil 8. İnsan zehirlenmesine sebep olan bakım-onarım yöntem ve aralıklarının ( $s_1, \dots, s_{10}$ ) karşılaştırılması

YDVÇ'den alınan veriler kapsamında Bölüm C'de duvar kağıtlarının kullanım evresinde “insan zehirlenmesi” etki sınıfına sebep olduğu varsayılmıştır. Bu etki sınıfı, sınıf göstergelerine ve her bir sınıf göstergesi de sınıf uç noktasına dönüştürülmüştür. Örnek çalışmada sınıf göstergelerinin “zihinsel bozukluk, kanser, sarılık, siroz, alerji, böbrek yetmezliği, kemik deformasyonu, kemik erimesi”; sınıf uç noktasının ise “insan sağlığı” olduğu saptanmıştır. Elde edilen sonuçlarla duvar kağıtlarının kullanım evresindeki bakım-onarımlarının insan sağlığını olumsuz etkilediği varsayımı doğrulanmıştır.

Şekil 9'da YDD yönteminin kolay anlaşılabilirliği ve uygulanabilirliğine yönelik rehber niteliği taşıyan bir çerçeve oluşturulmaktadır. Bu çerçeve açık uçlu olup, herhangi bir yapı ürününün tüm yaşam döngüsü evrelerinde sebep olabileceği çevresel etkilerin değerlendirilmesi için kullanılacak özelliktedir. Duvar kağıtlarının kullanım evresindeki bakım-onarımının sebep olduğu çevresel etkilerin değerlendirildiği örnek çalışma, Şekil 9'da oluşturulan rehber çerçeveye uyarlanarak Şekil 10'da somutlaştırılmaktadır. Her iki şekilde YDD yönteminin aşamaları kesikli çizgilerle (-----) birbirinden ayrılmaktadır. Şekil 10'da YDD yöntemi çerçevesine göre örnek çalışmada dikkate alınan konular *eğik yazı* stili ile belirtilmektedir. Örnek çalışmada dikkate alınmayan veriler ve çevresel etkiler noktalı çizgilerle (.....) ifade edilmektedir.



**Şekil 9.** YDD yönteminin uygulanmasına yönelik rehber bir çerçeve



**Şekil 10.** Rehber çerçeveye uyarlanan örnek YDD çalışması

## IV. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmaya konu olan YDD yöntemi çerçevesinin geliştirilmesi için yapılan çalışmalar küresel ölçekte devam etmektedir. Bu çalışmalar, yönteme özgü sorun ve kısıtların giderilmesine yöneliktir. YDD yöntemi ile yapılan çalışmalarda, kabul edilen varsayımların öznellik içerme olasılığı vardır. Bu varsayımlar kapsamında farklı çevresel etkilerin değerlendirilmesi için küresel ölçekte kabul görmüş modeller oluşturulamamıştır. Mevcut modellere girdi oluşturacak verilerin toplanmasında zamansal, coğrafik ve teknolojik belirsizliklerle karşılaşmaktadır. Örneğin, küresel/kıtalararası ölçekteki YDD çalışmaları, yerel/bölgesel/ulusal ölçekteki çalışmalara uyarlanamamaktadır. YDD yöntemine özgü bu sorun ve kısıtların giderilmesi amacıyla yapılacak nesnel çalışmalarla, küresel ölçekte kabul edilecek özellikte modeller geliştirilmelidir. Bu kapsamda bu çalışmada, yapı ürünlerinin yaşam döngüleri boyunca sebep olduğu çevresel etkilerin değerlendirilmesine yönelik açık uçlu bir model önerilmiştir. Bu modelle yapılan değerlendirmelerin, bir yapı ürününün farklı yaşam döngüsü evrelerinde çevreyle ilişkisinin tanımlanarak bu ürünün geliştirilmesi ve iyileştirilmesi; kamuda ve özel sektörde stratejik planlama, öncelik belirleme, ürünün tasarımı ve mevcut tasarımının yenilenmesi konularında karar verilmesi; çevresel performans göstergeleriyle ilgili kamu politikası oluşturulması; çevresel bildirgeler ve çevre etiketi gibi pazarlama araçlarının geliştirilmesi için girdi oluşturması gibi alanlarda katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Yapı ürünleri yaşam döngülerinin her evresinde çevresel etkilere sebep olabilir. Bu çevresel etkiler, bu çalışmada YDD yöntemi çerçevesinde önerilen modelle değerlendirilebilir. Bu modelin uygulanabilmesi için değerlendirilecek olan yapı ürünleriyle ilgili verilere ulaşılması önemlidir. Yeterli kalite ve miktarda veri toplanması kapsamlı bir çalışma olup uzun zaman ve yoğun kaynak kullanımı gerektiren bir süreçtir. Bu süreçte, verilere sistematik ve hızlı bir şekilde ulaşmak için *veri toplama yöntemleri* oluşturulabilir. Bu kapsamda bu çalışmada, verilerin toplanmasına yönelik bir yöntem oluşturulmuştur. Bu yöntemde veriler, yapı ürünlerinin sistem düzeyleri dikkate alınarak “yapı ürününe özgü veriler”, “kaynak akışlarına özgü veriler”, “yapı ürününün uygulanacağı yapıya özgü veriler” ve “kullanıcıya özgü veriler” olarak sınıflandırılmıştır. Bazı yapı ürünleriyle ilgili verilerin toplanması sırasında karşılaşılan sorunlar ve kısıtlar, çevresel etkilerin değerlendirilmesini güçleştirebilir. Bu nedenle, her yapı ürünü için yerel ve küresel ölçekte kapsamlı veri tabanları oluşturulmalıdır. Türkiye’de yapı ürünleriyle ilgili kaynaklar sınırlı olup, yapı ürünlerinin görsel, fiziksel, kimyasal, mekanik, teknik ve ekonomik özelliklerine veya yapıda uygulanmalarına ilişkin veriler içermektedir. Ancak, yapı ürünlerinin bilimsel çalışmalarla doğruluğu kanıtlanmış çevresel etkilerine ilişkin veriler sınırlıdır. Çevreye duyarlı yapı ürünlerinin seçimi ve kullanımı için, bu ürünlerle ilgili nicel ve nitel verilere aynı anda ulaşılmasını sağlayan veri tabanlarına gereksinim vardır. Bu amaçla Türkiye’de, yapı ürünleri için yerel ve bölgesel ölçekte veri tabanı çalışmaları yapılmalıdır.

Bir yapı ürününün yaşam döngüsü evrelerinin her biri yapı sektöründeki farklı aktörlerin yetki ve sorumlulukları kapsamındadır. Türkiye’de yapı sektöründe rol alan aktörlerin yetki ve sorumluluklarının tayininde belirsizliklerle karşılaşmaktadır. Bu belirsizliklerin giderilmesine yönelik olarak, yapı sektöründeki aktörlerin uygulama pratiği kazanmalarını sağlayacak örnek YDD çalışmaları yapılmalıdır. Bu amaçla, bu çalışmada önerilen model, örnek bir YDD çalışması ile somutlaştırılmıştır. Önerilen modelin somutlaştırılması için duvar kağıtlarının kullanım evresindeki bakım-onarımının sebep olduğu çevresel etkiler değerlendirilmiştir. Duvar kağıtları, kullanım evresi boyunca belirli aralıklarla bakım-onarım gerektirir. Duvar kağıtlarının yapısında bulunan antimon, arsenik, baryum, kadmiyum, krom, kurşun, civa ve selenyum elementlerinin bakım-onarım sırasında *havada yoğunlaşmaları sonucundaki salımları* solunum yoluyla insana ulaşmaktadır. Bu salımlar



insan vücudunun arındırabileceği miktarı aşarsa, sinir, solunum, sindirim, dolaşım, boşaltım, iskelet sistemlerindeki organ ve dokulara zarar vererek *insan zehirlenmesine* sebep olabilir. Bakım-onarım yöntem ve aralıklarına göre değişkenlik gösteren insan zehirlenmesi, insan sağlığını tehlikeye atacak ve ölüme sebep olacak boyutta olabilir. Değerlendirme sonuçlarına göre insan zehirlenmesine en az kuru bezle seyrek yapılan bakımın, en çok mevcut duvar kağıdını sökmeden üzerine yeni duvar kağıdı uygulanması şeklinde sık yapılan onarımın sebep olduğu sonucuna ulaşılmıştır. *İnsan zehirlenmesinin göstergelerinin* zihinsel bozukluklar, cilt, akciğer, mide, bağırsak ve karaciğer kanserleri, sarılık, siroz, alerji, astım, böbrek yetmezliği, kemik deformasyonu ve kemik erimesi; *sınıf uç noktasının* ise insan sağlığı olduğu saptanmıştır. Elde edilen sonuçlarla duvar kağıtlarının kullanım evresindeki bakım-onarımının insan sağlığını olumsuz etkilediği varsayımı doğrulanmıştır.

**TEŞEKKÜR:** Bu çalışma Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında desteklenmiştir (Proje no: 06/2005-49).

## V. KAYNAKLAR

- [1] J. A. Kremers *Architronic* **4 (3)** (1995) 1-3.
- [2] I. Boustead *The International Journal of LCA* **1 (3)** (1996) 88-101.
- [3] M. Erlandsson, M. Borg *Building and Environmen* **38 (7)** (2003) 919-938.
- [4] G. Çelebi, A.B. Aydın, *Sürdürülebilir mimarlık yaklaşımında yapı malzemelerinin irdelenmesi, IV. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi*, Bodrum-Türkiye, (2001) 457-464.
- [5] R. Fay, G. Treloar, U. Iyer-Raniga *Building Research and Information* **28 (1)** (2000) 31-41.
- [6] S. Li, H. Li *Journal Wuhan University of Technology* **20 (3)** (2005) 99-103.
- [7] S. Y. Chang, B. Morton *Journal of Solid Waste Technology and Management* **27 (1)** (2001) 43-53.
- [8] V. M. John *Waste Management* **21 (3)** (2001) 213-219.
- [9] C. L. StCarpenter, A. A. Oloufa *Journal of Architectural Engineering* **1 (2)** (1995) 77-81.
- [10] J. Paulsen, *Service life prediction for floor coverings, Proceedings of the International 8dbmc Conference*, Vancouver-Kanada, (1999) 1467-1475.
- [11] J. Paulsen *The International Journal of LCA* **8 (4)** (2003) 357-364.
- [12] J. Paulsen, *Life cycle assessment for building products - with special focus on maintenance and impacts from the usage phase*, Yüksek Lisans Tezi, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm-Sweden, (1999).
- [13] A. Jonsson *Environmental Impact Assessment Review* **20 (2)** (2000) 241-259.
- [14] Commission of the European Communities, *Green paper on integrated product policy*, Brussels, (2001) 6-7.
- [15] A. A. Jensen, J. Elkington, K. Christiansen, L. Hoffmann, B. T. Moller, A. Schmidt, F. Dijk, *Life cycle assessment - a guide to approaches, experiences and information sources*, Report to the European Environment Agency, Environmental Issues Series, No.6, Soborg, (1997) 13-16.
- [16] D. Menke, G. A. Davis, B. W. Vignon, *Evaluation of life cycle assessment tools*, University of Tennessee, Knoxville-USA, (1996) 3-16.
- [17] G. Çelebi, A.B. Aydın, *Yapı sektörü - çevre ilişkisine dair bir yöntem irdemesi: yaşam döngüsü değerlendirme (YDD)*, **Çevre ve Ormanlık Şurası**, Çevre ve Orman Bakanlığı, Antalya-Türkiye, (2005) 13-21.

- [18] J. Paulsen, *Life cycle assessment for building products - the significance of the usage phase*, Doktora Tezi, Kungliga Tekniska Hogskolan, Stockholm-Sweden, (2001).
- [19] International Organization of Standardization (ISO), Environmental management - life cycle assessment - principles and framework, **ISO 14040**, Geneva, (2006) 1-20.
- [20] Trinius, W., *Environmental assessment in building and construction - goal and scope definition as key to methodology choices*, Doktora Tezi, Kungliga Tekniska Hogskolan, Stockholm-İsveç (1999).
- [21] T. J. Skone *Environmental Progress* **19 (2)** (2000) 92-100.
- [22] A.B. Gültekin, *Yaşam boyu değerlendirme yöntemi kapsamında yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model önerisi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara-Türkiye, (2006).
- [23] B. L. P. Peuportier *Energy and Buildings* **33 (5)** (2001) 443-450.
- [24] C. Cheuer, G. A. Keoleian, P. Reppe *Energy and Buildings* **35** (2003) 1049-1064.
- [25] J. Paulsen, *LCA on floor coverings - Case study with special emphasis on the usage phase*, Technical Report, Royal Institute of Technology, TRITA-BYMA 1999:7, Stockholm-İsveç, (1999) 10 – 13.
- [26] ISO, Environmental management - life cycle assessment - data documentation format, **ISO/TS 14048: 2002**, Geneva, (2002) 1 – 87.
- [27] A.B. Gültekin, G. Çelebi, *Yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılan yöntem ve yasal düzenlemelerin Avrupa Birliği yapı sektörü kapsamında irdelenmesi*, **3. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi**, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükşehir Şubesi, İstanbul-Türkiye, (2006) 504 - 515.
- [28] A.B. Gültekin, G. Çelebi, *A comparative analysis of national environmental product declaration (EPD) schemes: a proposal for harmonisation*, **Built Environment and Information Technologies - CIB PGRC 2006, 1st International CIB Student Chapters Postgraduate Conference**, Middle East Technical University, Ankara-Türkiye, (2006) 483 – 498.
- [29] PricewaterHouse Coopers, *Comparative study of national schemes aiming to analyse the problems of LCA tools (connected with e.g. hazardous substances) and the environmental aspects in the harmonised standards (study for the European Commission, DG Enterprise)*, Interim Report Current Situation and Options for Harmonization, Report Number: GRMS/GES/ECP/, Utrecht, (2002) 1-77.
- [30] G. Çelebi, A.B. Aydın, *Architectural responsibilities within the context of sustainability*, **Livable Architecture and Environments International Congress**, Karadeniz Technical University, Trabzon-Türkiye, (2001) 140-146.
- [31] ISO, Environmental management - life cycle assessment - examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis, ISO/TR 14049: 2003(E), Geneva, (2003) 1-43.
- [32] H. A. Udo de Haes, A. Jolliet *The International Journal of Life Cycle Assessment* **4 (2)** (1999) 75-80.
- [33] ISO, Environmental management - life cycle impact assessment - examples of application of ISO 14042, ISO/TR 14047: 2003(E), Geneva, (2003) 1-87.
- [34] E. G. Hertwich, J. K. Hammitt *The International Journal of Life Cycle Assessment* **6 (1)** (2001) 5-12.
- [35] E. G. Hertwich, J. K. Hammitt *The International Journal of Life Cycle Assessment* **6 (5)** (2001) 265-272.
- [36] Paulsen, J., *Life cycle impact of floor coverings -A model for the contribution of the usage phase*, **Proceedings of the International CEB Conference, Construction and the Environment**, Gavle-Sweden, (1998) 67 -76.
- [37] O. Jolliet, M. Margni, R. Charles, S. Humbert, J. Payet, G. Rebitzer, R. Rosenbaum *The International Journal of Life Cycle Assessment* **8 (6)** (2003) 324-330.
- [38] M. Margni, *Source to intake modeling in life cycle impact assessment*, Doktora Tezi, EPFL - Ecole Polytechnique Federale De Lausanne, Lozan-İsviçre, (2003).

- [39] G. Weir, T. Muneer *Energy Conversion and Management* **39** (3 - 4) (1998) 243-256.
- [40] A.B. Aydın, E. Sancak, *Beton ve beton ürünlerinin çevresel etkileri (The environmental impacts of concrete and concrete products)*, **MTET 2005 - 1st International Vocational and Technical Education Technologies Congress**, Marmara University, Istanbul-Türkiye, (2005).
- [41] D. I. Eryıldız, A. B. Aydın *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* **20** (1) (2005) 107-123.
- [42] A.B. Aydın, E. Sancak, *Yapı sektörü - çevre ilişkisi bağlamında çimento ve beton üretiminin çevresel etkilerinin irdelenmesi (The evaluation of cement and concrete production within the context of building sector - environment relationship)*, **4th International Advanced Technologies Symposium**, Selcuk University, Konya-Türkiye, (2005) 1057-1062.
- [43] ISO, Environmental management – life cycle assessment – requirements and guidelines, ISO 14044, Geneva, (2006) 1-46.
- [44] Türk Standardları Enstitüsü (TSE), Çevre yönetimi - hayat boyu değerlendirme - prensipler ve çerçeve, TS EN ISO 14040, Ankara, (1998) 1-12.
- [45] TSE, Çevre yönetimi - hayat boyu değerlendirme - amaç ve kapsam tanımı ile envanter analizi, TS EN ISO 14041, Ankara, (2003) 1-22.
- [46] TSE, Çevre yönetimi - hayat boyu değerlendirme - hayat boyu etki değerlendirmesi, TS EN ISO 14042, Ankara, (2002) 1-16.
- [47] TSE, Çevre yönetimi - hayat boyu değerlendirme - hayat boyu yorumu, TS EN ISO 14043, Ankara, (2003) 1-18.
- [48] J. Paulsen, M. Borg *The International Journal of LCA* **8** (3) (2003) 142-150.
- [49] G. Çelebi, A.B. Aydın, *Sürdürülebilir mimarlık ve yapı malzemelerinin yaşam döngüleri kapsamında irdelenmesi*, **Yapı Malzemesi Kurultayı 2003**, Yapı Endüstri Merkezi - İMSAD (İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği), İstanbul-Türkiye, (2003).
- [50] J. Paulsen, G. Augenbroe *The International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings* **1** (2000) 12-21.
- [51] TSE, Duvar kaplamaları - rulo halinde - son işlemi tamamlanmış duvar kâğıtları, duvar vinilleri ve plastik duvar kaplamalarının özellikleri, **TS 5228-1 EN 233**, Ankara, (2005) 1-9.
- [52] TSE, Duvar kaplamaları – rulo halinde – ağır hizmet duvar kaplamaları – bölüm 1: özellikler, **TS 5228-3-1 EN 259-1**, Ankara, (2003) 1-7.
- [53] TSE, Duvar kaplamaları - rulo halinde - ağır hizmet duvar kaplamaları - bölüm 2: darbe direncinin tayini, **TS 5228-3-1 EN 259-2**, Ankara, (2003) 1-2.
- [54] TSE, Duvar kaplamaları - terimler, tarifler ve semboller, **TS 5228-5 EN 235**, Ankara, (2005) 1-11.
- [55] TSE, Duvar kaplamaları - rulo halinde - tekstil duvar kaplamalarının özellikleri, **TS 5228-4 EN 266**, Ankara, (1999) 1-10.
- [56] TSE, Duvar kaplamaları - rulo halinde - sonradan dekore edilen özellikler, **TS 5228-2 EN 234**, Ankara, (1999) 1-13.
- [57] TSE, Duvar kağıdı – baz, **TS 11944**, Ankara, (1996) 1-9.
- [58] TSE, Kağıt ve karton - ortalama kalite tayini için numune alma, **TS 635 EN ISO 186**, Ankara, (2003) 1-11.
- [59] ISO, Paper and board - sampling to determine average quality, **ISO 186**, Geneva, (2002) 1-15.
- [60] Nederlands Normalisatie Instituut (NEN), Wallcoverings in roll form – determination of dimensions, straightness, spongeability and washability, **NEN-EN 12956**, Hollanda, (1999) 1-11.
- [61] Deutsches Institut für Normung (DIN), Wallcoverings in roll form – vocabulary and symbols, **DIN EN 235**, Almanya, (2002) 1-13.
- [62] G. Çelebi, *Mimari biçimlendirmede esneklik sınırlarının belirlenmesine ilişkin kavramsal bir model*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara-Türkiye, (1994).
- [63] M. A. J. Huijbregts, L. Breedveld, G. Huppes, A. Koning, L. Oers, S. Suh *Journal of Cleaner Production* **11** (2003) 737-748.

- [64] P. Osset *Industry and Environment*, **19** (2) (1996) 32-33.
- [65] L. F. D. Guanghong, W. Jinsong, L. S. Q. D. Xuebao *Journal of Tsinghua University* **42** (6) (2002) 783-786.
- [66] J.A. Todd, *Practical approaches to LCA impact assessment*, **Proceedings of the Air & Waste Management Association's Annual Meeting & Exhibition**, Nashville-USA (1996) 15.
- [67] A. Jonsson, *Building and Environment* **35** (3) (2000) 223-238.
- [68] L. Courard, C. Rademaker, P. Teller *Materials and Structures* **34** (241) (2001) 404-412.
- [69] M. Gorree, J. B. Guinee, G. Huppes, L. Oers *The International Journal of Life Cycle Assessment* **7** (3) (2002) 158-166.
- [70] R. Ries, A. Mahdavi *Journal of Computing in Civil Engineering* **15** (1) (2001) 59-66.
- [71] N. Kohler, T. Lutzendorf *Building Research and Information* **30** (5) (2002) 338-348.
- [72] Environmental Protection Agency, *Part III - National emission standards for hazardous air pollutants: paper and other web coating; final rules*, Federal Register, **67** (233) (2002) 72330 – 72362.
- [73] A. Güven, Ö. Kahvecioğlu, G. Kartal, S. Timur, *Metalurji Dergisi* **136** (2003) 47-53.
- [74] A. Güven, Ö. Kahvecioğlu, G. Kartal, S. Timur, *Metalurji Dergisi* **138** (2004) 64-71.
- [75] D. W. Pennington *The International Journal of Life Cycle Assessment* **6** (2) (2001) 89-95.
- [76] W. Krewitt, A. Trukenmuller, T. M. Bachmann, T. Heck *The International Journal of Life Cycle Assessment* **6** (4) (2001) 199-210.
- [77] H. Edgar, *Toxic equivalency: addressing human health effects in life cycle impact assessment*, Energy and Resources Group, University of California, California-USA, (1999) 17-27.
- [78] A. Schmidt, J. E. Jelnes, L. E. Hansen, *Health impacts and life cycle assessment: product life cycle assessment - principles and methodology*, Nordic Council of Ministers, Copenhagen, (1992) 9-10.
- [79] J. Kames, O. Lind *Fuel and Energy* **37** (3) (1996) 223-230.
- [80] M. Hippelein, M. Rugamer *International Journal of Environment Health* **207** (2004) 379-385.
- [81] B. Gutarowska, Z. Zakowska *International Biodeterioration & Biodegradation* **49** (2002) 299-305.
- [82] K. N. Yu *Building and Environment* **29** (1) (1994) 1-3.
- [83] P. Crettaz, D. W. Pennington, L. Rhomberg, K. Brand, O. Jolliet *Risk Analysis* **22** (5) (2002) 931-946.
- [84] D. W. Pennington, P. Crettaz, A. Tauxe, L. Rhomberg, K. Brand, O. Jolliet, *Risk Analysis* **22** (5) (2002) 947-963.
- [85] A. Colombo, M. De Bortoli, E. Pecchio, H. Schauenburg, H. Schlitt, H. Vissers *The Science of the Total Environment* **91** (1990) 237-249.