T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPI ÜRÜNLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİNE YÖNELİK SEÇİLEN BİR MODELİN TUĞLA ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN İRDELENMESİ

NESLİHAN AKIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI PROGRAMI

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ GÖKÇE TUNA TAYGUN

İSTANBUL, 2018

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPI ÜRÜNLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİNE YÖNELİK SEÇİLEN BİR MODELİN TUĞLA ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN İRDELENMESİ

Neslihan AKIN tarafından hazırlanan tez çalışması 30.03.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Gökçe TUNA TAYGUN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Gökçe TUNA TAYGUN

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Ayşe BALANLI

Hasan Kalyoncu Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Sevgül LİMONCU

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmama yön ve destek veren, sabırla ve ilgiyle bana faydalı olmak için elinden geleni sunan danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Gökçe Tuna Taygun'a, bilgilerini, tecrübelerini ve değerli zamanını esirgemeyerek her fırsatta çalışmamla yakından ilgilenen Prof. Dr. Ayşe Balanlı'ya, değerli katkıları için Dr. Öğr. Üyesi Sevgül Limoncu'ya, yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve birikimlerinden yararlandığım Y.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Yapı Programı öğretim üyelerine teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her alanında bana koşulsuz destek sağlayan, yüksek lisans eğitimim boyunca ve her zaman en büyük destekçim olan babam Nejat BARDAK'a, sevgili annem Fatma BARDAK'a, abime, yanımda olup bana cesaret veren eşim Batuhan AKIN'a ve dostlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Mart, 2018

Neslihan AKIN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ vi

KISALTMA LİSTESİ vii

ŞEKİL LİSTESİ ix

ÇİZELGE LİSTESİ x

ÖZET xii

ABSTRACT xiv

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 7
1.3 Hipotez 7

BÖLÜM 2

YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ 9

2.1 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Yöntemi 9
2.2 Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi 20
2.2.1 Yapı Ürünü 20
2.2.2 Yapı Ürünün Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Çevre ile Etkileşimi 22
2.2.3 Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Örnek Araçlar 29

BÖLÜM 3

YAPI ÜRÜNÜ YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİNE YÖNELİK GÖKÇE TUNA TAYGUN (GTT) MODELİ 41

3.1 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik GTT Modelinin Adımları 42
3.1.1 Yapı Ürününün Tanımlanması 45

3.1.2 Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Yapı Ürünü Çevre Etkileşimine Yönelik Bilgilerin Toplanması 46
3.1.3 Yapı Ürününün Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Çevre Etkilerinin Değerlendirilmesi 55
3.1.4 Yapı Ürünü Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Değerlendirme Sonucu ... 55
3.1.5 Yapı Ürünü Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinde İletişim 56
3.2 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik GTT Modeli'ne Eklenen Satış Süreci 56

BÖLÜM 4

TUĞLANIN GTT MODELİ İLE YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ 59

4.1 Tuğlanın Tanımlanması 62
4.2 Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Tuğla- Çevre Etkileşimine Yönelik Bilgilerin Toplanması 63
4.2.1 Tuğlanın Yaşam Döngüsü Süreçlerinin Tanımlanması 63
4.2.2 Tuğlanın Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Belirlenen Girdiler ve Çevreyi Etkileyebilecek Çıktıların Belirlenmesi 75
4.2.3 Tuğlanın Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Çevreyi Etkileyebilecek Çıktılar ve Çevre Gruplarının Bilgi Kartlarının Düzenlenmesi 77
4.3 Tuğlanın Yaşam Döngüsü Süreçlerindeki Çevre Etkilerinin Değerlendirilmesi 81
4.4 Tuğlanın Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Değerlendirme Sonucu 83
4.5 Tuğlanın Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinde İletişim 84

BÖLÜM 5

BULGULAR VE ÖNERİLER 85

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER 89

KAYNAKLAR 93

EK-A

TUĞLA ÖLÇÜM RAPORLARI 98

ÖZGEÇMİŞ 102

SİMGE LİSTESİ

CFC11	Kloro florokarbon11
C_xH_x	Hidrokarbonlar
CO_2	Karbondioksit
HCL	Hidrojen Klorür
HF	Hidrojen Florür
NO_x	Nitrojen oksitler
NO_2	Azot Dioksit
SO_2	Kükürt Dioksit

KISALTMA LİSTESİ

ABG	Arzuhan Burcu Gültekin
ASTM	American Society of Testing and Materials
BEES	Building for Environmental and Economic Sustainability
BRE	Building Research Establishment
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
BSRIA	Building Services Research and Information Association
C2C	Cradle to Cradle
ÇEDBİK	Cevre Dostu Yesil Binalar Derneği
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
EEA	European Environment Agency
EMPA	Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research
EPA	Environment Protection Agency
GTT	Gökçe Tuna Taygun
IPCC	Intergovermental Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
LCA	Life Cycle Assessment
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MRI	Midwest Research Institue
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
NIST	National Institute of Standards and Technology
PVC	Polyvinylchloride
SBYD	Sürdürülebilir Bilgi Yöntemi ve Değerlendimesi
SEEB-TR	Türkiye Ulusal Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemi
SETAC	The Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SimaPro	System for Integrated Environmental Assessment of Products
SKHKKY	Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
SKÖ	Saniye Karaman Öztaş
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TTGV	Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNEP	United Nations Environment Programme
VOCs	Volatile Organic Compounds

WMO	World Meteorological Organization
YD	Yaşam Döngüsü
YDD	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
YDED	Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi
YDM	Yaşam Döngüsü Maliyeti
YDVÇ	Yaşam Döngüsü Veri Çözümlemesi
YUAM	Yapı Uygulama ve Araştırma Merkezi

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 YDD Yöntemini adımları..... 16
Şekil 2. 2 Yaşam döngüsü etki değerlendirme evresinin adımları. 18
Şekil 2. 3 Yapı ürününün yaşam döngüsü süreçleri. 24
Şekil 2. 4 BEES'in toplam performans puanının bulunması..... 31
Şekil 2. 5 BEES çevresel performans değerlendirmesi..... 32
Şekil 3. 1 Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi modelinin adımları.....44
Şekil 4. 1 Tuğlanın üretim sürecindeki aşamaları 60
Şekil 4. 2 Tuğlanın şekillendirilmesi.....61
Şekil 4. 3 Bant üzerindeki şekillenmiş tuğlalar..... 65
Şekil 4. 4 Kapalı alanda bekletilen tuğlalar 65
Şekil 4. 5 Fırın girişi.....62
Şekil 4. 6 Fırın içinde tuğlalar.....62
Şekil 4. 7 Fırın kapıları 66

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 ISO 14040 Standartları serisi 12
Çizelge 2. 2 Yapı ürünü YDD araçları tanımlamaları 30
Çizelge 2. 3 Bölücü duvar elemanlarının çevresel etkilerinin analizi 35
Çizelge 2. 4 Tez kapsamında incelenen YDD araçları 38
Çizelge 2. 5 Tez kapsamında incelenen yapı ürünleri YDD araçları ve YDD süreçleri 40
Çizelge 3. 1 Yapı ürünün tanımlanması. 45
Çizelge 3. 2 Yapı ürünün tanımlanmasına yönelik bilgi formu 47
Çizelge 3. 3 Yaşam döngüsü süreçlerinde girdiler ve çevreyi etkileyebilecek çıktıların belirlenmesi 53
Çizelge 3. 4 Yaşam döngüsü sürelerinde çevreyi etkileyebilecek çıktılar ve etkilenen çevre grupları bilgi kartı. 54
Çizelge 3. 5 Yapı ürününün yaşam döngüsü süreçlerinde oluşan çevreyi etkileyebilecek çıktılarının çevre etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir değerlendirme formu. 55
Çizelge 3. 6 Yapı ürününün yaşam döngüsü süreçlerinde sonuç 56
Çizelge 3. 7 Yapı ürününün tanımlanmasına yönelik bilgi formu-satış süreci 57
Çizelge 3. 8 Yapı ürününün yaşam döngüsü süreçlerinde oluşan çevreyi etkileyebilecek çıktılarının çevre etkilerinin satış süreci eklenerek değerlendirilmesine yönelik bir değerlendirme formu 58
Çizelge 4. 1 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu 62
Çizelge 4. 2 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu-hammadde edinimi 68
Çizelge 4. 3 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu-üretim 69
Çizelge 4. 4 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu-satış 70
Çizelge 4. 5 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu-uygulama 71
Çizelge 4. 6 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu-kullanım 72
Çizelge 4. 7 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu-geridönüşüm (k. döngü) 73
Çizelge 4. 8 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu-geridönüşüm (açık döngü) 74
Çizelge 4. 9 Tuğlanın yaşam döngüsü süreçlerinde belirlenen girdiler ve çevreyi etkileyebilecek çıktılar 75
Çizelge 4. 10 Tuğlanın yaşam döngüsü süreçlerinde çevreyi etkileyebilecek çıktılar ve etkilenen çevre grupları bilgi kartı-hammaddde edinim. 78
Çizelge 4. 11 Tuğlanın yaşam döngüsü süreçlerinde çevreyi etkileyebilecek çıktılar ve etkilenen çevre grupları bilgi kartı-üretim 79

Çizelge 4. 12 Tuğlanın üretim sürecinde oluşan çevreyi etkileyebilecek çıktılarının çevre etkilerinin değerlendirilmesi..... 81
Çizelge 4. 13 Tuğlanın yaşam döngüsü süreçlerinde değerlendirme sonucu..... 84

ÖZET

YAPI ÜRÜNLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİNE YÖNELİK SEÇİLEN BİR MODELİN TUĞLA ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN İRDELENMESİ

Neslihan AKIN

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Gökçe TUNA TAYGUN

İnsanoğlu var olduğu ilk dönemlerden itibaren doğal kaynakları tüketmektedir. İnsanlık geliştikçe, hızla artan nüfus, sanayileşme ve kentleşme ile birlikte doğa fonksiyonlarını kaybetmeye başlamış ve giderek kendini onaramaz hale gelmiştir. Bu nedenle çevre sorunları gelişen dünyanın önemli sorunlarından biri olmuştur. Yapı ve yapı ürünleri çevre sorunlarının başlıca kaynakları arasında yer almaktadır. Bu nedenle ortaya konmuş pek çok çalışma bulunmaktadır. Yapı ve yapı ürünlerinin çevre etkilerinin en aza indirilmesi için minimum kaynak tüketimi ve minimum atık üretimi ilkesine dayanan yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi ortaya konmuştur.

Yapı ürünlerinin YDD'sini yapan birçok araç bulunmaktadır. Bu araçlardan ulusal olanlara bakıldığında çalışmaların sınırlı kaldığı gözlemlenmiştir. Bir yapı ürününün YDD'sinin yapılabilmesi için gereken verilerin eldesinde sıkıntılarla karşılaşıldığı tesbit edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; bir yapı ürününün YDD'si yapılırken karşılaşılan sorunları ortaya koymaktır. Bu sorunların tesbit edilebilmesi için seçilen bir model üzerinden denenmesidir. Türkiye'de üretilen tuğlanın yerelde ortaya çıkan çevre etkilerinin değerlendirilmesi çalışmanın alt amacıdır.

Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde literatür özeti, tezin amacı ve hipotez ortaya konmuştur. İkinci bölümde yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi bütünüyle ele alınmaktadır. Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi ve yapı

ürünlerinin YDD'sine yönelik var olan araçlar incelenmektedir. İkinci bölümde incelenmiş olan değerlendirme araçları arasından seçilen Gökçe Tuna Taygun Modeli üçüncü bölümde anlatılmaktadır. Dördüncü bölümde Gökçe Tuna Taygun yaşam döngüsü değerlendirme aracı kullanılarak tuğla örneklemesi yapılmaktadır. Tuğlanın yaşam döngüsü süreçleri, süreçlerdeki çevreyi etkileyebilecek çıktılar ve etkilenen çevre grupları incelenmektedir. Turgutlu'da yer alan bir üretim tesisinden elde edilen veriler doğrultusunda çevre etkileri somutlaştırılmaktadır.

Beşinci bölümde Gökçe Tuna Taygun Modeli'nin tuğla ile denenmesi üzerinden elde edilen bulgular ve öneriler ortaya konmaktadır. Modelin geliştirilebilir yönlerinin incelemesi yapılmaktadır. Tuğlanın yaşam döngüsü süreçlerindeki değerlendirme sonucu yapılmaktadır. Yapılan değerlendirme diğer tuğla üretici verileri ile karşılaştırılabilir, geliştirilebilir ve ürün seçiminde yol gösterici nitelikte olabilir bulunmaktadır. Altıncı bölümde bir yapı ürününün YDD'si yapılırken karşılaşılan sorunların sistemsel eleştirisi yapılmaktadır. Yapılan değerlendirme sonucunda ulusal değerlendirme araçlarının geliştirilmesi gerekliliği ortaya konmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yaşam döngüsü değerlendirmesi, yapı ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi, çevre etkileşimi, Gökçe Tuna Taygun Modeli, tuğla

ABSTRACT

ANALYSING OF A SELECTED MODEL FOR LIFE CYCLE ASSESSMENT OF BUILDING PRODUCTS IN TERMS OF BRICKS

Neslihan AKIN

Department of Architecture

MSc. Thesis

Adviser: Asst. Prof. Gökçe TUNA TAYGUN

Since the first time of existence, humankind has consumed natural sources. All of the improvement of humankind, increasing of population, industrialization and urbanization are caused to begin losing functions of nature and, by the time, it can not fix itself. Due to this reason, environmental problems are one of the important problems of developing world. Building and building products are the major source of the environmetal problems. Therefore, many studies come to exist. The method of life cycle assessment produces to minimum source consumption and minimum waste production to minimize environmental effects of building and building products.

There are many tools to produce life cycle assessment of building products. When examining study of national ones are observed as restricted. The necesssary data to produce life cycle assessment of building product is detected to be met with difficulties.

The aim of this study is to reveal to problems encountered during producing life cycle assessment of building products. This is a chosen model which is for determination to these problems to test. The subgoal of this study is to evaluate bricks which are made in Turkey of environmental local effects.

This study consists of six parts. In the first part, summary of literature, aim of thesis and hypothesis were revealed. In the second part, method of life cycle assessment is

handled entirely. Life cycle assessment of building products and tools for life cycle assessments of building products are investigated. Gökçe Tuna Taygun's Model which is told in the third part is chosen from investigated assessment tools in the second part. In the forth part, tool of Gökçe Tuna Taygun life cycle assessment is used to sample of brick. Life cycle processes of brick, possible influencing environmental outputs from process and influenced environmental groups are investigated. Environmental impacts are concretized by data from production plant in Turgutlu.

In the fifth part, obtained evidence and proposal from testing bricks of Gökçe Tuna are revealed. Developable parts of model are investigated. Evaluation results of life cycle prosess of bricks are done. Evaluation conducted is found as comparable with the other bricks producers, developed, and a guide to choose product. In the sixth part, arising challenges during life cycle assessment of a building products are criticised on systemic way. Results of Committed evaluation is revealed that national evaluation tooles should be improved.

Keywords: Life cycle assessment, life cycle processes of building products, enviromental impact, Gokce Tuna Taygun assessment tool, brick

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Çevre, Çevre Yasası tarafından "canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde bulundukları biyolojik, fiziksel, sosyal, ekonomik ve kültürel ortam" şeklinde tanımlanmaktadır [1].

Çevre sorunları; hava, toprak ve suda oluşan, insan ve diğer canlıların sağlığını olumsuz etkileyen kirlenme ve bozulmalar olarak tanımlanmaktadır. Bu sorunlar; su kirliliği, hava kirliliği, toprak kirliliği, doğal bitki örtüsünün bozulması, hayvan türlerinin tükenmesi, kültürel çevrenin kirlenmesi, gürültü kirliliği, radyoaktif kirlilik, küresel çevre sorunları vb. başlıklarında toplanabilmektedir [2], [3], [4].

İnsan etkinlikleri sonucunda çevreye verilen zararlar doğanın kendini yenileyebilme yeteneği sayesinde başlangıçta ayırt edilememiş veya önemsenmemiş, bunun ötesinde çevrenin zamanla bu kirliliği kendiliğinden yok edeceği düşünülmüştür. Ancak zamanla sanılanın tersine çevreye bırakılan kirliliğin nicel ve nitel olarak artmasıyla çevre hızla bozulmaya başlamıştır [5].

Yapılan araştırmalara göre hızla artan nüfus, teknolojik gelişmeler ve sanayileşme ile insan ihtiyaçları artmıştır. Bu ihtiyaçların giderilmesi için yapı ve çevre arasında ayrılmaz bir denge kurulmuştur. Bu bağlamda çevre sorunlarına neden olan önemli etkenlerden biri de yapı ve yapı ürünleridir. Yapı sektörü dünya üzerindeki doğal kaynakların üçte biri gibi büyük bir bölümünü kullanmakta, katı atığın %40'ını oluşturmaktadır. Aynı zamanda taze suyun %12'si bu sektör tarafından kullanılmaktadır [6]. Appu Haapio ve Pertti Viitaniemi tarafından yapılan bir çalışmaya göre; bir binanın

ömrü 50 yıl olarak kabul edilirse, yapı ürünü kullanımı açısından enerji tüketimi, binanın çevreye olan etkilerinin %50- %60'ını, çevre kirliliği %30-%40'nı, kaynak tüketimi ise %5'ini oluşturmaktadır. Bu çalışmadan çıkan sonuçlara göre, yapı ürünü seçiminin sürdürülebilir yapı tasarımındaki yeri göz ardı edilemeyecek derecede önemlidir [7].Yapı ve yapı ürünlerinin çevreye verdiği bu büyük oranlardaki sorunları azaltmaya yönelik çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalardan biri de Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi'dir. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD); ürünlerin tüm yaşamı boyunca hammadde edinimi, üretim, satış, uygulama, kullanım ve yararlı ömrünü tamamladıktan sonra geri dönüşüm ve/veya yok etme süreçlerinde çevreye olan olası etkilerini derleyen ve değerlendiren bir çalışmadır [8], [9]. YDD, sadece yapı ve yapı ürünü değerlendirmesi yapan bir yöntem olmayıp tüm ürünlere yönelik çevresel etki değerlendirmesi yapabilmektedir. YDD yönteminin açık bir şekilde tanımlanması, yöntem üzerinde küresel ölçekte çalışan ISO (The International Organization For Standardization), Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme-UNEP), Çevresel Zehir ve Kimya Derneği (The Society of Environmental Toxicology and Chemistry-SETAC) ve Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency-EEA) tarafından yapılmaktadır.

YDD, Avrupa Çevre Ajansı tarafından; "hammadde kullanım etkinliğinin artırılacağı ve yükümlülüklerin azaltılacağı, ürünün tüm yaşamı boyunca çevre üzerine etkisini değerlendirmek için metot/işlem" olarak ifade edilmektedir [10].

YDD' nin ilk ortaya çıkışı ve gelişimi EEA' nın (1997) 'LCA, A Guide To Approaches, Experiences and İnformation Sources' ve Hans de Bruijn vd.' nin (2002) 'Hand Book On LCA' isimli çalışmalarında, Göran Finnveden vd.'nin (2009) 'Recent Developments in Life Cycle Assessment' adlı makalesinde irdelenmektedir.

Başlangıçta YDD yöntemi ile tüketilen ürünler arasında karşılaştırma yaparak tercih edilebilirlik üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Sonrasında YDD yöntemi, fosil yakıtların tüketimindeki artış ve bu nedenle oluşabilecek iklim değişikliği enerji hesaplamalarının detaylandırılmasında kullanılmıştır. 1969 yılında Coca Cola firması için Midwest Research Institue (MRI) tarafından, kaynak gereksinimi, emisyon yükleri, içecek kaplarının çevreyle olan ilişkilerini inceleyen bir çalışma yapılmıştır. 1980'li yıllarda katı

atıklar ve geridönüşüm konuları geliştirilmeye başlanmıştır. 1984 yılında Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research (EMPA), YDD için ihtiyaç duyulan verilerin kapsamlı listesininin sunulduğu bir rapor yayınlamıştır. 1990'lı yıllara gelindiğinde ise küresel ölçekte güncel ve yaygın olarak kullanılan bir yöntem haline gelmiştir [11], [12].

YDD yönteminin standartları 1990'lı yıllarda geliştirilmiştir. SETAC, YDD' nin genel ilkelerinin ve klavuzlarının geliştirilmesine başlamış ve çalışmalar yapmıştır. SETAC, YDD için önemli çalışmalarından biri olan 'SETAC Code of Practice [SETAC, 1993]' Uygulama Kodları'nı yayınlamıştır. Böylece YDD'nin sadece enerji ve malzeme odaklı olmasından öteye götürerek gelişimine olanak sağlamıştır [10], [12], [13], [14], [15], [16].

ISO'nun 14001 Çevre Yönetim Sistemleri ile tanınan 14000 serisi standartları arasında YDD'ye yönelik 1994 yılından bu yana geliştirilmekte olan 14040 sayılı serisi bulunmaktadır. ISO 14040 Çevre Yönetimi- Hayat Boyu Değerlendirme Standartı; ürünlerin hammadde eldesi, üretim, kullanım, geridönüşüm veya yok edilme süreçlerini kapsayan çevre etkilerinin değerlendirildiği çevre yönetim tekniğini anlatmaktadır. ISO 14040; Çevresel Yönetim-Hayat Boyu Değerlendirme Prensipleri ve Çerçevesi, ISO 14044; Çevresel Yönetim- Hayat Boyu Değerlendirme Gereksinimleri ve Klavuzları standartları 2006 yılında geliştirilmiştir [14], [17].

UNEP 1996'da kullanıcıların YDD'yi kolay anlayabilmeleri ve uygulayabilmeleri için 'Life Cycle Assessment: What it is, and what to do about it' isimli YDD Klavuzu'nu yayınlamış, 1999'da 'YDD'nin Küresel Kullanımına Doğru' başlıklı bir çalışma ortaya çıkarmış ve her yıl yapılacak Küresel Çevre Bakanları Forumu'nun oluşturulması kararı verilmiştir. Bu çalışma küresel çevre sorunlarının tüm ülkeler tarafından ele alınmasını amaçlamaktadır. 21. yüzyılda YDD'ye gösterilen dikkatin arttığı, 2002 yılında da UNEP ve SETAC' ın uluslararası yaşam döngüsü iş birliğini başlattığı görülmektedir [14], [18], [19], [20].

YDD yönteminin amaç ve ilkeleri Mary Ann Curran'ın 1996 yılında ortaya koyduğu 'Environmental Life Cycle Assessment' isimli çalışmasında ve 2006 yılında güncellediği basımı 'Life Cycle Assessment: Principles and Practise' isimli çalışmasında anlatılmaktadır. Çevresel etkilerin azaltılması minimum kaynak tüketimi ve minimum

atık üretimi ilkesine dayandırılmaktadır. Yöntemin çerçevesi Olivier Jolliet vd.'nin (2016) 'Environmental Life Cycle Assessment' isimli çalışmasında irdelenmektedir. ISO 14040 standartlarınca belirlenen dört aşama anlatılmaktadır. Bu aşamalar; çalışmanın tanımlanması, yaşam döngüsü veri çözümlemesi, yaşam döngüsü etki değerlendirmesi ve değerlendirmenin yorumlanmasıdır.

Yapı ve yapı ürünlerinin çevre etkilerini inceleyen ve bu etkileri en aza indirmeyi amaçlayan yöntemlerden biri olan YDD'nin kendi içinde farklı yöntemler ile değerlendirme yapan araçları bulunmaktadır. Bu araçlardan kimileri yapı bütününde çevre etkilerini değerlendirirken kimileri yapı ürünü bazında değerlendirme yapmaktadır.

Yapı bütününde inceleme yapan araçlardan BREEAM, LEED, Green Star ve DGNB gibi yeşil bina değerlendirme sistemleri dünya üzerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. BREEAM, 1990 yılında İngiltere'de Yapı Araştırma Kurumu tarafından, LEED 1998 yılında ABD'de Amerikan Yeşil Bina Konseyi tarafından geliştirilmiştir. 2002 yılında Avustralya Yeşil Bina Konseyi sürdürülebilirliğin yaygınlaştırılmasını amaçlayan Green Star yeşil bina sertifika sistemini ortaya koymuştur. 2008 yılında Almanya'da geliştirilen DGNB, sürdürülebilirlik için tarafsız bir değerlendirme yapabilmek amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Yapıyı değerlendiren bu uluslararası sistemlerin ölçütlerine bakıldığında sadece yapının değil yapı ürünlerinin de dikkate alındığı, puanlamalarında malzeme kategorilerini incelediği gözlemlenmektedir.

Yerel bağlamda yapının çevresel etkilerinin indirgenmesine yönelik çalışmalar incelenecek olursa, Türkiye'de 8 Aralık 2014 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan "Sürdürülebilir Yeşil Binalar ile Sürdürülebilir Yerleşmelerin Belgelendirilmesine Dair Yönetmelik " yayınlanmıştır. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi bünyesinde 2008 yılında SEEB-TR (Sürdürülebilir Enerji Etkin Binalar), Yapı Uygulama ve Araştırma Merkezi (YUAM) tarafından hazırlanmış ve Ocak 2014'te tanıtılmıştır. Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Temmuz 2013'te "Güvenli Yeşil Bina Belgesi" çalışmalarını oluşturmuştur. Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK) tarafından "Yeşil Konut Sertifikası"nın 2013 yılında taslağı hazırlanmıştır ve Türkiye'nin ilk yerli yeşil bina konut sertifikası olan ÇEDBİK-Konut 2016 yılında hayata geçirilmiştir

[21]. Aralık 2017 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından "Binalar ve Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği" yayınlanmıştır. Bu yönetmelik, Aralık 2014 yılında yayınlanmış olan yönetmeliğe ait değerlendirmeler ve geri bildirimler sonucunda geliştirilmiş ve güncellenmiştir.

Yapı ürünlerininin yaşam döngüsünü değerlendiren araçlardan SimaPro (System for Integrated Environmental Assessment of Products-Ürünlerin Bütünleşmiş Çevresel Değerlendirme Sistemi) geliştirildiği kurum olan Pre Consultants'ın, GaBi ise kendi ismindeki internet sitesi üzerinden erişilebilen kılavuzlar ile anlatılmaktadır. İki araç da yapı ürünlerinin çevresel performanslarını irdelemektedir. 1994 yılında ortaya çıkarılan BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability-Yapılar için Çevresel ve Ekonomik Sürdürülebilirlik) geliştirildiği kurum olan NIST'in (National Institute of Standards and Technology-Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü) internet sitesi üzerinden yapı ürünlerinin değerlendirilmesi için kullanıma açıktır. Çevre ve ekonomik performans değerlendirmesi yapıp yapı ürünü seçiminde bir sistem oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu üç değerlendirme aracı da yazılımlar kullanarak yapı ürünlerini değerlendirmektedir. Araçlar uluslararası düzeyde kullanılmasına karşın bazı değerlendirmelerde, yerel etkenlerin değişiklik göstermesinden kaynaklı farklılıklar meydana gelebilmektedir.

1997 yılında Woolley ve arkadaşları tarafından hazırlanan 'Green Building Handbook' kitabında denetim listeleri ile YDD yapan bir araç ortaya konmuştur. Yapı ürününün sadece üretim ve kullanım süreçlerinde enerji kullanımı, kaynak tüketimi, ozon tabakasının incelmesi, toksikler ve insan sağlığına zararlı etkiler vb gibi başlıkları altında değerlendirme yapmaktadır.

Türkiye'de yapı ürünlerinin YDD'sine yönelik yapılan çalışmalar irdelendiğinde; Gökçe Tuna Taygun, 2005 yılında tamamladığı 'Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik bir Model Önerisi' başlıklı doktora tezinde; yapı ürününün tüm yaşam döngüsü süreçlerindeki tüm çevreler ile ilişkilerinin değerlendirilebildiği denetim listelerinden oluşan bir model önerisinde bulunmaktadır. Beş ana adımdan oluşan modelde, sınır değerlere göre etki değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bu çalışmada, polivinil klorür (PVC) doğrama üzerinden modelin örneklemesi yapılmıştır.

Arzuhan Burcu Gültekin'in (2006) 'Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Kapsamında Yapı Ürünlerinin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi' başlıklı doktora tezinde matrisler ile ifadelendirilen bir model ortaya konmuştur. Bu çalışmada, duvar kağıtlarının kullanım sürecinde bakım ve onarımının çevreye olan etkileri üzerinde bir değerlendirme yapılmıştır. Saniye Karaman Öztaş'ın (2014) 'Türk Yapı Malzemesi Sektörü İçin Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi' başlıklı doktora çalışmasında Türkiye'de üretilen yapı ürünlerinin yerel faktörlerin de göz önüne alınarak çevresel etkilerinin değerlendirildiği bir model tasarlanmıştır. Bu çalışmada, ulusal yapı ürünleri için çevresel etki kategorileri belirlenmiş, normalleştirme referans değerleri ve ağırlıklandırma katsayıları hesaplanmıştır. Model polistren köpük üzerinden örneklenmiştir.

Ulusal alanda yapılan bu üç çalışmada da oluşturulan modellerin örneklemesi yapılmıştır. Ancak yapılan örneklemeler incelendiğinde; değerlendirme yapılan ürünün tüm yaşam döngüsü süreçlerini kapsayan bir değerlendirme yapılamadığı, net bir sonuca ulaşılamadığı görülmüştür.

Bir yapı ürününün yaşam döngüsünü değerlendirmesine yönelik çalışmalar irdelendiğinde değerlendirme sürecinde;

- Yapı ürününün çevreye yönelik bilgilerinin elde edilmesinde güçlüklerin yaşanması,
- Elde edilen bilgilerin doğruluğunun güvenilirliği,
- Değerlendirme modellerinin/araçlarının uygulanmasına/kullanılmasında güçlüklerin yaşanması

gibi sorunların yaşanabildiği gözlenmektedir. Ayrıca değerlendirmenin yapıldığı ülkeye yönelik yerel değerlendirme ölçütlerinin olmaması durumu da özgün bir değerlendirme yapabilmeyi güçleştirebilmekte ve sonuçları değiştirebilmektedir. Bu bağlamda Türkiye'de yapılan çalışmaların sınırlı olduğu, var olan çalışmaların uygulanabilirliği üzerine irdelemelerin yetersiz kaldığı ve bu çalışmaların geliştirilmesi yönünde eksikliklerin bulunduğu gözlemlenmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı; bir yapı ürününün YDD'si yapılırken karşılaşılan sorunları ortaya koymaya çalışmaktır. Bu sorunların belirlenebilmesi için tez çalışması kapsamında bir değerlendirme modeli seçilerek bir yapı ürününün değerlendirmesi yapılmıştır. Türkiye'de üretilen bir yapı ürünün yerelde ortaya çıkan çevre etkilerinin değerlendirilmesi çalışmanın alt amacıdır. Ayrıca bir diğer alt amaç da, yapı ürünü kaynaklı çevresel sorunlar bağlamında ürün karar vericileri için farkındalık yaratmaktır.

Yapı ürünü kaynaklı çevre sorunlarının azaltılması için, eksiksiz ve şeffaf olarak YDD sonuçları elde etmek gerekmektedir. Bu bağlamda çalışmada ortaya konmaya çalışılan; bir yapı ürününün YDD'si yapılırken karşılaşılan zorlukların belirlenmesi önem taşımaktadır.

1.3 Hipotez

Yapı ürünü seçilirken doğru kararların verilmesi çevre üzerinde etkin rol oynamaktadır. Doğru ürün kararının verilebilmesi için, ürün bilgisine ve bu bilgilerin elde edilmesi için bir bilgi sistemine gereksinim duyulmaktadır. Bu bağlamda YDD'nin kullanımı yol gösterici nitelikte olmaktadır.

Bu çalışmada bir yapı ürünün değerlendirilmesi yapılırken ortaya çıkan güçlüklerin irdelenmesi ile;

- Yapı ürünlerinin çevre etkilerinin azaltılması yönünde var olan YDD araçlarının iyileştirilmesi,
- Yeni YDD araçlarının geliştirilmesi,
- Bir ürünün YDD'nin yapılabilmesi için ürün üreticilerinin paylaşması gereken ürün bilgilerinin belirlenmesi

konusunda katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

Tez kapsamında incelenen yapı ürünü verileri Türkiye sınırlarındaki üreticiden sağlandığı, yerel bağlamda daha uygulanabilir bulunduğu, Türkiye'deki ürün kullanıcıları açısından daha açıklayıcı, uygulaması kolay, geliştirilebilir olacağı düşünüldüğü için bu çalışma GTT Modeli ile sınırlandırılmıştır. Seçilen GTT Modeli'nin

denenmesi ise; pazar payının yüksek, hem geleneksel hem de güncel bir yapı ürünü olması ve üretimine yönelik verilerin kolay elde edilebilmesi nedeniyle tuğla üzerinden yapılmaktadır.

Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; sorun, konunun amacı ve önemi, varsayım, sınırlılıklar ve yöntem açıklandıktan sonra ikinci bölümde yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi ve yapı ürünlerinin YDD'sini yapan araçlar üzerinde irdelemeler yapılmıştır. İkinci bölümde incelenen yapı ürününün YDD'si araçları arasından seçilen Gökçe Tuna Taygun Modeli üçüncü bölümde ele alınmaktadır. Dördüncü bölümde; GTT Modeli'nin tuğla örneği üzerinden denenmesi yapılmaktadır. Beşinci bölümde GTT Modeli ve tuğla'nın yaşam döngüsü değerlendirmesine yönelik bulgular ortaya konmaktadır. Altıncı bölümde ise ilk beş bölüm incelemelerinde elde edilen sonuç ve sonuca bağlı olarak yapı ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesine yönelik önerilerde bulunulmuştur.

BÖLÜM 2

YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) sadece yapı ürünü kaynaklı olmayıp herhangi bir ürün veya hizmetin çevre etkilerine yönelik analizlerinin yapıldığı bir yöntemdir. Bu sebeple tez kapsamında ilk olarak YDD'nin bütünsel yaklaşımı incelenmektedir. YDD'nin uluslararası kuruluşlarca kabul görmüş tanımlamaları, ilkeleri, amaçları, kullanım alanları ve kullanıcılarına değinilmektedir. İkinci kısmında ise özele inilerek YDD'nin yapı ürünlerine yönelik olan çalışmaları incelenmektedir.

2.1 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Yöntemi

YDD, ürün ve hizmetlerin beşikten mezara yaklaşımıyla çevresel etkilerinin değerlendirildiği dinamik ve tekrarlanan bir değerlendirme yöntemidir [10], [22].

TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu)-TTGV (Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı)'nin tanımıyla; yaşam döngüsü değerlendirmesi, bir ürünün, üretimin veya etkinliğin yaşam döngüsü süreçlerinin herbirinde çevreye olan etkilerinin incelendiği ve değerlendirildiği, bu sayede de ürünün seçim kararlarına yardımcı olabilecek bir araçtır [23], [24].

YDD çevre bilinci ve çevre etkilerini temel alan bir sistem niteliğindedir. 1960'lı yıllarından bu zamana dek üzerinde çalışmalar yapılan YDD önceki yıllarda; Kaynak ve Çevre Profil Analizi (Resource and Environmental Profile Analysis), Ürün Eko-denge Analizi (Product Ecobalance) gibi isimlerle tanımlanmaktaydı [19].

Uluslararası düzeyde YDD üzerinde önemli rolü bulunan üç kurum; Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Development UNEP), Çevresel Zehirlilik ve Kimya Topluluğu (The Society of Environmental Toxicology and Chemistry - SETAC), Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu (The International Organization for Standardization - ISO)'dur.

UNEP, Birleşmiş Milletler' in çevre konusunu ilk defa uluslararası düzeyde ele aldığı Stockholm Konferansı'nın gerçekleştirildiği yıl, 1972' de kurulmuştur. YDD'nin özellikle gelişmekte olan ülkelerde uygulanmasını merkez alan UNEP, Paris'te Teknoloji, Endüstri ve Ekonomi Bölümü tarafından temsil edilmektedir.

UNEP, ABD Çevre Koruma Ajansı (USEPA) ve Leiden Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü (Hollanda) ile birlikte YDD'nin çeşitli boyutlarına yönelik uluslararası çalıştaylar da düzenlemektedir [10], [18], [19], [20].

SETAC, YDD'nin gelişmesi için çalışan, akademi, endüstri ve hükümet üyelerine sahip ilk uluslararası kuruluştur. YDD' nin geliştirilmesinde bilimsel bazda çalışmalar yapmakla birlikte, YDD ile ilgili araştırma sonuçlarının çevre yönetimi alanlarında uygulanmasında da rol oynamaktadır [15], [19].

YDD, Çevresel Zehirlilik ve Kimya Topluluğu'nca; "ürün, işlem veya etkinlikle ilişkili enerji ve çevresel yüklerin değerlendirilmesi için, malzeme ve enerji kullanımının ve doğal çevreye bırakılan salımların tanımlanarak gerçekleştirildiği öznel bir yöntemdir. Değerlendirme ürün, işlem veya etkinliğin tüm yaşam döngüsü için hammaddenin çıkarılmasından ve işlem görmesinden, imalatı, nakli, dağıtımı, kullanımı, geri dönüşümü, geri kullanımı ve son olarak atık kısmı için gerçekleştirilir"şeklinde tanımlanmaktadır [10].

SETAC'ın YDD üzerine başlıca etkinlikleri;

- YDD' nin geliştirilmesi konusunda Kuzey Amerika ve Avrupa'da düzenlenen bilimsel toplantılar
- Her yıl Brüksel'de çeşitli endüstriyel sektörlerde YDD uygulamalarından elde edilen örnek çalışmaların değerlendirildiği toplantılar

- Hem Kuzey Amerika hem de Avrupa'da 1996'dan bu yana YDD'nın metodoloji ve uygulama alanlarına yönelik araştırmalar yapan çalışma gruplarını koordine etmek

olarak sıralanabilmektedir [13], [14], [15], [19].

SETAC'ın yanında ISO da çalışmalar yapmaktadır. SETAC; YDD'nin gelişimi ve yöntemlerin uyumu odaklı çalışırken ISO; prosedür ve yöntemlerin standartlaştırılmasını resmi görevi olarak kabul etmiştir [11], [12].

ISO 14040 Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme Prensipleri ve Çerçevesi Standartları serisi, YDD için geliştirilmiştir. ISO 14040'a göre [ISO 14040, 1997]; "YDD, ürün (veya hizmet) ile ilişkilendirilen olası çevresel boyutların değerlendirilmesi için geçerli girdi ve çıktı verilerinin toplanması, bu girdi ve çıktılardan kaynaklanan olası çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve çalışmanın amacıyla ilişkili olarak veri ve etki safhalarının sonuçlarının yorumlanmasını içeren bir tekniktir" [10].

Çizelge 2.1'de ISO tarafından ortaya konulan ISO 14040 (Çevresel Yönetim-Hayat Boyu Değerlendirme) Standartları serisi gösterilmektedir. Haziran 2006 tarihinde ISO 14041, ISO 14042, ISO 14043 standartları yürürlükten kaldırılarak ISO 14040 standardının kapsamına alınmıştır [10].

- ISO 14040 (1997), YDD çalışmalarının gerçekleştirilme ve bildirilmesine yönelik genel çerçeve, prensipler ve gereklilikleri belirtmekteyken YDD'nin tekniğini detaylı olarak açıklamamaktadır.
- ISO 14041, YDD'nin kapsam ve hedef tanımının toparlanması ve hazırlanması için ve bir Yaşam Döngüsü Envanter Analizinin (LCI) gerçekleştirilmesi, yorumlanması ve bildirilmesi için gerekli olan gereklilik ve prosedürlerini belirtmektedir.
- ISO 14042 ve ISO 14043, sırasıyla etki değerlendirmesi ve yaşam döngüsü yorumunu ele almakta ve aralarında diğer YDD aşamalarını tanımlamaktadır.

Çizelge 2. 1 ISO 14040 Standartları serisi [10].

ISO 14040 STANDARTLARI SERİSİ
ISO 14040 (2006) : Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Prensipler ve Çerçeve
ISO 14040 (1997) : Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Prensipler ve Çerçeve (Haziran 2006 tarihinde yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO/DIS 14041 (1998) : Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Amaç Kapsam Tanımı ve Envanter Analizi (Haziran 2006 tarihinde yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO 14042 (2000) : Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Hayat Boyu Etki Değerlendirmesi (Haziran 2006 tarihinde yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO 14043 (2000) : Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Hayat Boyu Yorumu (Haziran 2006 tarihinde yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO 14044 (2006) : Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Gereksinimler ve Klavuzlar
ISO 14047 (2003) : Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Etki Değerlendirme-ISO 14042 Uygulama Örnekleri
ISO/TS 14048 (2002) : Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Veri Belgeleme Biçimi
ISO 14049 (2003) : Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Etki Değerlendirme-ISO 14041 Amaç ve Kapsam Tanımı ve Envanter Analizi Uygulama Örnekleri

ISO ile SETAC'ın paralel ve birbirini destekleyecek şekilde yürüttüğü çalışmalar YDD yönteminin içerdiği belirsizliklerin azaltılmasına ve uluslararası ölçüde daha kabul edilebilir bir hale gelmesine önemli katkı sağlamaktadır [19].

Türk Standartları Enstitüsü'nün TS EN ISO 14040 Çevre Yönetim Sistemleri – Hayat Boyu Değerlendirme standardında "hayat boyu" olarak ifade edilen yaşam döngüsü; "bir ürün sisteminin (dönemi); hammadde elde edilmesinden veya tabii kaynaklardan üretilmesinden atılmasına kadar birbirini takip eden ve birbiriyle bağlantılı olan safhaları" olarak ifade edilmektedir. YDD'nin bu safhalarını birbirinden ayrı düşünmemek gerekmektedir. Çünkü; YDD yinelemeli bir yöntemdir ve her aşamada diğer aşamalardan elde edilen veriler kullanılmaktadır [25], [26].

YDD'nin amacı;

- Doğal kaynakların korunması,
- Çevresel kirliliğin önlenmesi,
- Çevresel eşitliğin sağlanması,
- Çevre ile ilgili yasa ve yönetmeliklerin gelişmesi,
- Çevre yönetim sistemlerinde çevresel performans değerlendirmesinin gelişmesi,
- Çevreye duyarlı ürünlerin üretiminin sağlanması,

- Ürün gelişimi ve kullanımı sonucu oluşan toplam çevresel etkilerin ve sağlık risklerinin azaltılması

olarak belirtilmektedir [27], [28], [29].

YDD ile insan faaliyetlerinin çevreye duyarlı ve uyumlu olacak şekilde düzenlenmesi ve sürdürülebilir kılınması istenmektedir.

YDD'nin ilkeleri [10], [27], [30]:

- Çevresel yüklerin tanımlanması ve miktarının belirtilmesi (örneğin kullanılan enerji ve hammadde ile atıkların üretimi),
- Olası çevresel yüklerin etkilerinin değerlendirilmesi,
- Çevresel yüklerden korunmak ve azaltmak için olası seçeneklerin değerlendirilmesi

olarak üç başlık altında toplanabilmektedir.

YDD uygulama alanlarına çeşitli kaynaklarda değinilmektedir. ISO 14040, Demirer (2011) ve Nebel (2006)'ya göre kullanım alanları;

- Bir ürünün veya hizmetin farklı yaşam döngüsü süreçlerinde çevre analizlerinin yapılması
- Bir ürünün veya hizmetin tasarımı, geliştirilmesi ve iyileştirilmesi
- Kamuda ve özel sektörde; stratejik planlama, öncelik belirleme, mevcut tasarımların yenilenmesi konusunda karar verilmesi
- Pazarlama
- Ölçüm tekniklerini de içeren çevresel performans ölçütleri oluşturarak kamuya yasa çıkartma
- Birbirleri ile benzeşen ürünleri karşılaştırma
- Çevre etiketleri ve ürün beyanları için kullanım

şeklinde özetlenmektedir [19], [31].

YDD yönteminin kullanıcıları ile yapılan bir anketin sonuçlarına göre; YDD'nin başlıca kullanım alanları arasında yüzdelerine göre; iş geliştirme stratejileri (%18), araştırma ve geliştirme (%18), ürün veya süreç tasarımı (%15) son olarak da çevre etiketleri ve ürün beyanları (%11) yer almaktadır [19].

YDD'nin özellikle kullanıldığı alanlarından birisi de gerek kamu gerek özel sektörde görülen yeşil satın alma uygulamaları olmakta ve bu tür satın alma uygulamalarının doğal kaynak kullanımı ve çevresel etkiler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilebilmesi, var olan alternatiflere yönelik bir YDD çalışması yapılması ile mümkün olabilmektedir. Almanya'da kullanılmakta olan "Blue Angel" ve İskandinav ülkelerinde kullanılmakta olan "Green Swan" çevre etiketleri örnek olarak gösterilebilmektedir [19].

YDD'nin sonuçlarından yararlanılarak hazırlanan çevresel ürün beyanları ve çevre etiketleri tüketicilerin satın alacakları ürünlerin çevresel özellikleri hakkında bilgi sahibi olmalarına olanak tanımaktadır. Otomotiv, kimyasallar, inşaat, enerji ve taşımacılık, elektrik ve elektronik donanımlar, yiyecek, tekstil, turizm çevresel etiketlerin kullanıldığı bazı sektörlerdir. YDD'nin kullanım alanlarının bu denli geniş olması, YDD'nin ne kadar geniş bir kullanıcı kitlesine hitap ettiğinin göstergesidir.

YDD'nin kullanıcıları dört başlıkta sıralanabilmektedir [32],[33]:

- Endüstri ve diğer ticari işletmeler
- Hükümet ve düzenleyici kuruluşlar
- Tüketici örgütleri ve çevre grupları
- Tüketiciler

Endüstri ve diğer ticari işletmelerde YDD, üretilen ürünlerin veya servisin var olan çeşitli çevresel yararlarını veya yükümlülüklerini anlamak için ticari işletmelere yardımcı olmaktadır. YDD'nin endüstri sektörü için temel uygulamaları; ürün geliştirme, ürün tasarımı, şirket politikasının formülasyonu, ürün bilgileri ve pazarlamadır [33].

YDD sürdürülebilir kalkınmanın temel ilkelerini teşvikte önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla hükümet kuruluşları YDD çalışmalarının içerdiği bilgileri

kullanabilmektedirler. YDD, çevresel etiketleme, nakdi yardım, vergilendirme ve genel politikalar gibi alanlarda hükümetler tarafından uygulanabilmektedir [33].

Tüketici örgütleri ve çevre grupları YDD bilgilerini birçok ülkede çevre etiket ölçütlerini oluşturmak için kullanabilmektedirler [10], [31].

Tüketiciler YDD bilgilerini kullanalarak, yapacakları satın alma işleminde daha kolay seçim yapabilmektedir.

Tüm bunların yanında YDD yönteminin sınırlı kaldığı yönleri, alanları bulunmaktadır. En önemli sınırlılıklarından birisi YDD yöntemi için anlaşılabilir veri eksikliğinin olmasıdır.

YDD yöntemi, kısa hizmet ömrüne sahip endüstriyel ürünlerin çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik olarak ortaya çıkmış olup bu ürünlere göre daha uzun hizmet ömrüne sahip yapı ürünleri için kullanıldığında sorunlarla karşılaşılmaktadır [31].

YDD yöntemi ürün ve süreçlerin çevresel yönleri ile ilgilenmekte, henüz ekonomik veya toplumsal nitelikleri ile ilgili bir çıktı üretememektedir. Çevresel etkiler değerlendiriliken zaman ve mekan boyutu belirlenmediği için, bu çevresel etkiler mutlak değil "potansiyel etkiler" olarak belirtilmektedir [19].

YDD analitik bir yöntem olarak kullanıcılarına karar verme aşamasında önemli destek sağlamaktadır. Ancak; YDD yönteminde ortaya çıkan sonuçlar, kullanılan verilerin nitelik ve niceliği veya yapılan tercih ve varsayımlara bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. YDD verilerine göre alınan kararlar bu olası farklılıkları da içinde barındıracağından, YDD karar vermede kullanıcıya destek olmakta, net ve değişmez doğruları yansıtamamaktadır [14].

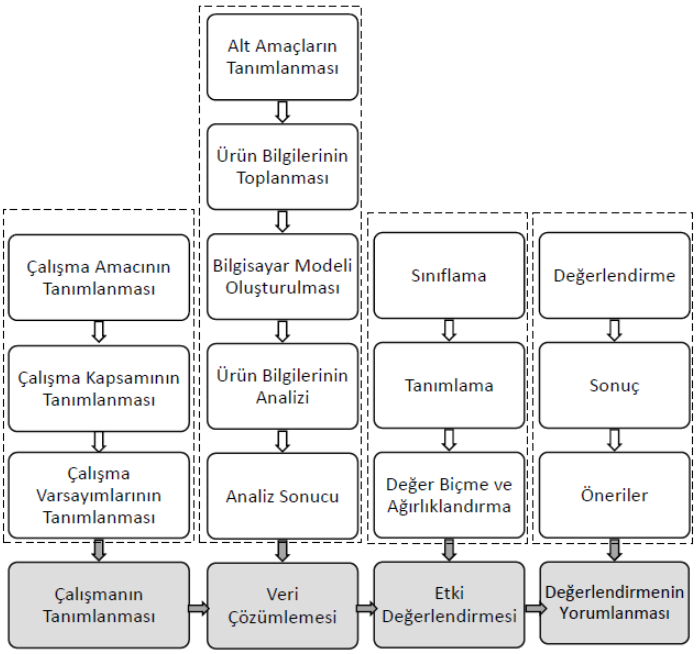
YDD yönteminde pek çok tercih ve varsayımlar kullanılmakla birlikte genellikle ISO' nun belirlediği standartlar göz önünde bulundurulmaktadır [19]. Bu standartların veya kullanılan varsayım ve tercihlerin mümkün olduğunca şeffaf ve izlenebilir olması gerekmektedir. Ayrıca gelişen teknoloji ve çevresel duyarlılıkla birlikte YDD yönteminin kendini geliştireceği ön görülmektedir.

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Yönteminin Çerçevesi

ISO 14040'ta da belirtildiği gibi ürünlerin yaşam döngüsü değerlendirmesi birbiri ile bağlantılı dört aşamada incelenmektedir [9], [27], [28], [29], [32].

Bu aşamalar (Şekil 3.1);

- Çalışmanın tanımlanması,
- Veri çözümlemesi,
- Etki değerlendirmesi ve
- Yorum 'dur.



Şekil 2. 1 YDD Yöntemini adımları [27].

Çalışmanın tanımlanması aşamasında; çalışmanın amacı ve kapsamı belirlenmektedir. Ürünün sistemi, sistemin varsayımları, işlevsel birimi, sistem sınırları, dağıtım yöntemleri, veri kalite gerekleri değerlendirilerek eleştirel gözden geçirme ve rapor hazırlama adımları kararları verilmektedir [10], [22], [27], [32], [34].

Amaç ve kapsam belirleme, yapılacak çalışmanın amacını ve yaşam döngüsü süreçlerinde ortaya çıkacak olan çevresel etkilerden yola çıkarak karar vermede izlenecek yöntemin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Sorun ve amaç net bir şekilde anlaşılır olmalı, bu doğrultuda çalışma sınır ve kapsamı belirlenmelidir. Devam eden

süreçlerde, YDD'de rol alacak kişiler ve ilgilendiği alanlara göre karar vermedeki rolleri belirlenerek, YDD kapsamında çevre etkilerine göre önem sırasına konulması gerekmektedir [9].

Varsayım adımında; hizmet ömrü, bakım yöntemleri ve aralıkları, onarım yöntemleri ve aralıkları, ürününün yeniden işlevlendirilmesi veya yıkımı gibi varsayımlarda bulunulmaktadır [34].

YDD çalışmasında kullanılan yöntem ve verilerin ISO standardlarına uygunluğunu değerlendirmek üzere, çalışmanın eleştirel yaklaşımla gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bu gereklilik, YDD çalışmasının amaç ve kapsamında belirtilmektedir. [32], [34]. ISO 14040' a göre, bir YDD çalışmasından elde edilen sonuçların ilgililere aktarılması için tarafsız bir rapor ortaya çıkarılmalıdır.

Yaşam döngüsü veri çözümlemesi (YDVÇ-Envanter analizi); bir ürünün tüm yaşam döngüsü süreçleri boyunca girdi ve çıktılarının tanımlandığı, enerji ve hammadde gereksinimlerinin, hava ve su emisyonlarının, katı ve diğer çevresel atıkların belirlendiği aşamadır [27], [34].

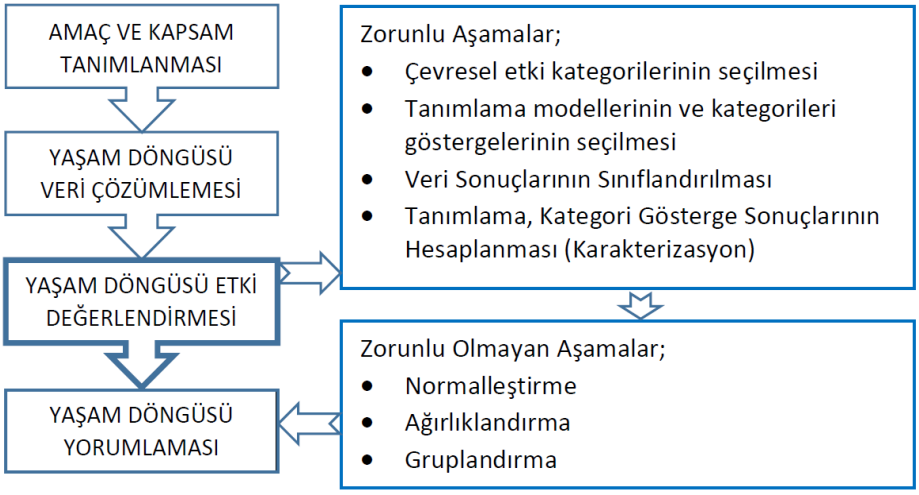
ISO 14040' a göre veri çözümlemesi bilgi toplama ve ürün sistemine bağlı girdileri ve çıktıları nicel olarak hesaplama yöntemini içermektedir [17].

YDD' nin amacının ve kapsamının tanımlanması sürecinde belirlenen amaçlara ek olarak; çalışılan ürün hakkında özel bilgilerin toplanması gerekmektedir. Ürün verilerinin yeterli kalite ve miktarda toplanması kapsamlı ve yoğun bir çalışma gerektirmektedir. Verilere sistematik ve hızlı bir biçimde ulaşabilmek için yöntemler oluşturulabilmektedir. Bazı durumlarda çalışmanın amaç ve kapsamında değişiklik yapılması gerekebilmekte, sonucunda ise çalışmanın amaç ve kapsamı değiştirilebilmektedir. Bu sebeple YDD tekrarlanabilen ve ileri/ geri beslemeli bir yöntemdir [34].

Veri çözümlemesi aşamasında, her adımdaki girdi ve çıktıların birleştirilip derlenmesi için bir analiz yapılmakta ve analize göre rapor ortaya çıkarılmaktadır. Veri çözümlemesinin sonucu, incelenen ürün, yöntem veya üretime göredir ve çalışmada belirlenen konu ve sınırların tanımladığı durumlar için geçerli olmaktadır [27].

Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi (YDED) aşamasında yaşam döngüsü veri çözümlemesi sonuçlarına göre olası çevresel salınımların insan sağlığı ve çevresel ölçütler üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir. Etki değerlendirmesinde, insan sağlığı ve çevresel etki kategorilerinin yanında üretim sürecindeki tüm girdiler, tüketilen doğal kaynaklar, üretilen atıklar ve kullanılan enerji de göz önüne alınmaktadır [27].

ISO 14040 (2006)'a göre etki değerlendirmesi zorunlu ve zorunlu olmayan aşamalardan oluşmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2. 2 Yaşam döngüsü etki değerlendirme evresinin adımları [35].

Etki değerlendirmesi zorunlu aşamaları; [19], [27], [35].

- Çevresel etki kategorilerinin seçilmesi ve tanımlanması: Küresel ısınma, ötrifikasyon, zehirlilik gibi ilgili çevresel etki kategorileri tanımlanmaktadır.
- Tanımlama modellerinin ve kategorileri göstergelerinin seçilmesi: Etki kategorisi için fiziksel, kimyasal ve biyolojik aşamalarda çevresel etkileşimi veri çözümlemesi sonuçları ile kategori göstergesi arasındaki ilişki tanımlama modeli ile ifade edilmektedir. Tanımlama modelinden elde edilen dönüştürme katsayıları ile veri çözümlemesi sonuçlarının çevresel etki kategorileri ortak bir birime çevirilir.
- Veri Sonuçlarının Sınıflandırılması: Veri çözümlemesi sonuçları etki kategorileri ile ilişkilendirilmektedir.
- Tanımlama, Kategori Gösterge Sonuçlarının Hesaplanması (Karakterizasyon): Bilimsel karakterizasyon faktörleri kullanarak, çevresel etki kategorileri katsayılar

ile çarpılarak eşdeğer birime dönüştürülmekte, her bir etki kategorisi modellenmektedir. Her bir etki kategorisinin ifade edildiği birim farklıdır. (Örneğin; karbondioksit (CO_2) küresel ısınma kategorisinin eşdeğeri olarak, kloro florokarbon11 (CFC11) ise ozon tabakasının incelmesi kategorisinin eşdeğeri olarak kabul edilmektedir.)

Etki değerlendirmesi zorunlu olmayan aşamaları [17], [19], [27];

- Normalleştirme: Karşılaştırma yapılabilmesi için değerler, aynı birimlere getirilmektedir.
- Ağırlıklandırma: Çevresel problemlere, modelin geliştirildiği lokasyon baz alınarak kendi içindeki önemine göre öznel bir değer verilmektedir.
- Gruplandırma: Göstergeler sınıflandırılmakta ve sıralanmaktadır (küresel, bölgesel gibi)

şeklinde açıklanmaktadır.

Değerlendirmenin yorumlanması aşaması "Bir ürünün, etki değerlendirmesinde sınıflanan ve tanımlanan olumsuz etkilerinin, yaşam döngüsü boyunca enerji, hammadde kullanımı ve çevresel atıkların azalması amacına yönelik yorumlandığı adım" olarak ifade edilmektedir [27].

ISO, YDD'nin bu aşamasının amacını;

- Önceki aşamalardaki verilerin değerlendirilerek, sonuçlarının belirlenmesi, kısıtlılıklarının tanımlanması, önerilerin yapılması ve çalışma sonuçlarının raporlanması
- YDD çalışmasının sonuçlarının amaç ve kapsam aşaması doğrultusunda eksiksiz, kolay anlaşılabilir ve tutarlı bir şekilde sunulması

olarak tanımlamaktadır [19].

Yaşam döngüsü değerlendirmesinin yorumu aşaması önemli çevresel konuların belirlenmesi, çevresel etkilerin niteliksel olarak değerlendirilmesi, sonuç ve öneri adımlarını kapsamaktadır [27], [32], [34].

Değerlendirme sonuçları şeffaf, açıklayıcı ve anlaşılabilir nitelikte sunulmalıdır. Değerlendirme kapsamına giremeyen dayanım, kullanım sürecinde açığa çıkan gazlar gibi veriler ayrıca verilmelidir [9], [27], [28], [32]. Sonuç öneriler adımı çalışmanın güvenilirliği ve geliştirilebilmesi açısından önem taşımaktadır. Gerçek bilgi ve verilere dayandırılarak elde edilen çalışma sonuçlarında belirsizlik taşıyan bulguların da net bir şekilde paylaşılması gerekmektedir.

2.2 Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

İnsanlar gereksinmelerini karşılamak için ilk çağlardan bugüne doğadan faydalanmaktadır. Taşları ve ağaçları oyarak, toprağı şekillendirerek karşılanan gereksinimler; gelişen teknoloji ile birlikte çeşitli yapı ürünlerinin üretilmesi ve kullanılmasıyla karşılanmaktadır.

Yapı ürünlerinin; yüksek üretim miktarı, uzun hizmet ömrü ve dünya üzerinde geniş bir kullanım alanına sahip olması çevre etkilerini önemli boyutlara taşımaktadır. Bu etkilerin en aza indirilmesi için kullanılan yöntemlerden biri de yapı ürünlerinin YDD'sidir.

2.2.1 Yapı Ürünü

"Yapı fiziksel olarak, birçok ürünün biraraya getirilmesinin sonucunda ortaya çıkar ve üretim sürecinin son ürünüdür/çıktısıdır" [36].

Gezegen üzerinde yapı ürünü üretiminde gerek tek başına gerekse diğerleri ile birlikte hammadde olarak yararlanılmaya elverişli gereçler bulunmaktadır. Doğada her amaca uygun gereç bulunmamakta ve bu gereçler yapıya doğada bulunduğu biçimi ile girmemektedir. Yapay süreçlerle çeşitli işlemlerden geçirilen gereçler, amaca uygun ve birbirine göre daha çok bitirilmiş yapı ürünlerine dönüştürülmektedir [36], [37].

Yapı ürünleri işlev, üretim ve bitirilmişliklerine göre

- Gereç,
- Parça,
- Bileşen,

- Öğe (eleman),
- Birim (ünite) olarak sınıflandırılmaktadır.

Yapı gereci; taş, ahşap, toprak gibi tanımlanabilecek geometrik bir biçimi olmayan kütlesel temel ürünler ile bunların beton, harç, bronz, pirinç, boya gibi karışım, alaşım ve bileşimleri sonucu doğal ve yapay süreçlerle ortaya çıkarılmış halidir [36].

Yapı parçası; tuğla, kiremit, boru, kablolar gibi örneklenebilmektedir. Gereçlerin özel bir işlev için biçimlendirilmesi sonucu oluşturulan, biraraya gelince bir bütünü oluşturan yapı ürünleridir [36].

Yapı bileşenleri; kapı, pencere, lavabo, kolon, kiriş gibi nesnelerdir. Gereç ve parçaların birleştirilmesi veya özel biçimlendirilmesi sonucu elde edilip, yapı bütününde belirli bir yeri ve işlevi almaktadır [36].

Yapı öğesi; örnekleri duvar, döşeme, merdiven, çatı, katı atık sistemleri vb' dir. Yapının işlevlerinden bir veya birkaçını fiziksel olarak karşılamak amacı ile gereç, parça ve bileşenlerin bir araya getirilmesinden oluşmaktadır [36].

Yapı birimi; yapı öğelerinin birleştirilmesi ile oluşan, tek başına bir kullanımı yerine getiren yapı bölümleri olup oda, derslik, mutfak, banyo gibi örneklenmektedir [36].

Yapı eyleminin başlamasından 19.yy'a kadar kullanılan yapı ürünlerinin; türü, üretim yöntemleri, boyutları, nitelikleri, özellikleri, kullanılma teknikleri ile ilgili olarak genelde önemli bir farklılık gelişim ve yenilik olmamış ve taş, toprak, ahşap gibi geleneksel yapı ürünleri kullanılmıştır. Ancak Endüstri Devrimi'nden sonra yapı ürünü çeşitliliği artmıştır [37].

Yapı ürünleri, yapıda kullanılacak oldukları bölümlerin işlevlerinin amacına yönelik olarak seçilmekte, bu bağlamda yapı ürünlerinin özelliklerinin bilinmesi doğru yapı ürününün seçilmesine olanak sağlamaktadır.

Yapı ürünlerinin özellikleri; ürünlerin sınıflanması, ürünlerin bilgilerinin düzenlenmesi geliştirilmesi ve seçiminde diğer ürünlerle karşılaştırma yapılması bakımından önem taşımaktadır [36].

Yapı ürünlerinin özellikleri; fiziksel, mekanik, teknolojik, kimyasal, görünüş ve estetik, çevre ile ilgili, ekonomi ve bulunabilirlik olarak gruplandırılabilmektedir. Tüm bu özelliklerin bilinmesi ve sayısal büyüklüklerle ifade edilebilmesi ürünlerin seçimini kolaylaştırmak için gereklidir [36], [38].

Fiziksel Özellikler; ürünün fiziksel deney yöntemleri ile ölçülebilen özelliklerini kapsamaktadır. (birim- hacim kütle, özgül kütle, su, ısı, ses, ışık radyasyon vb.)

Mekanik özellikler; ürünlerin dayanıklılık, yük taşıma gibi özelliklerdir.

Teknolojik özellikler; bir ürünün bazı özelliklerinin sayısal olarak belirlenirken uygulanan deney yöntemi nedeniyle farklılık gösterdiği özelliklerdir [36], [38]. (kırılma, çarpma direnci, sünme, aşınma vb)

Kimyasal özellikler; yapı oluşturulurken birçok farklı kimyasal yapıdaki ürün biraraya getirilmekte ve birbirlerini etkilemektedir [36], [38]. (korozyon etkisi, organizmaların etkisi, gazların etkisi vb)

Görünüş ve estetik özellikler; büyüklük, biçim, renk, doku gibi özelliklerdir.

Çevre ile ilgili özellikler; sürdürülebilirlik ve çevre etkileri, insan sağlığı üzerindeki etkileri gibi özelliklerdir.

Ekonomi ve bulunabilirlik; elde edilmek istenen ürünün ekonomik ve teknik koşullara göre optimum bir çözüm olarak ortaya konmasını hedeflemektedir. Ürünün belli bir ömrü olduğu, aynı amaçla kullanılabilecek bir diğer yapı ürününün performansları aynı olmasına karşın fiyat öncelikli tercih edilmesi veya performansa göre değerlendirme yapılması ekonomik özelliklerle ilgili bir durum olmaktadır [36], [38].

2.2.2 Yapı Ürünün Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Çevre ile Etkileşimi

Yaşam Döngüsü Değerlendirme yönteminde, beşikten beşiğe anlayışıyla yapı ürünlerinin çevreye olan veya olası etkileri göz önünde bulundurulmaktadır.

“Beşikten Beşiğe kavramı; ürünlerin kullanım ömrünün tamamlanması sonucu, kaynak tüketimini ve atık üretimini azaltmak amacıyla, mutlaka döngüye tekrar girmesi (üretim, geri kullanım, geri dönüşüm gibi) ve bu kararların da tasarım sürecinde alınması yaklaşımına dayanmaktadır” [8].

Bu kapsamda yapı ürünlerinin yaşam döngüsü değerledirmesi;

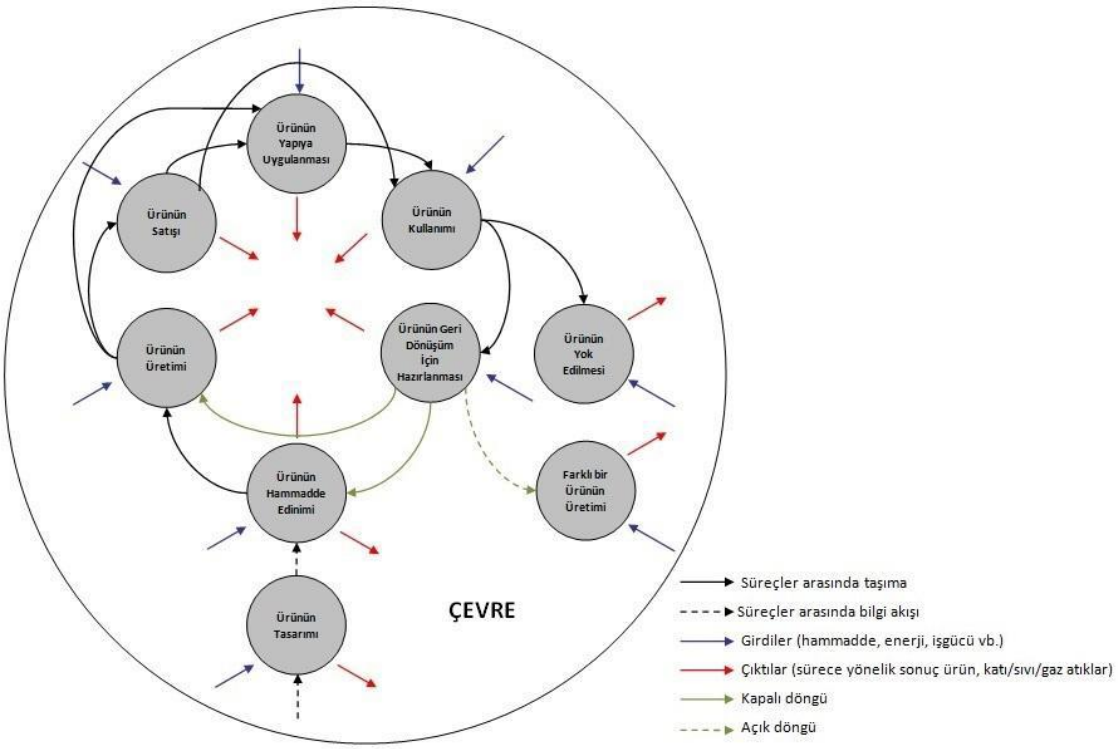
- Yapı ürününün tasarlanması
- Hammadde edinimi
- Yapı ürününün üretimi
- Yapı ürününün satışı
- Yapı ürün yapıya uygulanması
- Yapı ürününün kullanımı

Yapı ürünün yararlı ömrünü tamamladıktan sonra;

- Geridönüşümü
- Yok edilmesi

süreçlerini kapsamaktadır (Şekil 2.3).

Şekil 2.3' de belirtilen kapalı döngü; yararlı ömrünü tamamlayan ürünün, aynı ürün yaşam döngüsünde kullanılmak üzere geri dönüştürülmesidir. Açık döngü ise; yararlı ömrünü tamamlayan ürünün, farklı bir ürün yaşam döngüsüne dahil olmak üzere geri dönüştürülmesi anlamına gelmektedir. Süreçler arasındaki taşıma da döngünün bir parçasıdır [39].



Şekil 2. 3 Yapı ürününün yaşam döngüsü süreçleri [39].

“Yapı, yapı ürünleri ve çevre sorunları düşünüldüğünde, ürünlerin en çok ‘kullanım sürecinde’ çevreyi etkilediği bilinmekte veya çevre dostu yapı ürünleri denildiğinde de ilk olarak akla ‘geri dönüştürülebilir ürünler’ gelmektedir ” [39]. Fakat; yapı ürünleri ‘beşikten beşiğe’ tüm süreçlerde çevre ile etkileşim içinde bulunmaktadır. Bu nedenle yapı ürünleri yaşam döngüsünün tüm süreçlerinde değerlendirilmelidir. Yapı ürünlerinin her sürecinde çevreye farklı etkileri söz konusu olmaktadır.

Yapı ürününün tasarlanması; gereksinimler doğrultusunda nasıl ve ne miktarda yapı ürününün kullanılacağının belirlendiği, bu bağlamda elde edilecek gereçlerin nasıl bir biçime kavuşturulacağının kararının verildiği aynı zamanda da beşikten beşiğe ilkeleri doğrultusunda minimum atık üretebilen, yeniden kullanılabilen ve geri dönüştürülebilen ürünlerin ortaya konduğu süreçtir.

Hammadde edinimi; doğada yer alan fiziksel ve biyolojik kaynakların yanında atıkların ve geri dönüştürülmüş ürünlerin kullanıldığı süreç olarak ifadelendirilmektedir. Bu süreçte gerecin ortaya konması için işlemden geçmesi gerekebilmektedir. Doğadan kazanılan hammaddeler veya enerji kaynakları çıkarıldıkları noktadan işleme noktasına ulaştırılmakta, işlendikten sonra yapı ürününün üretimi için hazır hale getirilmektedir.

Yapı ürününün hammadde edinim sürecinde; enerji, anamal, işgücü girdileri oluştururken hammadde, hava emisyonları, sıvı ve katı atıklar çıktıları oluşturmaktadır.

Yapı ürünleri dünyadaki ürünlerin % 40 gibi büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Her yıl yaklaşık 3 milyon ton taş, toprak, ahşap, mineral, petrol ve diğer ürünler çıkartılarak yapı ürünü olarak kullanılmak için işlenmektedir. Yapı sektörü küresel olarak hammadde tüketiminin %24'ünü kapsamaktadır [6], [40].

Bu süreçte çevre etkilerinin en aza indirilmesi yapı ürününün tüm süreçlerindeki toplam çevre etkisini büyük ölçüde etkilemektedir. Yapı ürünleri üretiminde sınırlı ve yenilenemeyen kaynakların yerine, hızla yenilenebilir kaynakları hammadde olarak kullanan yapı ürünlerinin tercih edilmesi çevre etkilerini azaltmaktadır. Gerikazanılabilir ve gerikazanılmış yapı ürünlerinin kullanılması hammadde ediniminde tasarruf sağlamaktadır [40].

Hammadde ediniminde yerel ürünlerin seçilmesi yerel ekonomiye yarar sağlamanın yanında, en basit düşünceyle hammaddenin taşınması sırasında oluşacak atıkların ve kullanılacak enerjinin azalmasını sağlamaktadır.

Hammadde edinimi sırasında doğru tekniklerin kullanılıyor olması da bir diğer faktördür. Bilinçli şekilde yapılmayan yöntemlerle doğal kaynakların tükenmesi bile söz konusu olmaktadır. Bunun da ötesinde hammadde ediniminde yok edilen topografik olgular sebebiyle yerelde iklim değişikliklerinin gözlemlendiği örnekler bulunmaktadır.

Yapı ürününün üretimi; üretime hazır hammaddelerin satışa sunulacak son haline getirilmesi için tüm aşamaların kapsandığı süreçtir [9]. Hammaddeler, araç ve gereçler kullanılmakta enerji, anamal ve işgücü tüketilmektedir. Yapı ürünleri, yan ürünler, hava emisyonları, sıvı ve katı atıklar süreç sonunda ortaya çıkmaktadır.

Kullanım ömrünü tamamlamış ürünlerin üretim sürecine tekrar katılması, doğa dostu yöntemlerle üretimin gerçekleştirilmesi, zehirli ve zararlı kimyasallar içermeyen ürünlerin üretilmesi, beşikten beşiğe ilkeleri doğrultusunda hedeflenmektedir [8].

Yapı ürünlerinin üretimi için uygun alanın seçilmesi ve doğru teknolojinin kullanılması çok önemlidir. Üretim tesislerinin hammadde edinim yerine uzaklığı ve tesislerin üretim koşullarını karşılar nitelikte olması göz önünde bulundurulmalıdır. Üretim

sürecinde düşük yoğunluklu endüstriyel işlemlerle ürünün üretilmesi, iş gücünün yoğun kullanılarak endüstriyel işlemlerin azaltılması, fosil yakıtların yerine rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir kaynakların kullanılması çevre etkilerini azaltmaktadır [40].

Plastiklerin üretimi sırasında atmosfere uçucu organik bileşikler (VOCs) yayılmakta ve fazla miktarda enerji harcanmaktadır. Metal ürünler üretilirken eritme aşamasında fazla miktarda enerjiye ihtiyaç duyarken, fazla miktarda dioksin emisyonu atığı oluşturmaktadır [41].

Çimento, üretilirken yüksek miktarda enerjiye gereksinim duyulmaktadır. Çimento fırınlarının yüksek işlem ısısı ve bünyesindeki klinker ile kalkerin gaz temizleyici bileşenler gibi davranması ile araba lastiği, ahşap plastik ve kimyasalların üretiminde alternatif yakıt olarak kullanılabilmektedir. Bu sayede fosil yakıt tüketimi azaltılmak istenmektedir [18].

Yapı ürünü üretildikten sonra satışa hazır hale getirilmektedir.

Yapı ürününün satışı sürecinde ürünler gerekli saklama, paketleme gibi işlemlerden geçerek dağıtıma çıkarılmaktadır. Paketleme ürünü olarak kullanılan araç-gereçler, taşınma sürecinde kullanılan yakıtlar, kullanılan enerji, işçilik ve teslim edilecek birimin üretim yerine olan uzaklığı da bu süreçte göz ardı edilmemelidir. Tüm bunların yanında üretici ve tüketici arasındaki ekonomik değerlendirmeler yapılmaktadır.

Yapı ürününün satışı sürecinde; yapı ürünü, araç ve gereçler kullanılmakta, enerji anamal, iş gücü tüketilmektedir. Üretici tarafından bakıldığında maddi girdi sağlanmaktadır.

Üretimi tamamlanan ürünün satış için paketlenmesi sırasında dayanıklı ve ekolojik paketleme ürünlerinin kullanılması çevre etkileşimi açısından önemlidir. Paketlenen ürünlerinin taşınması veya araçlara yüklenmesi sırasında paket yırtılması vb gibi karşılaşılan herhangi bir aksilikte maddi hasar oluşmakta, ürünün hava ile teması sonucu zararlı çevresel etkiler ortaya çıkabilmektedir.

Yapı ürününün yapıya uygulanması sürecinde öncelikle üretilen ürünler; uygulanacağı yere taşınmakta, taşıma sürecinde enerji tüketilmekte ve atıklar ortaya çıkarılmaktadır.

Yapı ürününün yapıya uygulanması sürecinde; yapı ürünleri, araç ve gereçler kullanılmakta enerji, anamal ve işgücü tüketilmektedir. Hava emisyonları, sıvı ve katı atıklar süreç sonunda ortaya çıkmaktadır.

Bu süreçte işçilik, kullanılan araç ve gereçler, uygulama sırasında oluşan kayıplar, hurdalar ve uygulama aşamasının tamamlanması için geçen süre gibi etkenler çevre sağlığı bakımından önem taşımaktadır. Oluşan atıklar için önlemler alınmalı, iş ve işçi güvenliği sağlanmalı, doğru uygulama teknikleri kullanılmalıdır. Uygulamalar yasalar, yönetmelikler, standartlar ve yönergeler gibi zorunluluklar doğrultusunda belirlenen şekilde yapılmalıdır [23].

Seramik, halı, linolyum gibi bazı yapı ürünlerinin uygulamasında kullanılan kimyasallar veya boya ve verniklerden uygulama esnasında çıkan VOCs veya cam yünü uygulamaları uygulama yapan kişilere zarar verebilmektedir [41].

Bu süreçte yapı ürününe göre uygun yapım tekniklerinin kullanılması gerekmektedir.

Yapı ürününün kullanımı; ürünün yapıyla olan birlikteliğindeki çevre etkilerini kapsayan süreçtir. Bakım onarım, yeniden kullanım aşamlarını da içermektedir.

Bu süreçte yapı ürününün öngörülen hizmet ömrüne göre performansları değerlendirilmektedir.

Yapı ürününün kullanımı sürecinde; yapı ürünlerinin yapı performansına etkisi değerlendirilmektedir. Bu süreçte hava emisyonları, sıvı ve katı atıklar ortaya çıkmaktadır.

Bu aşamada en önemli etki, yapı kullanıcılarının sağlığı ve konforu üzerinde olmaktadır. Çevre sağlığına zarar verecek ve sağlıksız bina sendromuna yol açacak yapı ürünleri kullanılmamalıdır. Özellikle solvent bazlı bağlayıcılar, döşemeler (halı türü) ve diğer son kat iç mekân örtüleri VOCs ve formaldehit yaymaktadır. Ayrıca bu yapı ürünlerinden bazıları içerdikleri asbest nedeniyle; asbestosis, akciğer kanseri, mezotelyoma ve plevra tümörüne yol açabilmektedir. İçeriğinde radon bulunan beton, tuğla, granit, alçı gibi yapı ürünleri akciğer kanserine neden olabilmektedir. Yapı ürünlerinin yaydığı bu kimyasallardan kaynaklanan yapı içi hava kirliliği oluşmaktadır [18], [41].

Bu süreçte yapı ürünlerin ömürleri de düşünülmelidir. Daha uzun kullanım ömrüne sahip yapı ürünleri daha az bakım onarım gerektireceğinden daha az atık oluşturmakta, işgücü ve doğal kaynak kullanımı azalmaktadır. Yapım maliyetinin %50'sinin bakım onarım ve iyileştirmelerin oluşturduğu düşünülürse kullanılan yapı ürününün özelliklerinin ne denli önemli olduğu açıkça görülmektedir [18].

Yapı ürününün geri dönüşümü: Atıkların ve kullanım ömrünü tamamlamış ürünlerin; aynı veya farklı ürün üretiminde kullanılmak üzere geri dönüştürülmesi; yani atık oluşturmaksızın hammadde veya gereç olarak döngüde üretime yeniden katılması ile sonuçlanmaktadır [8].

Diğer süreçlerde olduğu gibi enerji, anamal ve işgücü tüketilirken geri dönüşüm işlemleri için araç ve gereçler kullanılmaktadır. Hammadeler veya yapı ürünleri, hava emisyonları, katı ve sıvı atıklar süreç sonucunda oluşabilmektedir.

Geridönüştürülmüş yapı ürünlerinin kullanımı, hammadde kaynaklarının tüketimini engellemek ve ürünlerin yok edilmesi sırasında oluşan zararların ve harcanan enerjinin azaltılmasını sağlamak gibi pozitif etkilere sahipse de bazı durumlarda tam ters etkiler ortaya koyabilmektedir [41]. Örneğin çelik, mıknatıslar yardımıyla kolayca toplanabilirken, camın toplanması zorlu aşamalar gerektirmektedir.

Ayrıca yapıyı üretirken kolay sökülüp monte edilebilen yapı ürünlerinin kullanılması geri dönüşüm aşamasında pozitif etkiler sağlamaktadır.

Yapı ürününün yok edilmesi; yapının söküm, yıkım aşamasından sonra oluşan geri dönüşümü mümkün olmayan ürünlerin geçirdiği aşamaları kapsayan süreçtir.

Süreçte işgücü, enerji, anamal tüketilmekteyken araç ve gereçler kullanılmaktadır. Hava emisyonları, katı ve sıvı atıklar, enerji sürecin çıktılarını oluşturmaktadır. Bu süreçte kullanılan teknoloji de önem kazanmaktadır. Çünkü kullanılan teknolojiye göre oluşan farklı atıklar çevre üzerinde olumsuz etkilere sahip olmaktadır [41].

Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nin 27. Maddesi'ne göre doğal kaynakların korunması amacıyla yıkım aşamasında oluşan atıkların geri kazanımı esas alınmaktadır. Çevreye zararlı atıkların ayrı olarak toplanması ve Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği kararlarına göre yok edilmesi gerekmektedir [42].

Ayrıca, zararlı madde içeren yapı ürünleri kullanılmış olan binalarda yıkım aşamasında çevre sağlığı ve güvenliği için önlemler alınmalıdır.

Bu süreçte, doğada kolay yok olabilen gereçlerin kullanılmış olması çevre etkileşimini azaltmaktadır. Doğal yollarla çürüyüp yok olan yapı ürünleri tekrar doğaya karışmaktadır. Üretiminde kimyasal kullanılan yapı ürünlerinin yok olma süreci daha uzun olduğundan organik ürünlerin kullanılması çevre etkilerine olumlu katkı sağlamaktadır [40].

Yapıyı oluşturan ürünlerin doğru seçimi; ürünlerin bütün süreçlerinde enerji ve kaynakların tüketilmesi, atık miktarı ve emisyonların bunlarla bağlantılı olarak da çevreye olan olumsuz etkilerin en aza indirilmesi konusunda etkilidir. Bu nedenle yapı tasarımcıları için yapı ürünlerinin özellikleri, türleri, uygulama yöntemleri, performans özelliklerinin yanında çevresel etkilerinin de ele alınması zorunlu hale gelmektedir.

2.2.3 Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Örnek Araçlar

Yapı ürünü özelinde yaşam döngüsü değerlendirmesi yapan pek çok araç ve çalışma 1990'lı yıllardan başlayarak ortaya konulmuştur. Ürün ve yapı ürünlerininin değerlendirilmesine yönelik dünyada öncü kuruluşlar tarafından ortaya atılmış; BEES, Envest, Environmental Profiles, Team, Ecoinvent, GaBi, SimaPro gibi pek çok bilgisayar ortamında yazılımlar kullanılarak üretilmiş değerlendirme aracı bulunmaktadır. Bunun yanında ürün seçimine yönelik karar destek araçları veya denetim listeleri ile değerlendirme yapan Woolley Modeli, Gökçe Tuna Taygun Modeli, Arzuhan Burcu Gültekin Modeli, Saniye Öztaş Modeli gibi araçlar ortaya konulmuştur.

Yapı ürününe yönelik yaşam döngüsü değerlendirme araçlarından bazılarının tanımlamaları Çizelge 2.2' de özetlenmektedir. Değerlendirme yöntem düzeylerine göre;

- Düzey 1: Ürün karşılaştırma ve yazılım ile değerlendirme yapan araçları
- Düzey 2: Ürün seçimine yönelik karar destek araçları veya denetim listesi ile değerlendirme yapan araçları

ifade etmektedir.

Çizelge 2. 2 Yapı ürünü YDD araçları tanımlamaları

YDD ARAÇLARI	GELİŞTİREN	ÜLKE	TARİH	DEĞERLENDİRME YÖNTEM DÜZEYİ
Envest	Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Yöntemi (BRE)	İngiltere	1990	2
SimaPRO	PRe Consultant	Hollanda	1990	1
TEAM	Ecobilan	Fransa	1990'lar	1
GaBi	PE International	Almanya	1992	1
BEES	ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST)	ABD	1994	1
Woolley	Yapı Servisleri Araştırma ve Danışma Kurumu (BSRIA)	İngiltere	1997	2
Eco invent	PRE Consultant	İsviçre	1999	1
Environmental Profiles	Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Yöntemi (BRE)	İngiltere	1999	2
GTT	Gökçe Tuna Taygun Doktora Çalışması	Türkiye	2005	2
ABG	Arzuhan Burcu Gültekin Doktora Çalışması	Türkiye	2006	2
SKÖ	Saniye Karaman Öztaş Doktora Çalışması	Türkiye	2014	2

Düzey 1: Ürün karşılaştırma ve yazılım ile değerlendirme yapan araçlar
Düzey 2: Yapı elemanı veya ürün seçimine yönelik karar destek araçlar veya denetim listesi ile değerlendirme yapan araçlar

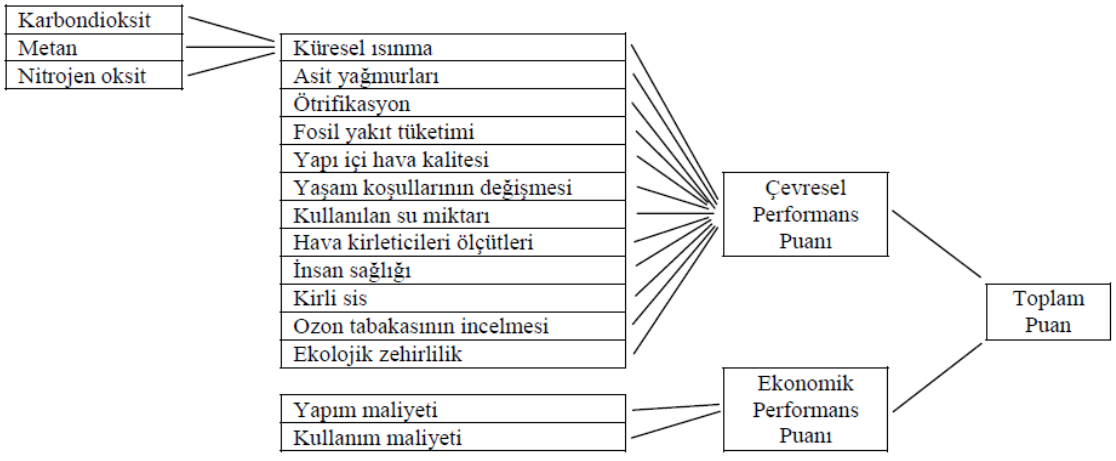
Tez kapsamında ilk olarak yapı ürünü yaşam döngüsü değerlendirme araçları, yazılım ve ürün seçimine yönelik karar destek araçları veya denetim listeleri ile değerlendirme yapan araçlar olmak üzere iki düzeyde incelenmiştir. Dünya üzerinde yaygın olarak kullanıldığı için BEES, SimaPro, GaBi yazılım ile değerlendirme yapan araçları seçilmiştir. Denetim listeleri ile değerlendirme yapan Woolley aracı, GTT, ABG ve SKÖ yaşam döngüsü değerlendirme araçları erişilebilir ve uygulanabilir bulunduğu için tez kapsamında incelenmektedir.

BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability- Yapılar için Çevresel ve Ekonomik Sürdürülebilirlik) Değerlendirme Aracı: Yapı ürünlerinin ekonomik ve çevresel performansının değerlendirildiği bir yazılım aracıdır. 1994 yılında, Çevresel Koruma Kuruluşu (EPA – Environmantal Protection Agency) desteğiyle ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST-National Institute of Standards and Technology) Sağlıklı ve Sürdürülebilir Yapılar Programı, tarafından oluşturulmuştur.

BEES şeffaf ve esnek olacak şekilde tasarlanmış, renkli ve kolay anlaşılabilir grafiklerle ifadelendirilmiş, standartlara dayandırılmıştır. Araç 230 tane yapı ürününün çevresel ve ekonomik performans verilerini içerirken internet üzerinden erişime olanak sağlamaktadır [43].

BEES; çevresel ve ekonomik performansları değerlendirip, bunlar arasından en uygun dengeye sahip yapı ürünlerini seçmek için bir sistematik yöntem geliştirmek ve bu yöntemi sürdürülebilir kılmayı amaçlamaktadır [27].

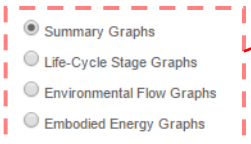
Çevresel performans değerlendirmesinde ISO 14040 standart serilerini, YDD yaklaşımını kullanmaktadır. Ekonomik performans değerlendirmesinde, ASTM (American Society of Testing and Materials) standartlarından Yaşam Döngüsü Maliyeti (YDM) yaklaşımını kullanmaktadır. Bu iki performans değerlendirmesinden sonra toplam bir performans analizi yapılmaktadır [43], [44]. Çevresel performans puanlamasında on iki tane çevresel etki kategorisi, ekonomik performans puanlamasında iki tane kategori bulunmaktadır. Bu kategoriler Şekil 2.4'te gösterilmektedir [27], [43].



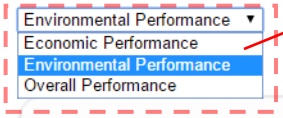
Şekil 2. 4 BEES'in toplam performans puanının bulunması [27], [43].

BEES'in örnek bir çalışmada çevresel performans kategorilerine göre değerlendirmesini gösteren grafikler ve veriler Şekil 2.5'te anlatılmaktadır.

Değerlendirme Grafikleri ve Raporlama

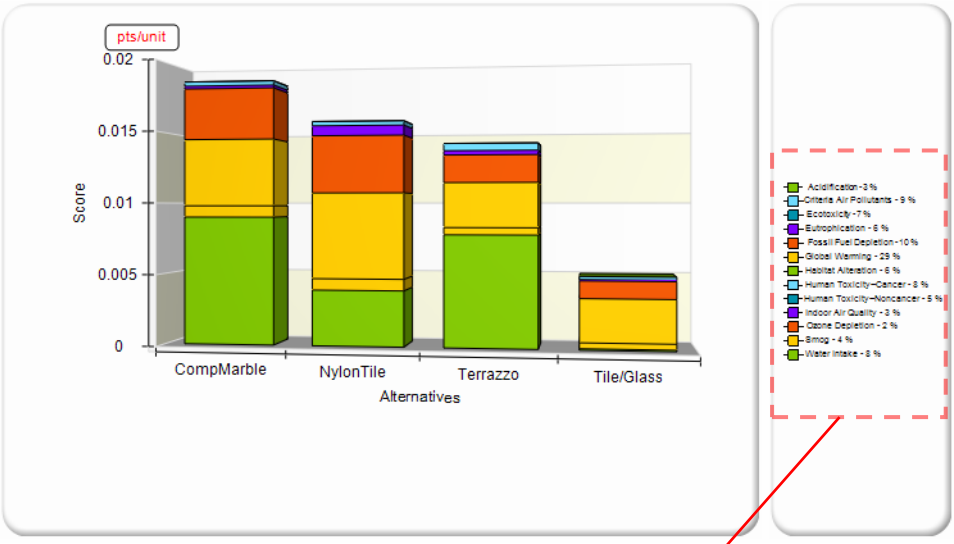


Ürünlerin raporu; özet grafik, yaşam döngüsü süreci grafiği, çevresel akış grafiği, enerji grafiği olarak ifadelendirilmektedir.



Özet grafiklerin altında ekonomik performans, çevresel performans ve toplam performans verilerine ulaşılabilmektedir.

Environmental Performance Çevresel Performans



Note: Lower values are better

Çevresel Performans Kategorileri

Category		CompMarble	NylonTile	Terrazzo	Tile/Glass
Acidification - 3 %	*Asidifikasyon*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Criteria Air Pollutants - 9 %	*Hava Kirleticileri Ölçütleri*	0.0003	0.0003	0.0005	0.0002
Ecotoxicity - 7 %	*Ekolojik Zehirlilik*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Eutrophication - 6 %	*Ötrifikasyon*	0.0002	0.0007	0.0003	0.0001
Fossil Fuel Depletion - 10 %	*Fosil Yakıt Tüketimi*	0.0036	0.0040	0.0019	0.0012
Global Warming - 29 %	*Küresel Isınma*	0.0047	0.0060	0.0031	0.0030
Habitat Alteration - 6 %	*Yaşam Koşullarının Değişmesi*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Human Toxicity--Cancer - 8 %	*İnsan Sağlığı-Kanser Yapıcı*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Human Toxicity--Noncancer - 5 %	*İnsan Sağlığı-Kansere sebep olmayan*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Indoor Air Quality - 3 %	*Yapı İçi Hava Kalitesi*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ozone Depletion - 2 %	*Ozon Tabakasının İncelmesi*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Smog - 4 %	*Kirli Sis*	0.0008	0.0008	0.0005	0.0004
Water Intake - 8 %	*Kullanılan Su Miktarı*	0.0090	0.0039	0.0078	0.0001
Sum		0.0186	0.0157	0.0141	0.0050

*Örnek çalışmada 'Geri dönüştürülmüş cam içeren seramik kaplaması' çevresel performans değerlendirmesinde daha tercih edilebilir bulunmuştur.

Şekil 2. 5 BEES çevresel performans değerlendirmesi

SimaPro (System for Integrated Environmental Assessment of Products - Ürünlerin Bütünleşmiş Çevresel Değerlendirme Sistemi) Değerlendirme Aracı: 1990 yılında, PRe Consultant tarafından gelistirilmiş, Hollanda kökenli bir yazılımdır. SimaPro' modeli; bütüncül bir çevresel değerlendirme ile ürünlerin ve hizmetlerin çevresel performanslarını irdelemektedir.

'SimaPro' 80'den fazla ülkede kullanılmaktadır. Unilever, Heineken, BASF, DSM gibi uluslararası büyük şirketler tarafından kullanıldığı gibi küçük şirketler, üniversiteler, araştırma enstitüleri ve bireysel uygulayıcılar tarafından da kullanılmaktadır [45].

SimaPro modelinin kullanım amacına göre üç farklı sürümü bulunmaktadır [27], [46]. SimaPro Kompakt sürümü bir YDD çalışmasını yapabilecek özelliklere sahiptir, ancak parametrik modelleme veya senaryo analizi gibi daha özel bir çalışma yapılması gerektiğinde SimaPro Analiz sürümü kullanılmaktadır. SimaPro Geliştirici sürümü diğer yazılımlarla bağlantı sağlamak istenildiğinde tercih edilmektedir [46].

SimaPro değerlendirme aracında birkaç kişi aynı anda merkezi bir veritabanında aynı proje üzerinde çalışabilmekte, grafik ve tablolar oluşturulabilmekte ve verilerdeki değişimlere bağlı olarak güncellemeler yapılabilmektedir. Monte Carlo analizini kullanarak envanter sonuçlarındaki belirsizliği hesaplamaya olanak sağlamaktadır. Ayrıca verileri matrislere dökebilmektedir [47].

GaBi Değerlendirme Aracı: 1992 yılında Stuttgart Üniversitesi ile PE Europe GmbH tarafından geliştirilmiş, kökeni Almanya olan bir yazılımdır. Dünya çapında on binin üzerinde şirket tarafından kullanılmaktadır. Yazılım ISO 14040 standartlarını esas almaktadır.

GaBi yazılım programı akışlar, işlemler, planlar, projeler ve denkliklerden oluşmaktadır. GaBi yaşam döngüsü denklikleri (life cycle balances) kurmak için bir araçtır. Yaşam döngüsü denklikleri ürünlerin üretilmesinde kullanılan girdi ve çıktıların listesini içermektedir. Denklikteki girdi ve çıktılar akışı meydana getirmektedir. Enerji ve hammaddeler girdileri, salımlar ve atıklar çıktıları ifade etmektedir. Akışlar bireysel işlemleri, yaşam döngüsü farklı süreçlerindeki işlemler de planları oluşturmaktadır. Tüm bunların biraraya gelmesiyle proje ortaya çıkmaktadır [10].

Gabi; Monte Carlo analizi yapabilmekte, grafik, diyagram ve şemalarla gösterim sunabilmekte ve görsellerleri Word, powerpoint gibi programlara aktarabilmektedir. Ürünler değerlendirilirken, uluslararası platformda tartışılan, küresel ısınma, asit ve toksitite potansiyelleri, ozon tabakası tahribatı gibi konuların etki değerlendirmesini, ISO, SETAC, WMO, IPCC çalışmaları çerçevesinde yapmaktadır. Ürünlerin süreçlerine veya yaşam döngüsüne bağlı olarak farklı maliyet analizleri yapmaya olanak sağlamaktadır [48].

Woolley Modeli: Yaşam döngüsü değerlendirmesinin denetim listesi yöntemiyle analiz edildiği araçlardan biridir. İngiltere'de Yapı Servisleri Araştırma ve Danışma Kurumu (BSRIA - Building Services Research and Information Association) tarafından geliştirilmiştir. Wolley ve arkadaşları 1997 yılında 'Green Building Handbook' kitabını hazırlamışlardır. Bu kitapta ilk olarak 'Yeşil Bina' tanımlamalarına yer verilmiştir. BSRIA'nın kitaptada yer alan sürdürülebilir yapı tanımlaması 'kaynakların etkin kullanımı ve çevrebilim ilkelerine dayanan sağlıklı yapay çevre oluşturulması ve sorumlu olarak yönetilmesi' şeklindedir. Yenilenemeyen kaynakların tüketiminin en aza indirilmesi, doğal çevrenin geliştirilmesi, toksin kullanımının en aza indirilmesi veya ortadan kaldırılması BSRIA tarafından kitapta ifade edilen sürdürülebilir yapı ilkeleridir [7], [27], [49].

Modelde değerlendirilen yapı ürünleri; mekanların ve binada kullanılacak suyun ısıtma sisteminde kullanılan enerji kaynakları, yalıtım ürünleri, bölücü duvar elemanları, ahşap, kompozit levhalar, ahşap koruyucuları, pencere çerçeveleri, boyalar ve doğrama renklendiricileri, çatı ürünleri, yağmursuyu iniş boruları, tuvaletler ve pis su gideri, halılar ve döşeme kaplamalarıdır [49].

Çizelge 2.3'de bölücü duvar elemanlarının çevresel etkilerinin analiz edildiği üretim ve kullanım aşamalarını içeren denetim listesi örneği verilmektedir [49].

Çizelge 2. 3 Bölücü duvar elemanlarının çevresel etkilerinin analizi

BÖLÜCÜ DUVAR ELEMANLARI	(£)	ÜRETİM									KULLANIM						
	Birim Maliyet Çarpanı	Enerji Kullanımı	Kaynak Tüketimi (biyolojik)	Kaynak Tüketimi (biyolojik olmayan)	Küresel Isınma	Ozon Tabakasının İncelmesi	Toksikler	Asit Yağmuru	Fotokimyasal Oksidantlar	Diğer	Enerji Kullanımı	Dayanıklılık/Bakım	Geridönüşüm/Geri	Kullanım/Yok Etme	Sağlığa Tehlikeler	Diğer	UYARI!
TUĞLA																	
Doğal Kil	1.0	●					●	●	●	●							
Fletton	0.8	•					●	●	•	●							
Kerpiç	1.0	●					●	●	●	●							
Delikli Kil	1.0	●					•	•	●	•							
Kalsiyum silikat	0.9	●		●	●		●	●	●	●							
Tasvif Edilmiş(yeniden kullanılacak)	1.4																
BETON BLOKLAR																	
Normal Yoğunluklu Bloklar	0.3	●	•	●	●		●	•	•	●							
Hafif Agregalı	?	●	•	●	●		●	•	•	●					●		
Gazbeton	3.2	●	•	•			●	•	•	●							
Yalıtımlı Bloklar	1.4	●	•	●	●	●	●	•	•	●							CFCs?
TAŞ																	
Yerli	3.2									●							
İthal	?	●								●							
Tasvif Edilmiş(yeniden kullanılacak)	3.2																
Yapay	1.4	●	•	●	●		●	•	•	●							

Denetim listelerinde ürünlerin çevresel etkileri 0-4 arasında ölçeklendirilip, aşağıdaki gibi ifadelendirilmektedir.

- ● En kötü veya büyük etki, 4
- ● Kötü veya büyük etki, 3
- • Küçük etki, 2
- • En küçük fakat önemli etki, 1

  Önemsiz etki, 0 (boşluk)

Gökçe Tuna Taygun (GTT) Modeli: Gökçe Tuna Taygun 2005 yılında ortaya koyduğu "Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Bir Model Önerisi" isimli doktora tezinde, yapı ürünlerinin YDD'sine yönelik denetim listesi ile değerlendirme yapan bir model geliştirmiştir. Beşikten mezara ve beşikten beşiğe yaklaşımında değerlendirme yapabilen bir araç olarak ortaya sunulmuştur. Çalışma, yapı ürünü, tüm

yaşam döngüsü süreçleri, etkilenen tüm çevre grupları, süreçlerde ortaya çıkan tüm zararlı etkilerin değerlendirilmesini kapsamaktadır.

Model beş ana adımdan oluşmaktadır. İlk ana adım yapı ürününün tanımlanmasıdır. İkinci adım yaşam döngüsü süreçlerinde yapı ürünü ve çevre etkileşimine ait bilgilerin elde edilmesidir. Üçüncü adım yapı ürününün yaşam döngüsü süreçlerinde çevre etkilerinin değerlendirilmesidir. Dördüncü adım yapı ürününün yaşam döngüsü süreçlerinde değerlendirme sonucunun ortaya konmasıdır. Son olarak da yapı ürününün yaşam döngüsü değerlendirmesinde iletişim, yani değerlendirme sonuç ve önerilerinin paylaşılması olarak tanımlanmaktadır.

Arzuhan Burcu Gültekin (ABG) Modeli: Arzuhan Burcu Gültekin (ABG) 2006 yılında ortaya koyduğu "Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Kapsamında Yapı Ürünlerinin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi" isimli doktora tezinde, yapı ürünlerinin YDD'sine yönelik örnek bir model geliştirmiş ve duvar kağıtları üzerinden çalışmasını somutlaştırmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında yapı ürünü sistemi, varsayımlar, işlevsel birim, sistem sınırları, dağıtım yöntemleri ve veri kalite gerekleri tanımlanarak, eleştirel gözden geçirme ve rapor hazırlanması ile ilgili kararlar verilmektedir. Çalışmanın ikinci aşaması veri toplama yöntemi ve hesaplama yöntemlerinin oluşturulduğu, sistem sınırlarının kesinleştirildiği aşamadır. Üçüncü aşamada bir yapı ürününün yaşam döngüsü süreçlerinde çevre etkileşiminin değerlendirildiği açık uçlu bir modeli önerilmektedir. Modelin yapısını "yapı ürünleri boyutu (a)", "çevresel etkiler boyutu (b)" ve "yaşam döngüsü evreleri boyutu (c)" olarak üç temel boyut oluşturmaktadır. Üç temel boyutun karşılıklı etkileşimine yönelik farklı kesişim düzeyleri elde edilmektedir. Boyutlar arasındaki ikili etkileşimler matrislere dökülmekte, matrislerde ifade edilen kesişim düzeylerine göre çevresel etki değerlendirmesi yapılmaktadır. Çalışmanın son aşamasında tanımlanan amaç ve kapsama göre çalışmadaki sınırlılıklar açıklanmakta, YDVÇ ve YDED ile ilgili sonuçlar analiz edilmektedir. Etki sınıfları, sınıf göstergeleri, sınıf uç noktaları ve model tanıtılmakta, bu konulara yönelik sonuçlar değerlendirilmektedir [34], [50].

Saniye Karaman Öztaş (SKÖ) Modeli: 2014 yılında Türkiye'de üretilen yapı ürünlerinin, beşikten beşiğe kavramı ile yaşam döngüsü etki değerlendirmesinin yapılması için ortaya konmuştur. YDED'nin on bir çevresel etki kategorisi belirlenmiştir. Bu etki kategorileri; mineral kaynak tüketilmesi, fosil yakıtların tüketilmesi, su tüketilmesi, arazi kullanımı, küresel ısınma, ozon tabakasının incelmesi, ötrifikasyon, fotokimyasal sis oluşumu, asitleşme, iç hava kalitesi ve atıktır. Bu kategoriler için ağırlıklandırma katsayıları hesaplanmıştır. Ağırlıklandırma sonucunda Türkiye için düşük, orta ve yüksek riskli olmak üzere çevresel etki kategorileri gruplandırılmıştır. Türkiye için en önemli etki kategorisi fosil yakıt tüketimi olurken bunu küresel ısınma, su tüketimi ve atık izlemektedir. TÜİK 2013 yılı Türkiye nüfus verilerine göre bir Türk vatandaşının toplam çevresel etkisi her bir çevresel etki kategorisi için normalleştirme değeri olarak belirlenmiştir. Toplam çevresel performansın hesaplanması için normalleştirme ve ağırlıklandırma verileri ISO 14044'de yer alan bağıntıya göre hesaplanmaktadır. Envanter verilerine göre normalleştime ve ağırlıklandırma sonucunda bu bağıntı kullanılarak çevresel etki kategorilerindeki toplam çevresel performans değeri rakamlara dökülmektedir [51]. Modelde yaşam döngüsü süreçlerinin ayrı ayrı değerlendirilmesinin yapılmadığı tüm süreçleri içeren bir sonuca ulaşıldığı gözlemlenmiştir.

Tez kapsamında incelenen YDD araçları Çizelge 2.4'te özetlenmektedir. İncelenen yapı ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi araçlarının hiçbirinde kullanım zorunluluğu bulunmamaktadır. SimaPro ve GaBi sadece yapı ürünü düzeyinde değil diğer ürün grupları bazında da değerlendirme yapmaktadır. SimaPro ve GaBi'nin belirli bir kullanıcı grubu olmamakla birlikte bu iki araç dışındaki diğer araçlar ücretsiz olduğundan tez kapsamında erişilebilir kabul edilmektedir.

Çizelge 2. 4 Tez kapsamında incelenen YDD araçları

YDD ARAÇLARI	MODELİN TÜRÜ	DEĞERLENDİRME DÜZEYİ	KULLANICILARI	KULLANIM ZORUNLULUĞU	UYGULANABİLİRLİK	ERİŞİLEBİLİRLİK
SimaPro	YDD	Yapı ürünü, tüm ürünler	Belirli kullanıcı grubu yoktur	Hayır	Zor	Zor
GaBi	SBYD*	Yapı ürünü, tüm ürünler	Belirli bir kullanıcı grubu yoktur	Hayır	Zor	Zor
BEES	YDD	Yapı ürünü	Tasarımcı, üretici, kullanıcı (herkese açık)	Hayır	Kolay	Kolay
Woolley	YDD	Yapı ürünü	Tasarımcı	Hayır	Kolay	Kolay
GTT	YDD	Yapı ürünü	Tasarımcı, üretici, kullanıcı	Hayır	Kolay	Kolay
ABG	YDD	Yapı ürünü	Tasarımcı, üretici, kullanıcı	Hayır	Orta	Kolay
SKÖ	YDD	Türk yapı ürünü	Belirli kullanıcı grubu yoktur	Hayır	Orta	Kolay

*SBYD: Sürdürülebilir Bilgi Yöntemi ve Değerlendimesi

BEES, yaşam döngüsü süreçlerinden hammadde edinim, üretim, kullanım ve yok etmeyi, GaBi üretim, kullanım, yok etme-yeniden kullanımını değerlendirmektedir. SimaPro'da ise tanımlı süreç başlığı bulunmamaktadır. Değerlendirme ölçütlerinde BEES; toplam kaynak kullanımı, hava ve su kirliliği, insan sağlığı, yapı içi hava kalitesi, yaşam koşullarının değişmesi ve ekonomik performası, GaBi; toplam enerji, hava ve su kirliliği, toplam maliyet değerlendirmesini incelemektedir. SimaPro'nun değerlendirme ölçütleri enerji, kaynak kullanımı, hava, toprak ve su kirliliği, atık yönetimidir [7], [27], [46], [52], [53].

Woolley Modeli yaşam döngüsü süreçlerinden hammadde edinim, üretim, uygulama, kullanım, geridönüşüm ve yok edilmeyi, GTT ve ABG Modeli ise hammadde edinim, üretim, uygulama, kullanım, geridönüşüm ve yok etmeyi değerlendirmektedir. SKÖ Modeli'nde beşikten beşiğe süreçlerin kapsandığı ifade edilmiş ancak ayrıştırılmış süreç

başlıkları kullanılmamıştır. Woolley Modeli değerlendirme ölçütlerinde; enerji, toplam kaynak kullanımı, hava kirliliği, insan sağlığı ve toksikleri, GTT ve ABG Modeli ise enerji, toplam kaynak kullanımı, hava, su ve toprak kirliliği, insan sağlığı ve atık yönetimini kullanmaktadır [27], [34].

Tez kapsamında incelenen değerlendirme araçları ve kapsadıkları süreçler Çizelge 2.5'te özetlenmiştir.

Çizelge 2. 5 Tez kapsamında incelenen yapı ürünleri YDD araçları ve YDD süreçleri

YDD ARAÇLARI		YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME SÜREÇLERİ								
		HAMMADDE ELDESİ	ÜRETİM	SATIŞ	YAPIYA UYGULAMA	KULLANIM	GERİ DÖNÜŞÜM	YOK EDİLME	TANIMLI DEĞİL	AÇIKLAMALAR
Yazılımlar ile	SimaPro								●	Süreçler ayrıştırılmamıştır.
	GaBi		●			●	●	●		Toplam maliyet değerlendirmesi yapmaktadır.
	BEES	●	●	●		●	●	●		Ekonomik performans değerlendirmesi satış sürecini ifade edebilir.
Karar Destek veya Denetim Listeleri ile	Woolley	●	●			●		●		Hammadde eldesi üretim, yok edilme kullanım altında
	GTT	●	●		●	●	●	●		—
	ABG	●	●		●	●	●	●		—
	SKÖ	●	●		●	●	●	●		Değerlendirmede süreçler ayrıştırılmamıştır.

●	Araçların değerlendirdiği süreçler
—	Araçların değerlendirmediği süreçler
	Açıklama yok

BÖLÜM 3

YAPI ÜRÜNÜ YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİNE YÖNELİK GÖKÇE TUNA TAYGUN (GTT) MODELİ

İkinci bölümde incelenen değerlendirme araçlarından GTT Modeli'nin irdelenmesine karar verilmiştir. İncelenen değerlendirme araçları arasından seçim yapılırken;

- Değerlendirme düzeyine
- Yaşam döngüsü süreçlerini ele alışına
- Ulusal bağlamda değerlendirme yapmasına
- Geliştirilebilir ve uygulanabilir bulunmasına

göre ölçütler belirlenmiştir.

Tez kapsamında incelenen araçlar öncelikle değerlendirme düzeylerine göre; yazılımlar ve ürün seçimine yönelik karar destek araçları veya denetim listeleri ile değerlendirme yapan araçlar olarak iki gruba ayrılmıştır.

Yazılımlar kullanarak YDD yapan araçlardan BEES, SimaPro ve GaBi'nin internet üzerinden tüm kullanıcılara açık olması nedeniyle erişilebilir olduğu düşünülmektedir. SimaPro değerlendirme yaparken YDD süreçlerini ayrı ayrı tanımlamamaktadır. GaBi ve BEES arasında YDD süreçlerine bakıldığında BEES'in daha geniş bir değerlendirme sürecini kapsadığı görülmektedir. Ayrıca BEES yapı içi çevre kalitesi ve yaşam koşullarının değişmesi gibi çevresel etki alanlarını da barındırmaktadır. BEES ekonomik performans değerlendirmesi, Gabi toplam maliyet değerlendirmesi yapmaktadır. BEES'in ekonomik performans değerlendirmesi yapması olumlu karşılanmaktadır. Ancak YDD araçlarının YDD süreçlerindeki kapsamlarına bakıldığında BEES'in yapıya

uygulama sürecini kapsamadığı görülmüştür. Bu bağlamda çevresel performans değerlendirmesi daha öncelikli olmaktadır.

Ürün seçimine yönelik karar destek araçları veya denetim listeleri ile değerlendirme yapan araçlar Woolley Modeli, GTT, ABG ve SKÖ Modeli'dir. Woolley'in çalışmasının diğer çalışmalara göre çevresel etki alanları kategorilerinde daha sınırlı kaldığı, yaşam döngüsü süreçlerinden yapıya uygulama sürecini kapsamadığı görülmektedir.

Yapılacak olan değerlendirme Türk üreticilerden elde edilen verilerle yapılacağından, yerel çevresel etkiler bir başka ülke verileri ile değişiklik gösterebileceğinden ulusal olarak yapılmış çalışmalar tercih edilmektedir.

SKÖ Modeli Türkiye'deki yapı ürünlerinin yaşam döngüsü etki değerlendirmesine yönelik önemli veriler ortaya koymaktadır. Normalleştirme ve ağırlıklandırma aşamaları ile rakamsal değerler oluşturulmuştur. Ancak bu rakamsal verilerin işlenebileceği bir veri tabanı sistemi olmadığı için uygulanabilirliği sınırlı olmaktadır. ABG aracında veriler matrisler ile ifadelendirirken GTT aracında her sürece ait denetim listeleri ayrı ayrı doldurulduğundan GTT aracı daha uygulanabilir ve geliştirilebilir bulunmaktadır. Türkiye'deki ürün kullanıcılarına yönelik daha açıklayıcı olacağı düşünüldüğünden GTT Modeli seçilmiştir.

3.1 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik GTT Modelinin Adımları

Gökçe Tuna Taygun'un 2005 yılında ortaya koyduğu YDD modeli beş ana adımdan oluşmaktadır.

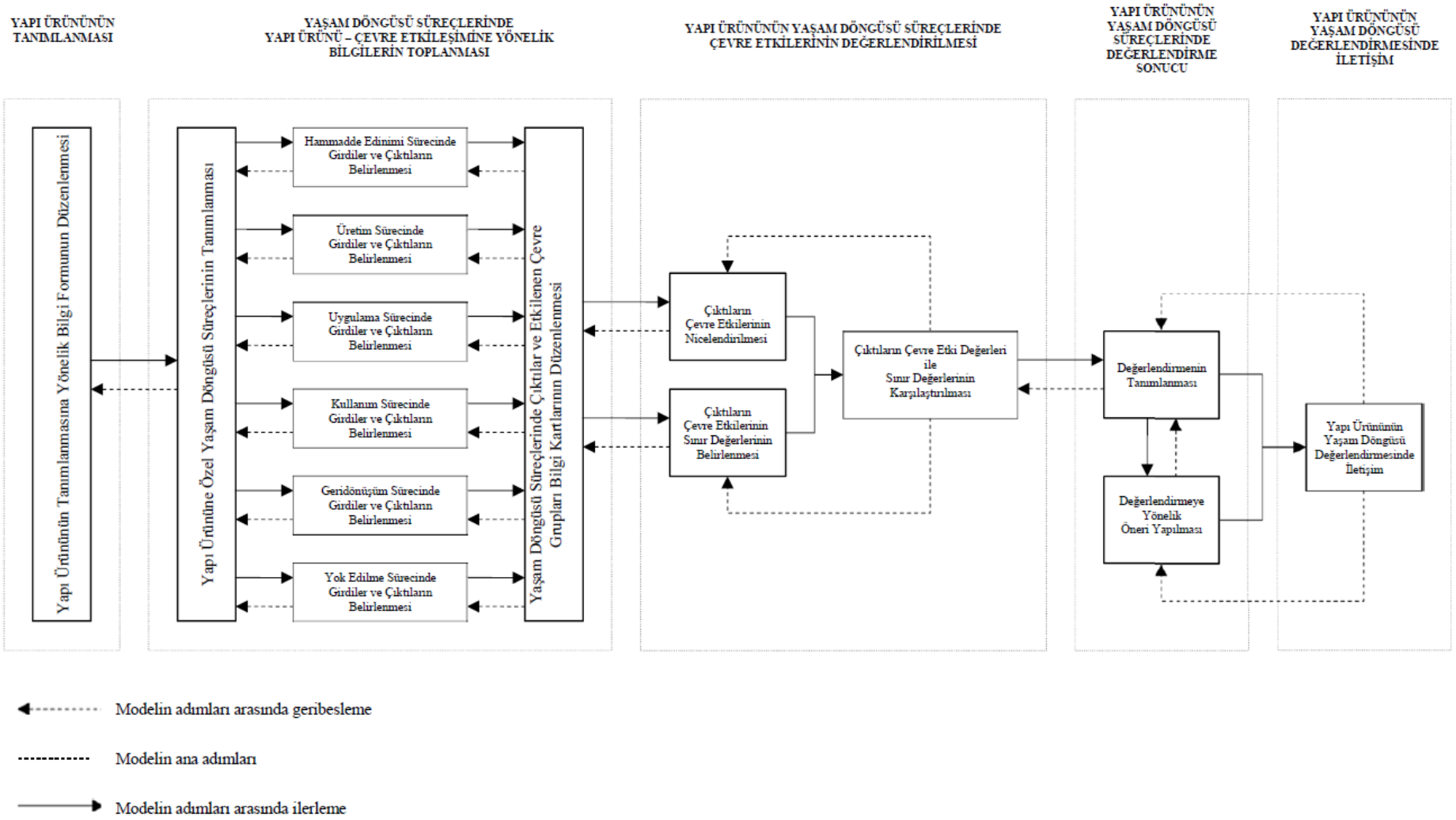
Birinci adım olan yapı ürününün tanımlanmasında; amaca yönelik bir bilgi formu doldurulmaktadır. Bilgi formunun içeriğinde; yapı ürününe ait genel bilgiler ve yapı ürününün YD süreçlerine ait bilgiler bulunmaktadır.

İkinci adım olan yaşam döngüsü süreçlerinde yapı ürünü ve çevre etkileşimine ait bilgilerin toplanmasında; yapı ürünü YD süreçleri tanımlanmaktadır. Tüm bu süreçler için ayrı ayrı girdiler ve çevreyi etkileyebilecek çıktılar belirlenmektedir. Çevreyi etkileyebilecek çıktıların ve etkilenen çevre gruplarının bilgi kartları oluşturulmaktadır.

Üçüncü adım olan yapı ürününün YD süreçlerinde çevre etkilerinin değerlendirilmesinde; bir önceki adımda ortaya konan çıktıların nicelendirilmesi yapılmakta, çevre etkilerinin sınır değerleri belirlenmektedir. Çıktıların çevre etki değerleri ile sınır değerlerin karşılaştırması yapılmaktadır.

Dördüncü adım olan yapı ürününün yaşam döngüsü süreçlerinde değerlendirme sonucunda ise değerlendirme tamamlanmakta ve sonucuna yönelik öneri sunulmaktadır.

Beşinci ve son adım olan iletişimde değerlendirme sonucunun paylaşımı yapılmaktadır. GTT, modelin adımları Şekil 3.1'de gösterildiği gibi özetlemektedir.



Şekil 3. 1 Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi modelinin adımları [27].

3.1.1 Yapı Ürününün Tanımlanması

Yapı ürününün tanımlanması, doğru ürünün seçilebilmesi için önemlidir. Modelin bu adımında, yapı ürününün genel bilgilerinin düzenlenmesi amacıyla bir bilgi formu ortaya konmuştur (Çizelge 3.1).

Çizelge 3. 1 Yapı ürünün tanımlanması [27].

<table>
<tr><th colspan="6">YAPI ÜRÜNÜNE İLİŞKİN GENEL BİLGİLER</th></tr>
<tr><td colspan="3">YAPI ÜRÜNÜNÜN ADI</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>YAPI ÜRÜNÜNÜN DÜZEYİ</td><td>Gereç</td><td>Parça</td><td>Bileşen</td><td>Öğe</td><td>Birim</td></tr>
<tr><td rowspan="5">YAPI ÜRÜNÜNÜN
FİZİKSEL TANIMI</td><td colspan="2">Biçimi</td><td colspan="3">……</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Boyutları</td><td>En (mm)</td><td colspan="3">……</td></tr>
<tr><td>Boy (mm)</td><td colspan="3">……</td></tr>
<tr><td>Yükseklik (mm)</td><td colspan="3">……</td></tr>
<tr><td>Kalınlık (mm)</td><td colspan="3">……</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ağırlık</td><td colspan="3">……</td></tr>
<tr><td rowspan="3">YAPI ÜRÜNÜNÜN
KİMYASAL TANIMI</td><td colspan="2">Bileşim</td><td colspan="3">……</td></tr>
<tr><td colspan="2">Karışım</td><td colspan="3">……</td></tr>
<tr><td colspan="2">Alaşım</td><td colspan="3">……</td></tr>
<tr><td rowspan="4">YAPI ÜRÜNÜNÜN
ÜRETİCİ KURUM BİLGİLERİ</td><td colspan="2">Üretici Kurum Adı</td><td colspan="3">……</td></tr>
<tr><td colspan="2">Üretici Kurum Adresi</td><td colspan="3">……</td></tr>
<tr><td colspan="2">Üretici Kurum Telefonu</td><td colspan="3">……</td></tr>
<tr><td colspan="2">Üretici Kurum Web Adresi</td><td colspan="3">……</td></tr>
</table>

Açıklamalı	Edinilen veriler
Açıklamasız	Bilinmiyor

3.1.2 Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Yapı Ürünü Çevre Etkileşimine Yönelik Bilgilerin Toplanması

Modelin bu adımında öncelikle yapı ürününün yaşam döngüsü süreçleri tanımlanmaktadır (Çizelge 3. 2). Sonrasında yapı ürünün yaşam döngüsü süreçlerinde girdiler ve çevreyi etkileyebilecek çıktılar belirlenmektedir. Hammadde elde edilmesiyle başlayan süreçlerde; birincil hammadde geridönüştürülmemiş, ikincil hammadde ise geridönüştürülmüş veya tekrar kullanılmış hammaddeyi ifade etmektedir. Üretim sürecinde ise önce gerecin üretimi sonra yapı ürününün üretimi, paketlenmesi ve dağıtımı aşamalarındaki girdi ve çıktılar tesbit edilmektedir. Kullanım sürecindeki girdi ve çıktılar belirlenirken, bakım ve onarımı da kapsamaktadır. Geridönüşüm sürecinde ise hem açık hem kapalı döngüye göre incelemeler yapılmaktadır. Belirlenen girdi ve çıktılar Çizelge 3.3'de belirtildiği gibi denetim listesine girilmektedir.

Bu adımda son olarak belirlenen girdi ve çıktılara göre; yapı ürününün yaşam döngüsü süreçlerinde çevreyi etkileyebilecek çıktılar ve etkilenen çevre grupları bilgi kartı düzenlenmektedir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3. 2 Yapı ürünün tanımlanmasına yönelik bilgi formu [27].

YAPI ÜRÜNÜNÜN YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİNE İLİŞKİN BİLGİLER				
HAMMADDE EDİNİMİ	Yapı Ürününün Hammaddeleri	Hammadde 1		.....
		Hammadde 2		.....
		Hammadde 3		.....
		.....		.....
	Hammadde 1	Hammadde kaynağının yeri	Yurtdışı*	.....
			Yurtiçi	.....
		Hammadde edinim sistemi		.....
		Hammadde edinim yöntemi		.....
		Hammadde ediniminde kullanılan donanımlar		.....
		Edinilen hammadde miktarı		.....
		Hammadde ediniminde çalışan sayısı		.....
		Hammadde ediniminde çalışanlar için özel koşullar		.....
		Hammadde ediniminde oluşan atık türü		.....
		Hammadde ediniminde oluşan atık miktarı		.....
		Hammadde ediniminde tüketilen enerji türü		.....
		Hammadde ediniminde tüketilen enerji miktarı		.....
		.....		.....

* Eğer hammadde, dışalım ile sağlanıyor ise; alttaki hammadde ile ilgili diğer bilgilere gerek yoktur.

Açıklamalı	Edinilen veriler
Açıklamasız	Bilinmiyor

Çizelge 3. 2 Yapı ürününün tanımlanmasına yönelik bilgi formu (devam) [27].

YAPI ÜRÜNÜNÜN YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİNE İLİŞKİN BİLGİLER			
ÜRETİM	Üretim yeri		…..
	Hammaddenin üretim yerine uzaklığı		…..
	Hammaddenin üretim yerine ulaşım biçimi		…..
	Üretim yöntemi		…..
	Üretimde kullanılan ürünler		…..
	Üretimde kullanılan donanımlar		…..
	Üretimde oluşan atık türü		…..
	Üretimde oluşan atık miktarı		…..
	Üretimde tüketilen enerji türü		…..
	Üretimde tüketilen enerji miktarı		…..
	Üretimde çalışan sayısı		…..
	Üretimde çalışanlar için üretim koşulları	Çalışanların özellikleri	…..
		Üretim yapısının özellikleri	…..
	Üretim sonrasında paketleme koşulları		…..
	Üretim sonrasında depolama koşulları		…..
	Üretim sonrasında dağıtım	Dağıtım koşulları	…..
		Dağıtım uzaklığı	…..
		Dağıtımda oluşan atık türü	…..
		Dağıtımda oluşan atık miktarı	…..
		Dağıtımda tüketilen enerji türü	…..
		Dağıtımda tüketilen enerji miktarı	…..
	…..		…..

Çizelge 3. 2 Yapı ürününün tanımlanmasına yönelik bilgi formu (devam) [27].

YAPI ÜRÜNÜNÜN YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİNE İLİŞKİN BİLGİLER		
UYGULAMA	Uygulama yeri	.....
	Ürünün uygulama yerine uzaklığı	.....
	Ürünün uygulama yerine ulaşım biçimi	.....
	Uygulama yöntemi	.....
	Uygulamada kullanılan donanımlar	.....
	Uygulamada oluşan atık türü	.....
	Uygulamada oluşan atık miktarı	.....
	Uygulamada tüketilen enerji türü	.....
	Uygulamada tüketilen enerji miktarı	.....
	Uygulamada çalışan sayısı	.....
	Uygulamada çalışan niteliği	.....
	Uygulamaya yönelik özel koşullar	.....
	.....	.....

Çizelge 3. 2 Yapı ürününün tanımlanmasına yönelik bilgi formu (devam) [27].

<table>
<tr><th colspan="5">YAPI ÜRÜNÜNÜN YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİNE İLİŞKİN BİLGİLER</th></tr>
<tr><td rowspan="17">KULLANIM</td><td colspan="3">Kullanım yeri</td><td>.....</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ürünün kullanım yerine uzaklığı</td><td>.....</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ürünün kullanım yerine ulaşım biçimi</td><td>.....</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kullanıma yönelik özel koşullar</td><td>.....</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kullanıcıya yönelik özel koşullar</td><td>.....</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kullanımda oluşan atık türü</td><td>.....</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kullanımda oluşan atık miktarı</td><td>.....</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kullanımda yapı ürünü-enerji ilişkisi</td><td>.....</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Bakım-Onarım</td><td>Yerinde</td><td>Bakım-onarım yeri</td><td>.....</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Kullanım alanı dışında</td><td>Bakım-onarım yeri</td><td>.....</td></tr>
<tr><td>Kullanım alanının, bakım- onarım alanına uzaklığı</td><td>.....</td></tr>
<tr><td>Bakım-onarım alanına ulaşım biçimi</td><td>.....</td></tr>
<tr><td colspan="3">Bakım-onarımda kullanılan donanımlar</td><td>.....</td></tr>
<tr><td colspan="3">Bakım-onarımda oluşan atık türü</td><td>.....</td></tr>
<tr><td colspan="3">Bakım-onarımda oluşan atık miktarı</td><td>.....</td></tr>
<tr><td colspan="3">Bakım-onarımda tüketilen enerji türü</td><td>.....</td></tr>
<tr><td colspan="3">Bakım-onarımda tüketilen enerji miktarı</td><td>.....</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kullanımının sona ermesi sonucunda depolama koşulları</td><td>.....</td></tr>
<tr><td colspan="3">.....</td><td>.....</td></tr>
</table>

Çizelge 3. 2 Yapı ürününün tanımlanmasına yönelik bilgi formu (devam) [27].

YAPI ÜRÜNÜNÜN YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİNE İLİŞKİN BİLGİLER		
GERİDÖNÜŞÜM	Geridönüşüm yeri	.....
	Ürünün geridönüşüm yerine uzaklığı	.....
	Ürünün geridönüşüm yerine ulaşım biçimi	.....
	Geridönüşüm yöntemi	.....
	Geridönüşüm işlemlerinde kullanılan ürünler	.....
	Geridönüşüm işlemlerinde kullanılan donanımlar	.....
	Geridönüşümde oluşan atık türü	.....
	Geridönüşümde oluşan atık miktarı	.....
	Geridönüşümde tüketilen enerji türü	.....
	Geridönüşümde tüketilen enerji miktarı	.....
	Geridönüşüm işlemlerinde çalışan sayısı	.....
	Geridönüşüm işlemlerinde çalışanlar için özel koşullar	.....
	.....	.....

Çizelge 3. 2 Yapı ürününün tanımlanmasına yönelik bilgi formu (devam) [27].

YAPI ÜRÜNÜNÜN YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİNE İLİŞKİN BİLGİLER		
YOK EDİLME	Yok edilme yeri	.....
	Ürünün yok edilme yerine uzaklığı	.....
	Ürünün yok edilme yerine ulaşım biçimi	.....
	Yok edilme yöntemi	.....
	Yok edilme işlemlerinde kullanılan ürünler	.....
	Yok edilme işlemlerinde kullanılan donanımlar	.....
	Yok edilmede oluşan atık türü	.....
	Yok edilmede oluşan atık miktarı	.....
	Yok edilmede tüketilen enerji türü	.....
	Yok edilmede tüketilen enerji miktarı	.....
	Yok edilme işlemlerinde çalışan sayısı	.....
	Yok edilme işlemlerinde çalışanlar için özel koşullar	.....
	.....	.....

Çizelge 3. 3 Yaşam döngüsü süreçlerinde girdiler ve çevreyi etkileyebilecek çıktıların belirlenmesi [27].

YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİ	**GİRDİLER**	**ÇIKTILAR**
Hammadde Edinimi	…. …. ….	…. …. ….
Üretim	…. …. ….	…. …. ….
Uygulama	…. …. ….	…. …. ….
Kullanım	…. …. ….	…. …. ….
Geridönüşüm	…. …. ….	…. …. ….
Yok Edilme	…. …. ….	…. …. ….

Çizelge 3. 4 Yaşam döngüsü sürelerinde çevreyi etkileyebilecek çıktılar ve etkilenen çevre grupları bilgi kartı [27].

SÜREÇ	ÇIKTILAR	ÇEVRE								
		CANLI ÇEVRE				CANSIZ ÇEVRE				
						DOĞAL			YAPMA	
		İNSAN	HAYVAN	BİTKİ	MİKRO ORGANİZMALAR	SU	HAVA	TOPRAK	YAPI	YAPI ÜRÜNLERİ
Hammadde edinimi	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Üretim	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Uygulama	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Kullanım	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Geridönüşüm	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Yok Edilme	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

Açıklamalı	Doğrudan Etkilenim
Açıklamalı	Dolaylı Etkilenim
Açıklamasız	Bilgi Yok

3.1.3 Yapı Ürününün Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Çevre Etkilerinin Değerlendirilmesi

Bu adımda, çevreyi etkileyebilecek çıktıların çevre etkilerinin nicelendirilmesi, sınır değerlerin belirlenmesi ve bu iki değerin karşılaştırılması yapılmaktadır. Karşılaştırma sonucunda kabul edilebilir, kabul edilemez ve bilinmeyen değer belirtilmesi yapılmaktadır. Karşılaştırmanın yapıldığı denetim listesi Çizelge 3.5'de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 5 Yapı ürününün yaşam döngüsü süreçlerinde oluşan çevreyi etkileyebilecek çıktılarının çevre etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir değerlendirme formu [27].

YD SÜRECİ	YD SÜRECİNDE OLUŞAN ÇEVREYİ ETKİLEYEBİLECEK ÇIKTILAR	ÇIKTININ MİKTARI	ÇIKTININ SINIR DEĞERİ*	DEĞERLENDİRME SONUCU		
				Kabul Edilebilir Değer a ≤ b ●	Kabul Edilemez Değer a > b ●	Bilinmeyen Değer a veya b bilinmiyor ○
Hammadde Edinim	…	a	b	…	…	…
Üretim	…	a	b	…	…	…
Uygulama	…	a	b	…	…	…
Kullanım	…	a	b	…	…	…
Geridönüşüm	…	a	b	…	…	…
Yok Edilme	…	a	b	…	…	…

3.1.4 Yapı Ürünü Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Değerlendirme Sonucu

Bir önceki adımda belirlenen sonuca göre; kabul edilebilir değer için yapı ürününün çevreye olumsuz etkisi yok, kabul edilemez değer için yapı ürününün çevreye olumsuz etkisi var, bilinmeyen değer içinse yapı ürününün çevreye etkilerine ilişkin bilgi yok şeklinde değerlendirme sonucuna ulaşılmaktadır. Kolay anlaşılması için Çizelge 3.6'daki gibi renkli simgelerle ifade edilmektedir.

Çizelge 3. 6 Yapı ürününün yaşam döngüsü süreçlerinde sonuç [27].

DEĞERLENDİRME SONUCU	DEĞERLENDİRMENİN TANIMLANMASI	SİMGE
Kabul edilebilir değer için	**Yapı ürününün çevreye olumsuz etkisi yok**	●
Kabul edilemez değer için	**Yapı ürününün çevreye olumsuz etkisi var**	●
Bilinmeyen değer için	**Yapı ürününün çevreye etkilerine yönelik bilgi yok**	○

3.1.5 Yapı Ürünü Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinde İletişim

Modelin son adımı olan iletişim adımında bir denetim listesi bulunmamaktadır. İletişim ile yapı ürününün değerlendirme sonucunun mimar, mühendis, tasarımcı, üretici gibi yapı ürünü tüm kullanıcılarının bilgilendirilmesi amaçlanmaktadır. Bilgilendirme ile üretim teknolojisinin geliştirilebileceği, yönetmelik veya standartlar gibi zorunlulukların oluşturulmasında katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

3.2 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik GTT Modeli'ne Eklenen Satış Süreci

Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi hammadde edinimi, üretim, satış, uygulama, kullanım, yararlı ömrünü tamamladıktan sonra geri dönüşüm veya yok edilme süreçlerinin tümünü kapsamalıdır. Bu bağlamda seçilen Gökçe Tuna Taygun'un 2005 yılında ortaya koyduğu doktora tezinde satış süreci irdelenmemiş, 2013 yılında Ayşe Balanlı ile birlikte hazırladıkları 'Çevreci Tasarım ve C2C Yaklaşımı' isimli bildirilerinde satış sürecine başlık olarak değinilmiştir. Satış sürecine yönelik denetim listeleri oluşturulmamıştır. Bu tez kapsamında satış sürecinin denetim listesi önerisi getirilmektedir.

Farklı yapı ürünlerinin satış süreçlerinde birbirleri ile çevre etkileşiminde farklılık gösterebileceği düşünülmektedir. Örneğin satış sürecinde zarar gören bir seramiğin çevre etkileşimi ile içeriğinde zehirli gazlar bulunduran bir yapı ürününün çevre etkileşimi birbirinden farklı olmaktadır. Ayrıca satış süresince saklama koşulları ve ortamları yapı ürünlerine göre değişmektedir. Yüksek yanıcılık sınıfındaki bir yapı ürünü ile taşın saklama koşulları farklı olmalıdır. Tüm bunların yanında satış sürecinde uygun ürünün alıcıya tanımlanması, yapı ürününün verilerinin doğru aktarılabilmesi için

numuneler, uygulanmış örnekler, internet siteleri, kitapçıklar, reklamlar vb satış yöntemleri de önem taşımaktadır.

Çizelge 3.7' de yapı ürününün yaşam döngüsü süreçlerine yönelik bilgilerin satış sürecinde ürün kullanıcılarına yol gösterici olabilecek bilgi formu ortaya konmaktadır. Çizelge 3.8'de GTT'nin yaşam döngüsü süreçlerinde girdiler ve çevreyi etkileyebilecek çıktıların belirlenmesi listesine satış süreci de eklenmiştir [27].

Çizelge 3. 7 Yapı ürününün tanımlanmasına yönelik bilgi formu-satış süreci

YAPI ÜRÜNÜNÜN YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİNE İLİŞKİN BİLGİLER		
SATIŞ	Satış yeri ve ya satış birimleri	…
	Ürünün satış birimine uzaklığı	…
	Ürünün satış birimine ulaşım biçimi	…
	Satış yöntemi	…
	Satışta kullanılan ürünler	…
	Satışta kullanılan donanımlar	…
	Satışta oluşan atık türü	…
	Satışta oluşan atık miktarı	…
	Satışta tüketilen enerji türü	…
	Satışta tüketilen enerji miktarı	…
	Satışta çalışan sayısı	…
	Saklama koşulları	…
	Stok düzeyi	…
	Ürünün yararlı ömrü	…
	Ürünün yararlı ömrü sonunda kullanılabilirliği	…

Yapı ürününün çevreyi etkileyebilecek çıktılar ve etkilenen çevre gruplarının ifadelendirildiği bilgi kartlarına satış süreci de eklenmelidir. Çevreyi etkileyebilecek çıktıların çevre etkilerinin ölçülmesi ve sınır değerler ile karşılaştırılmasının yapıldığı, kabul edilebilir veya kabul edilemez değerlerin ortaya konduğu denetim listesine satış süreci dahil edilmelidir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3. 8 Yapı ürününün yaşam döngüsü süreçlerinde oluşan çevreyi etkileyebilecek çıktılarının çevre etkilerinin satış süreci eklenerek değerlendirilmesine yönelik bir değerlendirme formu [27].

YD SÜRECİ	YD SÜRECİNDE OLUŞAN ÇEVREYİ ETKİLEYEBİLECEK ÇIKTILAR	ÇIKTININ MİKTARI	ÇIKTININ SINIR DEĞERİ*	DEĞERLENDİRME SONUCU		
				Kabul Edilebilir Değer a ≤ b ●	**Kabul Edilemez Değer** a > b ●	**Bilinmeyen Değer** a veya b bilinmiyor ○
Hammadde Edinim	…	a	b	…	…	…
Üretim	…	a	b	…	…	…
Satış	…	a	b	…	…	…
Uygulama	…	a	b	…	…	…
Kullanım	…	a	b	…	…	…
Geridönüşüm	…	a	b	…	…	…
Yok Edilme	…	a	b	…	…	…

BÖLÜM 4

TUĞLANIN GTT MODELİ İLE YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ

GTT Modelinin irdelenmesi bir yapı parçası olan tuğla üzerinden yapılmaktadır.

Tuğlanın, eski çağlardan beri kullanıldığı, endüstrileşme süreciyle beraber kullanımının daha da yaygınlaştığı görülmektedir. Pişmiş tuğlanın endüstriyel anlamda ilk üretiminin Babil Kulesi'nin yapım aşamasında olduğu bilinmektedir. Daha sonraları tarihsel gelişmelere paralel olarak tuğla üretim şekilleri geliştirilmiş, tuğla üretim standartları getirilmiş ve tuğla önemli bir yapı ürünü olmuştur. Avrupa'da 1800'lü yıllarda delikli ve daha hafif tuğla üretimi gündeme gelmiş, daha az hammadde ve daha az enerji ile daha fazla üretim gerçekleştirilmiştir. Daha sonraları Hoffman ve tünel tip fırınların devreye girmesi ile üretimler artmış, tuğla kolay üretilen ve ucuz bir yapı ürünü haline gelmiş ve kullanımı giderek yaygınlaşmıştır [54].

Türk Yapı Sektörü Raporu 2016'ya göre Türkiye'de tuğla üreten 266 tane firma bulunmakta ve 2016 yılı satışlarının 1,50 milyar TL düzeyinde olduğu tahmin edilmektedir [55].

Bu bağlamda tuğla hem geleneksel hem de güncel olarak kullanılan, Türkiye'de pazar payı yüksek bir yapı ürünü olduğundan ve üretim verilerine erişilebildiğinden tez kapsamında incelenmek üzere seçilmiştir.

Pişmiş toprak tuğla: "Kil veya diğer killi topraktan, kum veya diğer toz katkı maddesi ilave edilerek veya edilmeden seramik bağ elde etmeye yeterli yüksek sıcaklıkta pişirilmek suretiyle elde edilen kagir birim" olarak TSE tarafından TST EN 771-1' (2005) de tanımlanmaktadır [56].

Tuğlanın hammaddesi olarak kabul edilen kil, yeryüzü ile yeraltı su seviyesi arasında yer alan mineral ve kayaların sıcaklık değişimleri, rüzgar, buz, su, topografik durum, bitki örtüsü gibi fiziksel ve kimyasal değişiklikler geçirerek parçalanması ile oluşmaktadır [57], [58].

Ocaklardan çıkarılan killer üretim tesislerine getirilmekte ve böylece tuğlanın üretim süreci başlamaktadır. Tuğlanın üretim sürecinde geçirdiği aşamalar Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4. 1 Tuğlanın üretim sürecindeki aşamaları

Tuğla fabrikalarında üretim aşamaları üç tip model olarak incelenebilmektedir [59].

- Tünel fırın suni kurutma sistemi:

Hammadde hazırlanması → Şekillendirme →Yapay Kurutma → Tünel Fırın → TUĞLA

- Hoffman fırın suni kurutma sitemi:

Hammadde hazırlanması→Şekillendirme→Yapay Kurutma→ Hoffman Fırın →TUĞLA

- Hoffman fırın doğal kurutma sitemi:

Hammadde hazırlanması→Şekillendirme→ Doğal Kurutma→ Hoffman Fırın→TUĞLA

Üç tip modelde hammadde hazırlanması ve şekillendirme aşamaları aynı olup, kurutma ve pişirme aşamalarında farklılıklar bulunmaktadır.

Hammadde hazırlanması aşamasında parçalama ve öğütme işlemi yapılarak homojen bir hammadde elde edilmek istenmekte, çeşitli makinalarla hammaddenin içindeki iri taşlar, çöpler ayıklanmaktadır. Bunun yanında kilin yeterli miktarda su ile karıştırılması ve ezilmesi gerekmekte, daha sonra dinlendirme aşamasına geçilmektedir. Bu aşama ürünün kalitesini etkileyen bir aşama olup, hammadde burada direnç kazanmaktadır. Dinlendirme işlemi öğütme aşamasından önce veya sonra yapılabilmektedir [59].

Tuğla hamuru kalıplama, presleme ve extrude (vakumlama) yöntemleri kullanılarak istenen boyut ve biçimlerde şekillendirilmektedir. Kalıplama genellikle harman tuğlası

üretiminde, presleme de daha çok kiremit üretiminde kullanılan yöntemlerdir. Vakumlama yönteminde, tuğla hamurunun vakumlanarak havası alınmakta ve plastik özelliğe getirilmektedir. Helezonlar tarafından itilen hamur vakum makinasının ağız kısmındaki kalıplar ile şekil almaktadır. Şeklini alan hamur sonsuz bant olarak makinadan çıkmakta, çıkan şekil almış hamur kesilmektedir [59].

Kurutma aşamasına gelindiğinde doğal ve yapay olmak üzere iki çeşit yöntem kullanılmaktadır. Doğal kurutmada şekillenmiş tuğlalar önce üzeri kapalı bir alanda bekletilmekte, sonrasında güneşten faydalanmak üzere açık alanlarda kurutulmaktadır.

Yapay kurutma tünel fırın veya hoffman fırınlarında yapılmaktadır. Kilin cinsine ve üretim hızına göre fırın boyutlarının, ideal sıcaklık ve nem değerleri belirlenmektedir [59]. Tünel kurutma sisteminde fırın içerisinde belirli bir hızla ilerleyen tuğlalar sıcak hava akımıyla kurutulmaktadır. Hoffman fırınlarda ise işgücü ile fırın içine kurutulmuş tuğlalar yerleştirilmektedir.

Pişirme aşamasında kil kimyasal reaksiyonlar geçirmektedir. Bu aşamada tünel fırın ve Hoffman fırınlar olmak üzere iki çeşit fırınlama yöntemi bulunmakta, Türkiye'de Hoffman tipi fırınlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Tünel fırınlarda ısınma, pişme ve soğutma bölgeleri sabit ürünler ise hareket halindedir. Pişirme yapılırken genel olarak katı yakıt kullanılmakta, sıvı ve gaz yakıtlı sistemler de kullanılabilmektedir. Tünel fırınlar üretim sürecini kısaltmakta, yakıt ve iş gücünden kar sağlamaktadır. Bunun yanında ilk yatırım ve bakım maliyetleri oldukça yüksektir [59].

Hoffman fırınlarında tünel fırın çalışma prensibinin tersi olarak pişirme bölgeleri hareketli olup tuğlalar sabit kalmaktadır. Dairesel tonoz kesitli kamaralara tuğlalar yerleştirilmekte kamaralar arasındaki hava ile ısı akımı duvar delikleriyle sağlanmaktadır. Duvardaki delikler açılıp kapatılabilmektedir. Hoffman fırınlar yüksek pişirme sıcaklığı uygulanabilen, yakıttan sağlanan ısıyı yüksek verimle kullanabilen, üretim hızı yüksek fırınlardır. Hoffman fırınlarda genellikle kömür vb. katı yakıtlar kullanılırken sıvı yakıtlar da kullanılabilmektedir [59].

Pişirme aşaması tamamlanan tuğlalar soğuduktan sonra paketlenmekte veya palet üstüne yerleştirilerek satış sürecine hazır hale getirilmektedir.

4.1 Tuğlanın Tanımlanması

Tez kapsamında edilen veriler Manisa Turgutlu ilçesinde yer alan bir tuğla üretim tesisinden alınarak GTT 'nin yaşam döngüsü değerlendirme aracının denetim listeleri ile ifadelendirilmektedir.

Tesiste Hoffman fırın, doğal kurutma sistemi kullanılmaktadır. Tesisin ana üretimi tuğla ve kiremit üzerinedir. Çizelge 4.1'de belirtilen fiziksel özellikler tesis kataloğundan alınmıtır. Tesis bazında değerlendirme yapılırken tesisin tüm üretim verilerine ulaşılmıştır. Bu nedenle seçilmiş tek bir tuğla boyutuna göre değerlendirme yapılamamıştır.

Çizelge 4. 1 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu

<table>
<tr><td colspan="6">TUĞLAYA İLİŞKİN GENEL BİLGİLER</td></tr>
<tr><td colspan="3">YAPI ÜRÜNÜNÜN ADI</td><td colspan="3">TUĞLA</td></tr>
<tr><td>YAPI ÜRÜNÜNÜN DÜZEYİ</td><td>Gereç</td><td>Parça ✓</td><td>Bileşen</td><td>Öğe</td><td>Birim</td></tr>
<tr><td rowspan="5">YAPI ÜRÜNÜNÜN
FİZİKSEL TANIMI</td><td colspan="2">Biçimi</td><td colspan="3">Yatay Delikli Blok Tuğlalar, Düşey Delikli Yığma Tuğlalar, Terasit Yüzeyli Taşıyıcı Yığma Tuğlalar, Düşey Delikli Geçmeli İzo Tuğlalar, Düşey Delikli Kenetli Taşıyıcı Tuğlalar, Özel Tasarlanmış Tuğlalar</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Boyutları</td><td>En (mm)</td><td rowspan="4" colspan="3">190x190x135 (3kg) / 190x85x190 (2kg) / 240x240x135 (5kg) / 190x100x190 (2.35kg) / 700x70x240 (8kg) / 760x50x230 (8.5kg) / 200x100x55 (1.6kg) / 400x110x250 (8.6kg) / 400x150x250 (7.25kg) / 400x170x250 (8.25kg) / 290x190x135 (5kg) / 390x190x135 (5.80kg) / 240x145x235 (6kg) / 240x175x235 (7kg) / 240x240x235 (10kg) / 240x290x235(12kg) / 290x190x100 (5kg)</td></tr>
<tr><td>Boy (mm)</td></tr>
<tr><td>Yükseklik (mm)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ağırlık</td></tr>
<tr><td rowspan="3">YAPI ÜRÜNÜNÜN
KİMYASAL TANIMI</td><td colspan="2">Bileşim</td><td colspan="3">✓</td></tr>
<tr><td colspan="2">Karışım</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Alaşım</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

Çizelge 4.1 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu (devam)

TUĞLAYA İLİŞKİN GENEL BİLGİLER		
YAPI ÜRÜNÜNÜN ÜRETİCİ KURUM BİLGİLERİ	Üretici Kurum Adı	-
	Üretici Kurum Adresi	Turgutlu
	Üretici Kurum Telefonu	-
	Üretici Kurum Web Adresi	-

Açıklamalı	İncelenen tesis bazında edinilen veriler
Açıklamasız	Bilinmiyor
-	Tanımlanmayan veri

4.2 Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Tuğla- Çevre Etkileşimine Yönelik Bilgilerin Toplanması

Tuğlanın yaşam döngüsü süreçleri diğer ürünlerde olduğu gibi; hammadde edinim, üretim, satış, yapıya uygulama, kullanım, yararlı ömrünü tamamladıktan sonra geridönüşüm veya yok edilmedir.

Hammadde edinim, üretim, satış ve geridönüşüm süreçleri Turgutlu ilçesindeki üretim tesisi verileri doğrultusunda düzenlenmiştir. Diğer süreçlerde ise kaynak taramaları sonucunda edinilen bilgiler denetim listelerine yansıtılmıştır.

4.2.1 Tuğlanın Yaşam Döngüsü Süreçlerinin Tanımlanması

Tuğlanın Hammadde Edinim Süreci

Tuğla yapımında kullanılacak olan hammadde elde edilirken doğru arazi kullanımı çevre etkileri bakımından çok önemlidir. Çünkü verimli tarım arazilerinin kullanımı söz konusu olabilmekte, kontrolsüzse yapılan işlemler sonucunda topografik değişiklikler meydana gelebilmekte, bitki örtüsü hasar görebilmekte, yoğun kazılar sonucunda ortaya çıkan toz hava kirliliğine neden olabilmektedir. Bu topografik değişikliğin bir örneği Turgutlu ilçesinde yaşanmıştır. 1980 yılına kadar tuğla kili Çakal Azmağı olarak bilinen alandan sağlanmış fakat aşırı kazınma sonucunda topografik değişiklikler

gözlemlenmiş, çukurlar oluşmuştur. 1980 sonrası bu alandan toprak alımı yasaklanmış ve hükümet tarafından Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü görevlendirilerek, Turgutlu bölgesindeki tuğla üretimi için uygun toprak alanların tesbiti yapılmıştır. Çakal Azmağı'nda oluşan otuz kadar çukur ise gölet olarak kullanılmakta, gölete konulan balıklar ile balıkçılık yapılmaktadır. Hatta ilk aşamalarda çukurlarda oluşan bataklıklara pirinç ve pamuk ekiminin yapıldığı, balıklar sayesinde daha verimli ürün hasat edildiği söylenmektedir.

Türkiye'de tarım arazilerinin amaç dışı kullanımının önlenmesi için 1982 Anayasası'nda düzenlemeler yapılmış, 1989 yılından 2005 yılına kadar farklı tarihlerde kabul edilen yönetmelikler bu sorunun çözümünde yetersiz kalmıştır. 2005 yılında 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu kabul edilmiştir [60].

İncelenen tuğla üretim tesisinde, toprak yaz aylarında açık ocak sahasından kazılarak kamyonlara yüklenmekte ve tesise getirilmektedir. Tuğlanın hammadde eldesi sürecinin tanımlanmasına yönelik bilgi formu çizelde 4.2'de gösterilmektedir.

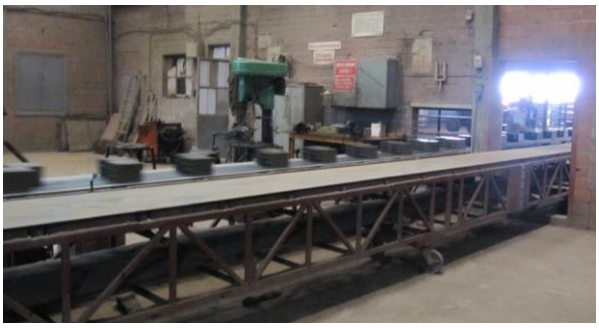
Tuğlanın Üretim Süreci

Üretim tesisinde biriktirilmiş toprak yığınından alınan kil öncelikle hammadde hazırlama aşamasına tabi tutulmaktadır. Beşiger, taş ayırıcı, kırıcı, silo beşiger ve valsler kullanılarak hammadde hazırlanmaktadır.

Hazırlanan hammadde şekillendirme işlemine gönderilmektedir. Vakum presine yani extruder makinasına gelen tuğla hamuruna şekil verilmektedir. Şekillendirme aşamasında deforme olan parçalar var ise bunlar tekrar bir bant sistemi üzerinden makineye gönderilip kullanılmaktadır. Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te tez kapsamında incelenen üretim tesisindeki şekillendirme işlemleri gösterilmektedir. Vakum presinin ağzındaki kalıp ile iki boyut şeklini alan tuğla ve bant üzerinde kesilerek üçüncü boyutunu almıştır.



Şekil 4. 2 Tuğlanın şekillendirilmesi



Şekil 4. 3 Bant üzerindeki şekillenmiş tuğlalar

Vakum presinden çıkarılan pişmemiş tuğlalar kurutma sehpalarına dizilmekte ve traktörlerle depo alanına taşınmaktadır. Öncelikle tesisin kapalı alanında bekletilmektedir (Şekil 4.4). Sonrasında hava şartlarına göre özellikle yaz aylarında açık alana çıkartılıp kurutma aşaması tamamlanmaktadır.

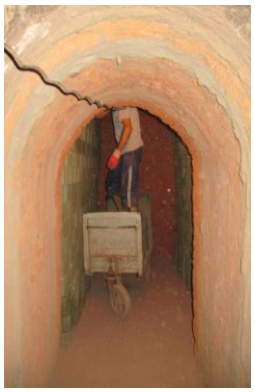


Şekil 4. 4 Kapalı alanda bekletilen tuğlalar

Kurutma aşaması tamamlandıktan sonra pişmemiş tuğlalar pişirilmek üzere fırınlara getirilmektedir.

İncelenen tesiste 3 adet Hoffman fırını bulunmaktadır. Fırın sayısına göre de 3 adet fırın bacası bulunmaktadır. Yakıt olarak Soma'dan getirtilen linyit kömürü kullanılmaktadır. Kurutulmuş tuğlalar Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da gösterildiği gibi işçiler tarafından fırınlara dizilmektedir.

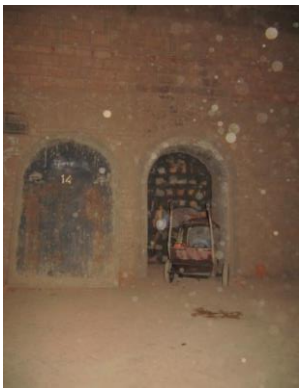
Pişirilen tuğla fırının kapısı açılarak, ortam havası ile soğutulmaktadır. Fırının tavana yakın yan duvarlarındaki hava emiş klapeleri açılarak fırın içine hava emişi sağlanmaktadır. Bu emiş işlemi fırın bacasındaki hava fanları ile gerçekleştirilmekte, emilen sıcak gaz fırının üzerindeki bacadan dışarıya verilmektedir.



Şekil 4. 5 Fırın girişi



Şekil 4. 6 Fırın içinde tuğlalar



Şekil 4. 7 Fırın kapıları

Pişirme sonrasında soğuyan tuğlalar yine işgücü kullanılarak fırın dışına çıkartılmaktadır. Fırın veya fırın vagonu önüne yanaşan araca tuğlalar yüklenmektedir. Paletler üzerinde ambalajlanarak stoklanmakta, dağıtıma hazır hale getirilmektedir.

Tuğlanın üretim sürecinin tanımlanmasına yönelik bilgi formu çizelde 4. 3'te gösterilmektedir.

Tuğlanın Satış Süreci

Dağıtıma hazır hale gelen tuğlalar, tesisin hemen yanında bulunan fabrika satış bürosundan ve İzmir'de bulunan satış ofisinden satılmaktadır. Tuğlalar üretim tesisi bünyesinde depolanmaktadır. Satışta numunler, kitapçıklar ve kataloglar kullanıldığı gibi tuğla müzesi olarak adlandırılan teşhir ve uygulama alanı da kullanılmaktadır. Siparişler alındıktan sonra kamyonlara yüklenen tuğlaların nakliyesi yapılmaktadır. Satış sürecinin tanımlanmasına yönelik bilgi formu çizelde 4. 4'te gösterilmektedir.

Tuğlanın Yapıya Uygulanma Süreci

Tuğla duvar örülecek alan sınırları projeye uygun olarak belirlenmekte ve zemin temizlenip ıslatıldıktan sonra hazırlanan harç zemine sürülmektedir. Islatılmış ve tozu temizlenmiş tuğlalar harç üzerine yerleştirilmekte ve istenilen örgü tekniğine göre duvar örülmesi işlemi yapılmaktadır.

Tuğlanın, üzerine sıva ve kaplama malzemesi uygulanarak kullanıldığı gibi çıplak olarak da kullanıldığı örnekler çokça mevcuttur. Uygulanma sürecinin tanımlanmasına yönelik bilgi formu çizelde 4. 5'te gösterilmektedir.

Tuğlanın Kullanım Süreci

Tuğlanın kullanım ömrü fazla olmakla beraber, betonarme taşıyıcı sistemli yapı ömrünün 50 yıl olarak baz alınması ile tuğlanın da yararlı kullanım ömrü 50 yıl olarak düşünülebilir. Özel olaylar dışında bakım gerektiren bir ürün değildir. Kullanım sürecinin tanımlanmasına yönelik bilgi formu çizelde 4. 6'te gösterilmektedir.

Geridönüşüm Süreci

Tez kapsamında incelenen tesiste, ortaya çıkan tuğla kırıkları belirli boyutlarda kırıdıktan sonra öğütülmekte ve elekten geçirilmektedir. Sonrasında tesis tuğla üretim bandından alınan tuğla çamuruna belirli oranlarda karıştırılarak kapalı döngüde tekrar üretime girmektedir.

Tuğla atıklarının bir diğer kullanım şekli ise; tuğla atıklarının ezilip 'ezilmiş tuğla tozu' (şamut) olarak park, bahçe ve tenis kortu gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca, tuğla artıkları alt yapı çalışmalarında dolgu malzemesi ve harç için karışım malzemesi olarak da kullanılmaktadır. Geridönüşüm sürecinin tanımlanmasına yönelik bilgi formu Çizelge 4.7 ve 4.8'de gösterilmektedir.

Yok Edilme Süreci

Moloz döküm alanlarına götürülüp bertaraf edilmektedir.

Çizelge 4. 2 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu-hammadde edinimi

TUĞLANIN YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİNE İLİŞKİN BİLGİLER				
HAMMADDE EDİNİMİ	Ham-madde	Hammadde 1		Kil
	Hammadde 1	Hammadde Kaynağının Yeri	Yurtdışı	Yurtdışı kaynak kullanımı yoktur.
			Yurtiçi	Manisa-Turgutlu
		Hammadde Edinim Sistemi		Ekskavatör-Kamyon Kazı Sistemi
		Hammadde Edinim Yöntemi		Kazı, yükleme, taşıma ve dökme
		Hammadde Ediniminde Kullanılan Donanımlar		İş makinaları, kamyonlar
		Edinilen Hammadde Miktarı		40099 m^3/yıl
		Hammadde Ediniminde Çalışan Sayısı		
		Hammadde Ediniminde Çalışanlar için Özel Koşullar		Araç kullanan kişilerin; açık ocak trafik düzenlemesi hakkında eğitim almış olması gerekmektedir.
		Hammadde Ediniminde oluşan atık türü		Kil, yakıt atıkları, kayaçlar, su
		Hammadde Ediniminde oluşan atık miktarı		
		Hammadde Ediniminde tüketilen enerji türü		Yakıt, iş gücü, su
		Hammadde Ediniminde tüketilen enerji miktarı		

Açıklamalı	İncelenen tesis bazında edinilen veriler
Açıklamasız	Bilinmiyor

Çizelge 4. 3 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu-üretim

TUĞLANIN YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİNE İLİŞKİN BİLGİLER			
ÜRETİM	Üretim yeri		Tuğla üretim tesisi
	Hammaddenin üretim yerine uzaklığı		Yaklaşık 15 km
	Hammaddenin üretim yerine ulaşım biçimi		Taşıtlar ile
	Üretim yöntemi		Hoffman fırın suni kurutma sitemi Hoffman fırın doğal kurutma sitemi
	Üretimde kullanılan ürünler		Turgutlu kili, su, linyit kömürü
	Üretimde kullanılan donanımlar		Beşiger, Taş ayırıcı, kırıcı, silo beşiger, Vals, Vakum Pres, Kurutma fırınları, Hoffman Fırın, Buhar kazanı, taşıtlar
	Üretimde oluşan atık türü		Zehirli gazlar ve yakıt atıkları
	Üretimde oluşan atık miktarı		0,386 kg/saat toz - 1,305 kg/saat karbon monoksit - 15,76 kg/saat Kükürtdioksit - 1,275 kg/saat Azotdioksit
	Üretimde tüketilen enerji türü		Kömürün yanması sonucu ısı enerjisi
	Üretimde tüketilen enerji miktarı		Tüm üretim sürecinde; 785ton/yıl mazot 5625 ton/yıl linyit kullanılmaktadır. 24,62 MW (tesisteki tüm ünitelerin toplam anma ısıl gücü)
	Üretimde çalışan sayısı		95
	Üretim çalışanları için üretim koşulları	Çalışanların özellikleri	Mühendis, teknisyen, usta, işçi, idari personel
		Üretim yapısının özellikleri	Günde 8 saat yılda 300 iş günü çalışılmaktadır.
	Üretim sonrasında paketleme koşulları		Ambalajlama
	Üretim sonrasında depolama koşulları		Bir bölümü paletler bir bölümü dökme olarak açık sahaya
	Üretim sonrasında dağıtım	Dağıtım koşulları	Karayolu, Karayolu+Denizyolu
		Dağıtım uzaklığı	İstenilen heryere dağıtım yapılmaktadır.
		Dağıtımda oluşan atık türü	Yakıt atıkları, ambalaj atıkları, tuğla parçaları, toz
		Dağıtımda oluşan atık miktarı	Tuğla paketi başına ağırlığının %1'inden az ambalaj atığı
		Dağıtımda tüketilen enerji türü	Yakıt ve işgücü
		Dağıtımda tüketilen enerji miktarı	Dağıtım uzaklığına göre tüketilen enerji miktarı değişmektedir.

Çizelge 4. 4 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu-satış

TUĞLANIN YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİNE İLİŞKİN BİLGİLER		
SATIŞ	Satış yeri ve ya satış birimleri	Fabrika ve satış bürosu
	Ürünün satış birimine uzaklığı	Değişken
	Ürünün satış birimine ulaşım biçimi	Ürün fabrikadan satılmaktadır.
	Satış yöntemi	Toptan ve tekten
	Satışta kullanılan ürünler	Tanıtım kitapçıkları, broşürler ve numuneler
	Satışta kullanılan donanımlar	Kamyon, forklift, bilgisayarlar, araçlar
	Satışta oluşan atık türü	Yakıt atıkları
	Satışta oluşan atık miktarı	
	Satışta tüketilen enerji türü	İş gücü, yakıt
	Satışta tüketilen enerji miktarı	
	Satışta çalışan sayısı	
	Saklama koşulları	Bir bölümü paletler bir bölümü dökme olarak açık sahaya
	Stok düzeyi	12785904 Ad/yıl muhtelif tuğla (62370 m^3/yıl)
	Ürünün yararlı ömrü	Betonarme yapıların ömrüne göre 50 yıl olarak kabul edilmektedir.
	Ürünün yararlı ömrü sonunda kullanılabilirliği	Ezilmiş tuğla tozu Dolgu, harç karışımlarında kullanım

Çizelge 4. 5 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu-uygulama

TUĞLANIN YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİNE İLİŞKİN BİLGİLER		
UYGULAMA	Uygulama yeri	Taşıyıcı duvar, bölme duvar, kaplama, peyzaj elemanları
	Ürünün uygulama yerine uzaklığı	Değişken
	Ürünün uygulama yerine ulaşım biçimi	Nakliye araçları ile karayolundan
	Uygulama yöntemi	Düz örgü, kilit örgü, blok örgü, kılıcına örgü, haç örgü, Polonez örgü, Hollanda örgü
	Uygulamada kullanılan donanımlar	Mala, su terazisi, şakül, harç teknesi, mastar, gönye, ip, kürek, çekiç, su kovası
	Uygulamada oluşan atık türü	Tuğla parçaları, harç, toz
	Uygulamada oluşan atık miktarı	Değişken
	Uygulamada tüketilen enerji türü	İş gücü
	Uygulamada tüketilen enerji miktarı	
	Uygulamada çalışan sayısı	Yatay delikli fabrika tuğlası m^3'te adam/saat:11,20 * (bayındırlık bk.)
	Uygulamada çalışan Niteliği	Duvar ustası
	Uygulamaya İlişkin Özel Koşullar	*3m'den yüksek duvarlarda 1,5-2m'de bir hatıl atılmaktadır. Tuğla tozlarından arındırılmış olmalıdır. Düşey derzler harç ile tamamen doldurulmalıdır. Üst üste konulan 2 sıranın dik derzleri duvarın hiçbir yerinde üst üste gelmemelidir.

Çizelge 4. 6 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu-kullanım

<table>
<tr><th colspan="5">TUĞLANIN YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİNE İLİŞKİN BİLGİLER</th></tr>
<tr><td rowspan="16">KULLANIM</td><td colspan="3">Kullanım yeri</td><td>Taşıyıcı duvar, bölme duvar, kaplama, peyzaj elemanları</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ürünün Kullanım yerine uzaklığı</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ürünün Kullanım yerine ulaşım biçimi</td><td>Karayolu ile</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kullanıma İlişkin Özel Koşullar</td><td>Tuğla üzeri sıvanarak
İsteğe bağlı brüt halde</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kullanıcıya İlişkin Özel Koşullar</td><td>Her türlü kullanıcı</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kullanımda oluşan atık türü</td><td>Zarar görmesi halinde tuğla parçaları, harç, sıva ve kaplama atıkları, toz</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kullanımda oluşan atık miktarı</td><td>Ürün zarar görmedikçe atık oluşturmamaktadır.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kullanımda Yapı Ürünü-Enerji İlişkisi</td><td>Hammadesi kil olduğu için herhangi bir enerji tüketimi veya zehirli gaz çıktısı yoktur</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Bakım-Onarım</td><td rowspan="2">Yerinde</td><td>Bakım-Onarım Yeri</td><td>Gevşek harç sıva ve boya kazınır, tuğla yüzeyi silinip kuruduktan sonra dolgu harcı ile doldurulur. Dolgu kuruduktan sonra yüzey düzeltilir ve sıva ve file uygulanır.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Kullanım Alanı Dışında</td><td>Bakım-Onarım Yeri</td><td rowspan="3">Kullanım alanı dışında bakım onarımı tercih edilmemektedir.</td></tr>
<tr><td>Kullanım Alanının, Bakım onarım alanına uzaklığı</td></tr>
<tr><td>Bakım-Onarım Alanına Ulaşım Biçimi</td></tr>
<tr><td colspan="3">Bakım-Onarımda Kullanılan Donanımlar</td><td>Dolgu harcı, file, sıva,kazıma ve yüzey düzeltme aletleri</td></tr>
<tr><td colspan="3">Bakım-Onarımda Oluşan Atık Türü</td><td>Tuğla parçaları, toz, sıva ve kaplama parçaları, dolgu harcı ve file parçaları</td></tr>
<tr><td colspan="3">Bakım-Onarımda Oluşan Atık Miktarı</td><td>Tuğla çok fazla bakım onarım gerektirmeyen bir ürün olduğundan atık miktarı değişken olmakla birlikte diğer yapı ürünlerine göre azdır.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Bakım-Onarımda Tüketilen Enerji Türü</td><td>İş gücü</td></tr>
<tr><td colspan="3">Bakım-Onarımda Tüketilen Enerji Miktarı</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Kullanımının Sona Ermesi Sonucunda Depolama Koşulları</td><td>Moloz döküm alanları</td></tr>
</table>

Çizelge 4. 7 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu-geridönüşüm (kapalı döngü)

TUĞLANIN YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİNE İLİŞKİN BİLGİLER		
GERİDÖNÜŞÜM(KAPALI DÖNGÜ)	Geridönüşüm Yeri	Tuğla üretim tesisleri
	Ürünün Geridönüşüm yerine uzaklığı	0
	Ürünün Geridönüşüm yerine ulaşım biçimi	Karayolu
	Geridönüşüm yöntemi	Tuğla atıkları boyutlara göre kırılıp, öğütülür. Elekten geçirilir. Belirli oranlarda kil ile karıştırılarak üretim bandına sokulur.
	Geridönüşüm İşlemlerinde Kullanılan Ürünler	Tuğla kırığı, kil, su
	Geridönüşüm İşlemlerinde Kullanılan Donanımlar	Kırıcı, ön elek filtreleri, paletli araçlar, karıştırıcı, pres, öğütücü
	Geridönüşümde oluşan atık türü	Üretim bandına dahil olduğundan, üretim sürecindeki veriler geçerlidir.
	Geridönüşümde oluşan atık miktarı	
	Geridönüşümde tüketilen enerji türü	
	Geridönüşümde tüketilen enerji miktarı	
	Geridönüşüm İşlemlerinde Çalışan Sayısı	
	Geridönüşüm İşlemlerinde Çalışanlar İçin Özel Koşullar	

Çizelge 4. 8 Tuğlanın tanımlanmasına yönelik bilgi formu-geridönüşüm (açık döngü)

TUĞLANIN YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİNE İLİŞKİN BİLGİLER		
GERİDÖNÜŞÜM (AÇIK DÖNGÜ)	Geridönüşüm Yeri	Tuğla üretim tesisleri
	Ürünün Geridönüşüm yerine uzaklığı	0
	Ürünün Geridönüşüm yerine ulaşım biçimi	Fabrika içi araçlarla
	Geridönüşüm yöntemi	Üretim sürecinde ortaya çıkan tuğla atıkları kırılıp, öğütülür. Elekten geçirilir. Toz haline getirilir.
	Geridönüşüm İşlemlerinde Kullanılan Ürünler	Tuğla kırığı (şamut)
	Geridönüşüm İşlemlerinde Kullanılan Donanımlar	Kırıcı, ön elek filtreleri, paletli araçlar, pres, öğütücü
	Geridönüşümde oluşan atık türü	Toz
	Geridönüşümde oluşan atık miktarı	
	Geridönüşümde tüketilen enerji türü	Yakıt, işgücü
	Geridönüşümde tüketilen enerji miktarı	
	Geridönüşüm İşlemlerinde Çalışan Sayısı	Üretim sürecindeki işçiler tarafından işlemler yapılmaktadır.
	Geridönüşüm İşlemlerinde Çalışanlar İçin Özel Koşullar	Tozumaya karşı dikkat edilmelidir.

4.2.2 Tuğlanın Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Belirlenen Girdiler ve Çevreyi Etkileyebilecek Çıktıların Belirlenmesi

Tuğlanın yaşam döngüsü süreçlerindeki çevreyi etkileyebilecek çıktılarının gösterildiği denetim listesi Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4. 9 Tuğlanın yaşam döngüsü süreçlerinde belirlenen girdiler ve çevreyi etkileyebilecek çıktılar

YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİ			**GİRDİLER**	**ÇIKTILAR**
HAMMADDE EDİNİMİ			Enerji İşgücü Hammadde alanına araç ve gereçlerin taşınması için taşıt ve yakıt Su	Su Hammadde atıkları Yakıt atıkları Kil, Taş ve çakıl Partiküller
ÜRETİM	**Hammadde Hazırlama**		Kil Su Üretim alanına hammaddelerin taşınması için taşıt ve yakıt Üretim araç ve gereçleri Enerji İşgücü	Kil İri taşlar ve çöpler Partiküller
	Şekillendirme		Kil Üretim araç ve gereçleri Enerji İşgücü	Şeklini almış kil
	Kurutma	**Doğal**	Şeklini almış kil Güneş enerjisi ve rüzgar	Şeklini almış mukavemet kazanmış kil Su
		Suni	Şeklini almış kil Enerji İş gücü Yakıt (genellikle linyit kömürü)	Şeklini almış mukavemet kazanmış kil Su CO – Karbon monoksit CO_2 - Karbon Dioksit NO – Azot oksit NO_2 - Azot Dioksit SO_2 - Kükürt Dioksit Partiküller
	Pişirme		Şeklini almış mukavemet kazanmış kil Üretim araç ve gereçleri Enerji Yakıt İşgücü	Tuğla Yakıt atıkları CO – Karbon monoksit CO_2 - Karbon Dioksit NO – Azot oksit NO_2 - Azot Dioksit SO_2 - Kükürt Dioksit Partiküller Hidrojen klorür (atık)

Çizelge 4. 9 Tuğlanın yaşam döngüsü süreçlerinde belirlenen girdiler ve çevreyi etkileyebilecek çıktılar (devam)

YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜREÇLERİ		GİRDİLER	ÇIKTILAR
ÜRETİM	**Pişirme**		Hidrojen klorür (atık) Hidrojen Florür (atık) Tuğla parçaları
	Ambalajlama ve Taşıma	Tuğla, Üretim araç ve gereçleri, Enerji, İşgücü, Taşıt ve yakıt	Dağıtıma hazır tuğla
SATIŞ		Paketlenmiş Tuğla, Enerji İşgücü Taşıt ve yakıt Satış araç ve gereçleri	Paketlenmiş tuğla Tuğla atıkları Yakıt atıkları
YAPIYA UYGULAMA		Tuğla Harç Enerji İşgücü Su Uygulama araç ve gereçleri	Örülmüş Tuğla Tuğla ve harç atıkları Partiküller
KULLANIM		Tuğla ile örülmüş yapı elemanı Bakım ürünleri Bakım için iş gücü	Tuğla, harç ve kaplama ürünü parçaları Toz Bakım ürünü atıkları
YARARLI ÖMRÜNÜ TAMAMLADIKTAN SONRA	**GERİDÖNÜŞÜM**	Tuğla parçaları Geridönüşüm araç ve gereçleri Enerji İşgücü Su Taşıma için kullanılan araçlar ve yakıt	Tuğla kiline karıştırılan geridönüştürülmüş tuğla atıkları Ezilmiş tuğla tozu Yakıt atıkları
	YOK EDİLME	Tuğla atıkları Yok edilme araç ve gereçleri Enerji İşgücü Taşıma için kullanılan araçlar ve yakıt	Yakıt atıkları

4.2.3 Tuğlanın Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Çevreyi Etkileyebilecek Çıktılar ve Çevre Gruplarının Bilgi Kartlarının Düzenlenmesi

Tuğlanın yaşam döngüsü süreçlerinde çevreyi etkileyebilecek çıktılar, tez kapsamında yapılan araştırmalara göre, hammadde eldesi ve üretim sürecinde yoğun olarak tespit edilmiştir.

Yapıya uygulanma sürecinde geleneksel ve kolay yöntemlerin kullanıldığı bilinmektedir. Tuğla hammaddesi kil olduğundan kullanım sürecinde radon salınımı gözlemlenebilir, ancak Türkiye'de bu yönde ortaya konmuş çalışmalar sınırlı kalmakta, radon haritası ve ölçüm değerlerine ulaşılamamaktadır. Geridönüşüm sürecinde ise tuğla artığının tekrar üretim bandına katılması ve bu süreçlere yönelik yeterli veri elde edilememesi nedeniyle çevreyi olumsuz etkileyebilecek çıktılar tez kapsamında değerlendirilememiştir.

Çizelge 4.10 ve 11'de tuğlanın hammadde edinim ve üretim süreçlerindeki çevreyi etkileyebilecek çıktıları ve etkilenen çevre gruplarının düzenlendiği bilgi kartları gösterilmektedir.

Çizelge 4. 10 Tuğlanın yaşam döngüsü süreçlerinde çevreyi etkileyebilecek çıktılar ve etkilenen çevre grupları bilgi kartı-hammaddde edinim

<table>
<tr><th rowspan="4">SÜREÇ</th><th rowspan="4">ÇIKTILAR</th><th colspan="9">ÇEVRE</th></tr>
<tr><th colspan="4">CANLI ÇEVRE</th><th colspan="5">CANSIZ ÇEVRE</th></tr>
<tr><th colspan="3">DOĞAL</th><th colspan="2">YAPMA</th></tr>
<tr><th>İNSAN</th><th>HAYVAN</th><th>BİTKİ</th><th>MİKRO ORGANİZMALAR</th><th>SU</th><th>HAVA</th><th>TOPRAK</th><th>YAPI</th><th>YAPI ÜRÜNLERİ</th></tr>
<tr><td rowspan="6">HAMMADDE EDİNİM</td><td>Kil atıkları</td><td></td><td colspan="3">Uygun alanlar kullanılmadığında hayvan, bitki ve mikroorganizmaların yaşam alanları daralmakta ve tür çeşitliliği zarar görebilmektedir.</td><td rowspan="6">Su Kirliliği</td><td></td><td>Uygun alanlar kullanılmaz ise topografik bozukluklara neden olmaktadır</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Partiküller</td><td>Kalp, solunum yolu hastalıkları ve akciğer kanseri riskini artırmaktadır</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="5">Hava Kirliliği</td><td></td><td colspan="2">Yoğun olarak maruz kalındığında, deforme ve eskime gibi olumsuzluklar ortaya çıkabilmektedir</td></tr>
<tr><td>Karbonmonoksit</td><td rowspan="4">Baş ağrısı, bulantı, kusma, halsizlik ve sersemlik hissi, unutkanlık, kan dolaşımı ve denge bozukluğu, göz rahatsızlıkları, akciğer-solunum sistemi hastalıkları görülebilmek-tedir.</td><td colspan="3" rowspan="4">Hammadde ediniminde kullanılan araç yakıtlarının ortaya çıkardığı bu egzoz atıkları havaya bırakılmakta, dolaylı olarak su ve toprağa karışmaktadır. Hayvan, bitki ve mikroorganizmalar üzerinde olumsuz etkilere sebep olabilmektedir.</td><td rowspan="4">Toprak Kirliliği</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Karbondioksit</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Nitrojen oksitler</td><td colspan="2">Asidifikasyona sebep olduğu için, yapı ve yapı ürünlerinde olumsuz etki gösterebilmektedir</td></tr>
<tr><td>Hidrokarbonlar</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Çizelge 4. 11 Tuğlanın yaşam döngüsü süreçlerinde çevreyi etkileyebilecek çıktılar ve etkilenen çevre grupları bilgi kartı-üretim

<table>
<tr><th rowspan="4">SÜREÇ</th><th rowspan="4">ÇIKTILAR</th><th colspan="9">ÇEVRE</th></tr>
<tr><th colspan="4">CANLI ÇEVRE</th><th colspan="5">CANSIZ ÇEVRE</th></tr>
<tr><th rowspan="2">İNSAN</th><th rowspan="2">HAYVAN</th><th rowspan="2">BİTKİ</th><th rowspan="2">MİKRO ORGANİZMALAR</th><th colspan="3">DOĞAL</th><th colspan="2">YAPMA</th></tr>
<tr><th>SU</th><th>HAVA</th><th>TOPRAK</th><th>YAPI</th><th>YAPI ÜRÜNLERİ</th></tr>
<tr><td rowspan="4">ÜRETİM</td><td>Partiküller</td><td>Kalp, solunum yolu hastalıkları ve akciğer kanseri riskini artırmaktadır.</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="4">Su Kirliliği</td><td rowspan="4">Hava Kirliliği</td><td rowspan="4">Toprak Kirliliği</td><td colspan="2">Ortamdaki partiküller yapı içi hava kalitesini etkilemektedir.
Yoğun olarak maruz kalındığında, deforme ve eskime gibi olumsuzluklar ortaya çıkabilmektedir.</td></tr>
<tr><td>Karbonmonoksit</td><td rowspan="3">Baş ağrısı, bulantı, kusma, halsizlik ve sersemlik hissi, unutkanlık, kan dolaşımı ve denge bozukluğu, göz rahatsızlıkları, akciğer ve solunum sistemi hastalıkları görü-lebilmektedir.</td><td colspan="4" rowspan="3">Üretim sırasında fırınlarda kullanılan yakıtların ortaya çıkardığı gazlar bacalardan havaya bırakılmakta, dolaylı olarak su ve toprağa karışmaktadır. Hayvan, bitki ve mikroorganizmalar üzerinde olumsuz etkilere sebep olabilmektedir.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Karbondioksit</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Nitrojen oksitler</td><td colspan="2">Asidifikasyona sebep olduğu için, yapı ve yapı ürünlerinde olumsuz etki gösterebilmektedir.</td></tr>
</table>

Çizelge 4.11 Tuğlanın yaşam döngüsü süreçlerinde çevreyi etkileyebilecek çıktılar ve etkilenen çevre grupları bilgi kartı-üretim (devam)

<table>
<tr><th rowspan="4">SÜREÇ</th><th rowspan="4">ÇIKTILAR</th><th colspan="9">ÇEVRE</th></tr>
<tr><th colspan="4">CANLI ÇEVRE</th><th colspan="5">CANSIZ ÇEVRE</th></tr>
<tr><th rowspan="2">İNSAN</th><th rowspan="2">HAYVAN</th><th rowspan="2">BİTKİ</th><th rowspan="2">MİKRO ORGANİZMALAR</th><th colspan="3">DOĞAL</th><th colspan="2">YAPMA</th></tr>
<tr><th>SU</th><th>HAVA</th><th>TOPRAK</th><th>YAPI</th><th>YAPI ÜRÜNLERİ</th></tr>
<tr><td rowspan="3">ÜRETİM</td><td>Kükürtdioksit</td><td>Solunum yolu hastalıkları, nefes darlığı ve akciğer kanserine sebep olabilmektedir</td><td colspan="3">Asit yağmurları ile toprağın mineral oranı düşmektedir. Bu durumda bitkilerin topraktan beslenmesi engellenmektedir.
Asit yağmurları sudaki canlı çeşitliliğini de etkilemektedir</td><td>Su Kirliliği</td><td rowspan="3">Hava Kirliliği</td><td>Toprak Kirliliği</td><td colspan="2">Asidifikasyona sebep olduğu için, yapı ve yapı ürünlerinde olumsuz etki gösterebilmektedir.
Özellikle tarihi yapılarda zarar oluşturabilmektedir.</td></tr>
<tr><td>Hidrojen Klorür</td><td>Solunması ölümcül olabilmektedir. Hidroklorik asit hali ciltte yanıklara ve iltihaba neden olmaktadır.</td><td></td><td></td><td></td><td>Hidrojen klorür su ile karşılaşınca hidroklorik asite dönüşmekte-dir.</td><td></td><td colspan="2">Bacalardan çıkan hidrojen klorür gazı nem ile birlikte hidroklorik asite dönüşebilmektedir. Bu da korozyona neden olabilmektedir.</td></tr>
<tr><td>Hidrojen Florür</td><td>Solunması ile ciddi zehirlenmeler, cilt ile temas etmesi halinde deri yanıkları oluşmaktadır.</td><td></td><td>Bitkilerin biyolojik yapılarında zararlı etkileri gözlemlene-bilmektedir.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

Açıklamalı	Doğrudan Etkilenim
Açıklamalı	Dolaylı Etkilenim
Açıklamasız	Bilgi Yok

4.3 Tuğlanın Yaşam Döngüsü Süreçlerindeki Çevre Etkilerinin Değerlendirilmesi

Turgutlu'daki üretim tesisi emisyon verilerine göre çıktı miktarları belirtilmiştir. Tesisin 3 adet fırın bacası olduğu için 3 fırın bacası için de ayrı ayrı ölçümler yapılmaktadır. Ancak üretim süreci dışındaki süreçlerde veri elde edilemediğinden sınır değerler ile karşılaştırılması yapılamamıştır.

Çizelge 4. 12 Tuğlanın üretim sürecinde oluşan çevreyi etkileyebilecek çıktılarının çevre etkilerinin değerlendirilmesi

YD SÜRECİ		YD SÜRECİNDE OLUŞAN ÇEVREYİ ETKİLEYEBİLECEK ÇIKTILAR	ÇIKTININ MİKTARI	ÇIKTININ SINIR DEĞERİ*	DEĞERLENDİRME SONUCU		
					Kabul Edilebilir Değer a ≤ b ●	Kabul Edilemez Değer a > b ●	Bilinmeyen Değer a veya b bilinmiyor ○
HAMMADDE EDİNİM		Kil atıkları					○
		Partiküller		48 µg/m³ ***			○
		Karbonmonoksit (CO)		10 mg/m³***			○
		Karbondioksit (CO_2)					○
		Nitrojen oksitler(NO_x)		48 µg/m³***			○
		Hidrokarbonlar (C_xH_x)					○
ÜRETİM	FIRIN BACASI 1	Partiküller	21,3 mg/Nm³	150 mg/Nm³	●		
		Karbon monoksit(CO)	68 mg/Nm³	200 mg/Nm³	●		
		Karbon Dioksit (CO_2)					○
		Azot oksit (NO)	35 mg/Nm³	800 mg/Nm³	●		
		Azot Dioksit (NO_2)	56 mg/Nm³	800 mg/Nm³	●		
		Kükürt Dioksit (SO_2)	960 mg/Nm³	2000 mg/Nm³	●		

Çizelge 4. 12 Tuğlanın üretim sürecinde oluşan çevreyi etkileyebilecek çıktılarının çevre etkilerinin değerlendirilmesi (devam)

YD SÜRECİ		YD SÜRECİNDE OLUŞAN ÇEVREYİ ETKİLEYEBİLECEK ÇIKTILAR	ÇIKTININ MİKTARI	ÇIKTININ SINIR DEĞERİ*	DEĞERLENDİRME SONUCU		
					Kabul Edilebilir Değer a ≤ b ●	Kabul Edilemez Değer a > b ●	Bilinmeyen Değer a veya b bilinmiyor ○
ÜRETİM	F. BACASI 1	Hidrojen Klorür (HCL)	<0 ppm**	*	●		
		Hidrojen Florür (HF)	0,0032	*	●		
ÜRETİM	FIRIN BACASI 2	Partiküller	18,2 mg/Nm³	150 mg/Nm³	●		
		Karbon monoksit (CO)	66 mg/Nm³	200 mg/Nm³	●		
		Karbon Dioksit (CO_2)					○
		Azot oksit (NO)	41 mg/Nm³	800 mg/Nm³	●		
		Azot Dioksit (NO_2)	66 mg/Nm³	800 mg/Nm³	●		
		Kükürt Dioksit (SO_2)	663 mg/Nm³	2000 mg/Nm³	●		
		Hidrojen Klorür (HCL)	<0 ppm**	*	●		
		Hidrojen Florür (HF)	0,0060	*	●		
ÜRETİM	FIRIN BACASI 3	Partiküller	16,5 mg/Nm³	150 mg/Nm³	●		
		Karbon monoksit (CO)	61 mg/Nm³	200 mg/Nm³	●		
		Karbon Dioksit (CO_2)					○
		Azot oksit (NO)	39 mg/Nm³	800 mg/Nm³	●		

Çizelge 4. 12 Tuğlanın üretim sürecinde oluşan çevreyi etkileyebilecek çıktılarının çevre etkilerinin değerlendirilmesi (devam)

YD SÜRECİ		YD SÜRECİNDE OLUŞAN ÇEVREYİ ETKİLEYEBİLECEK ÇIKTILAR	ÇIKTININ MİKTARI	ÇIKTININ SINIR DEĞERİ*	DEĞERLENDİRME SONUCU		
					Kabul Edilebilir Değer a ≤ b ●	Kabul Edilemez Değer a > b ●	Bilinmeyen Değer a veya b bilinmiyor ○
ÜRETİM	FIRIN BACASI 3	Azot Dioksit (NO_2)	63 mg/Nm³	800 mg/Nm³	●		
		Kükürt Dioksit (SO_2)	701 mg/Nm³	2000 mg/Nm³	●		
		Hidrojen Klorür (HCL)	<0 ppm**	*	●		
		Hidrojen Florür (HF)	0,0088	*	●		

Açıklamalı	Edinilen veriler
Açıklamasız	Bilgi Yok

*SKHKKY gereğince HF 2.sınıf, HCI 3.sınıf inorganik buhar ve gazdır. 2.sınıf inorganik buhar ve gazlarda 50g/saat'in, 3.sınıf inorganik buhar ve gazlarda 300g/saat'in altındaki emisyon debileri için konsantrasyon sınır değeri uygulanmamaktadır.

**Yapılan ölçümlerde HCI konsantrasyonu analizi yapılan cihazın hassasiyet (limit) değerinden düşük olduğu tespit edilmiştir (Limit değer HCI için 0 ppm).

***Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği gereğince tesis etki alanındaki hava kalitesi 2017 yılı için belirtilen sınır değerleri verilmiştir.

4.4 Tuğlanın Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Değerlendirme Sonucu

Tez kapsamında yapılan araştırmalarda hammadde edinim sürecine yönelik, açık ocak işletmeleri için yapılmış ölçüm veya araştırma verileri bulunamamıştır. Hammadde ediniminde kazı, yükleme, taşıma ve dökme işlemleri yapılmaktadır. Tüm bu işlemler sırasında yakıt kullanan araçlar kullanılmaktadır. Bu araçlardan havaya salınan egzoz gazları ve çevre etkileşimi sınır değerlerin altında olmalıdır.

Tuğlanın hammaddesi olan kilin çıkarım alanları mutlaka ilgili kurumlarca belirlenen ölçütlerde ve kontrollü olarak yapılmalıdır. Aksi bir durumda bölge topografyasında bozulmalar, hava ve gürültü kirliliği gibi ciddi olumsuzluklar meydana gelebilmektedir.

Tuğlanın üretim sürecinde çevreyi etkileyebilecek çıktıların pişirme aşamasında ortaya çıktığı saptanmıştır. Tez kapsamında incelenen üretim tesisinin üç fırının bacasından yapılmış olan ölçüm raporlarına bakıldığında, tüm bacalardaki konsantrasyonların Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nce belirlenmiş olan sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında tuğlaya yönelik üretim süreci dışındaki yaşam döngüsü süreçlerinde yeterli veri elde edinilememiştir. Tuğlanın üretim süreçlerinde çevreye olumsuz etkilerinin kabul edilebilir değerlerde olduğu sonucuna varılmıştır. GTT aracı 4.adımı olan değerlendirme sonucu Çizelge 4.13'de gösterilmektedir.

Çizelge 4. 13 Tuğlanın yaşam döngüsü süreçlerinde değerlendirme sonucu.

DEĞERLENDİRME SONUCU	DEĞERLENDİRMENİN TANIMLANMASI	SİMGE
Kabul edilebilir değer için	Tuğlanın üretim sürecinde çevreye olumsuz etkisi yok	●
Bilinmeyen değer için	Tuğlanın hammadde edinim, satış, uygulama, kullanım ve yok edilme süreçlerinde çevreye etkilerine yönelik yeterli bilgi yok	○

4.5 Tuğlanın Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinde İletişim

Tuğlanın yaşam döngüsü değerlendirmesi iletişim adımında, tuğla kullanıcılarının bilinçlendirilmesi amaçlanmaktadır. Tez kapsamında verilen tuğla örneği başka çalışmalara örnek olması için kullanılabilir ve tuğlanın seçimi konusunda bilgilendirici nitelikte olduğu düşünülmektedir.

BÖLÜM 5

BULGULAR VE ÖNERİLER

Tez kapsamında seçilen GTT Modeli ile tuğlanın yaşam döngüsü değerlendirilmesi sonuçlarına ilişkin bulgular ve öneriler; hem değerlendirme aracı olarak kullanılan GTT Modeli hem de değerlendirilen ürün olarak tuğla üzerinden verilmiştir.

GTT Modeli Yönelik Bulgular ve Öneriler

Gökçe Tuna Taygun'un beş ana adımdan oluşan modeli incelendiğinde, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiş ve modelin geliştirilebilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

- Modelin birinci adımında yapı ürününün fiziksel ve kimyasal özellikleri üretici firmaların internet sitelerinden, tanıtım kitapçıklarından veya firmalardan alınan bilgiler doğrultusunda yapılabilmektedir.
- İkinci adımda ürünlerin yaşam döngüsü süreçlerine yönelik verilerin elde edilmesinde zorluklarla karşılaşılmaktadır. Bu adımdaki zorluklar diğer adımları da doğrudan etkilemekte, değerlendirme sonucu tam olarak yapılamamaktadır. Veri sıkıntısından kaynaklı bu durum sadece GTT Modeli özelinde değil tüm değerlendirme araçları için geçerlidir.
- GTT Modeli tüm yaşam döngüsü süreçlerini kapsamaktadır. Bu; modelin olumlu bir özelliği olup, modelde tüm süreçler ve çevre etkileri ayrıntılı bir biçimde ele alınmaktadır.
- Süreçlerde ortaya çıkan verilerin tamamı denetim listelerine işlenememekte ve somut olarak çevre etkileri belirtilememektedir. İncelenen tuğlanın hammadde

eldesi süreci buna bir örnek olarak verilebilir. Tuğla hammaddesi elde edilirken doğal kaynakların kontrolsüzce tüketilmesi, verimli tarım arazilerinin yok edilmesine, bitki örtüsünün değişimine, hava kirliliğine ve daha da ileri gidilerek bölge topografyasında değişikliklere neden olabilmektedir. 1980'li yıllarda Turgutlu'da yaşanmış topografya bozunmasındaki örnek olumlu bir duruma çevrilmeye çalışılmıştır. Bu çevre etkilerinin değerlendirilmesi bütünleşik bir yenilikçi yaklaşım ile GTT Modeli'ne aktarılabilir olmalı, bu yönde modelin geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Fakat bu gibi etkilerin rakamsal karşılıklarının verilmesi oldukça zor olduğundan geliştirilebilirliğinin sınırlı olacağı öngörülmektedir.

- Modelde yapı ürünlerinin yaşam döngüsü süreçlerinde çevre ile olan etkileşimlerinde ortaya çıkan girdiler ve çıktılar belirlenmektedir. Bu girdi ve çıktıların verdiği çevre zararlarının her zaman rakamsal karşılığı verilememektedir.
- Yapı ürününün yaşam döngüsü süreçlerinde çevre etkilerinin değerlendirmesi yapılırken tüm veriler aynı birimlerle ifade edilemeyebilir. Modelde çıktının miktarı ve sınır değerleri karşılaştırılması aynı birim olarak yapıldığından normalleştirme aşamasına modelin yapısı gereği ihtiyaç duyulmamaktadır. Değerlendirme yaparken bazı çıktılar kabul edilebilir olabilirken bazıları kabul edilemez olabilir. Bu durumda değer ölçütleri tanımlanabilir. En çok çevresel etkiye sebep olacağı varsayılan çıktıya en yüksek kat sayı verilip, sırayla bu katsayı diğer çıktılara dağıtılabilir. Toplam çıktı değeri bulunup kabul edilir veya edilemez olduğuna karar verilebilir.
- Modelin değerlendirme sonucunda, Gökçe Tuna Taygun'un doktora tezinde de belirttiği gibi bir yapı ürünün yaşam döngüsü değerlendirmesi sonucunun bir etiketle ifade edilmesi; ürün seçiminde kolay anlaşılabilir, karşılaştırılabilir bilgiye ulaşmada zaman kazanımı sağlayabilir.
- Değerlendirmenin sonucu adımında bir diğer öneri ise değerlendirmeyi yapan ile ilgili bilgilerin eklenmesidir. GTT Modeli erişilebilir bir değerlendirme aracıdır.

Dolayısıyla değerlendirme sonucunun güvenilirliği için amatör veya profesyonel karar vericinin özet bilgisinin bulunması gerekmektedir.

- Modelin iletişim adımında ise değerlendirme verileri bilgisayar ortamına aktarılır ve ürün seçimi yapacak olanlara erişimi internet üzerinden sağlanabilirse, modelin kullanımının yaygınlaştırılacağı düşünülmektedir.

Tuğlaya Yönelik Bulgular ve Öneriler

Tez kapsamında incelenen tuğla verileri Turgutlu İlçe'sindeki üretici kurumdan elde edilmiştir. Üretici kurumdan elde edilen tuğla emisyon verileri Ek-A' da gösterilmektedir. Tuğlaya yönelik değerlendirme sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

- Tuğlanın yaşam döngüsü süreçlerinde üretim verileri sonucunda kabul edilebilir olduğu belirlenmiş ancak diğer süreçlerde yeterli veri elde edilememiştir.
- Hammadde eldesinde daha önce yaşanmış olan çevre sorunlarının dikkate alındığı ve ilgili kuruluşlarca doğru alanların belirlendiği belirtilmiştir. Yapılan araştırma sonucunda hammadde yerinin uygunluğu ile ilgili bir rapora ulaşılamamıştır. Türkiye'de tuğla hammaddesinin eldesi çoğunlukla tuğla üreticileri tarafından yapılmaktadır. Hammaddeyi çıkarıp, tuğla üreticilerine sunan bir kuruluşun olması ile bu süreçte çevresel etkilerin azaltılacağı düşünülmektedir. Ayrıca kullanımı tamamlanan açık ocakların tekrar doğaya kazandırılması için yönetmelikler kapsamında belirlenen uygulamalar hayata geçirilmelidir. Tuğla hammaddesinin eldesinde yıkım sonucunda oluşan atıkların kullanılmasının da çevresel etkiler üzerinde rol oynayacağı varsayılmaktadır.
- İncelenen kurumda üç adet Hoffman fırını bulunmakta ve Turgutlu'nun iklimi gereği yılın yaklaşık dokuz ayı doğal kurutma yapabilmektedir. Fırın yakıtı olarak Soma'dan getirtilen linyit kömürü kullanılmaktadır. Tuğlanın üretim sürecine bakıldığında, kullanılan üretim yöntemleri de çevresel etkilerde rol oynamaktadır. Hoffman fırın yapay kurutma sisteminde, tünel fırın sistemine göre %54 daha fazla enerji tüketilmektedir. Doğal kurutmalı sistemde kurutma için ayrıca kaynak tüketimi olmadığından tünel fırın sistemine göre %19, yapay kurutmalı Hoffman

fırın sistemine göre ise %47 daha az enerji kullanılmaktadır [59]. Bu bağlamda Hoffman fırın yerine tünel fırın sistemine geçilmesi ve yakıt olarak doğalgazın tercih edilmesi tuğlanın çevresel etkilerini azaltacaktır.

- Tuğla geridönüştürülmesi kolay bir yapı ürünü olarak belirlenmiştir. Üretim sırasında ortaya çıkan tuğla parçaları veya hamur tekrar üretim bandına sokulmaktadır. Bir diğer yöntemle atık tuğlalar ezilerek toz haline getirilmekte ve özellikle spor alanlarında kullanılan ezilmiş tuğla tozu yapılmaktadır. Böylece çevre etkileri azalmaktadır.

Bir yapı ürününün YDD'sinin yapılabilmesi için tüm yaşam döngüsü süreçlerine ilişkin bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Hem tez kapsamında incelenen üç doktora çalışmasında önerilen modelin ürün üzerinde denenmesi çalışmalarında hem de bu tez çalışmasındaki değerlendirmede görüldüğü üzere tüm süreçlere ilişkin ürün bilgilerini, bazen var olan bilgiyi paylaşmamak bazen de bilginin var olmaması nedenleri ile üreticiden elde etmek mümkün olamamaktadır. Üretici firmaların Ar-Ge çalışmalarında YDD bağlamında tasarımcı ve diğer karar vericilere sunabileceği ürünlerin çevresel özelliklerine ilişkin bilgilerini üretmeleri ve şeffafca sunabilmesi YDD'nin doğru sonuçlanabilmesi açısından önem kazanmaktadır.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılar doğadan elde edilen hammaddenin %50'sini, küresel enerjinin %40'ını ve suyun %16'sını tüketirken, oluşan atıkların da %50'sini ortaya çıkarmaktadır. Bir yapının yaşam döngüsü süreçlerinde ortaya çıkan çevresel etkilerin yaklaşık %10-20' si yapı ürünlerinden kaynaklanmaktadır [61].

Yapı ürünü kaynaklı çevresel sorunların azaltılması için yapı ürünü üreticilerinin, tasarımcıların, uygulayıcıların ve kullanıcıların yapı ürünü kararını verirken çevre etkilerini de değerlendirmesi gerekmektedir. YDD bu konuda ortaya konmuş yöntemlerden biridir. Ancak bir yapı ürününün YDD'si yapılırken zorluklarla karşılaşılmaktadır. Türkiye'de bu konuda yapılan çalışmaların sınırlı kaldığı ve geliştirilmesi gerektiği düşünülmüştür. Bu zorlukları ortaya koyabilmek amacıyla seçilen GTT Modeli üzerinden tuğlanın denenmesi yapılmıştır.

GTT Modeli denenirken; tüm süreçleri ayrı ayrı denetim listeleri ile ifadelendiriyor olması olumlu karşılanmaktadır. Modelin ilk adımı olan yapı ürününün tanımlanmasında, yapı ürünü verileri üretici firmanın erişime açık kaynaklarından sağlandığı için bir sorun ile karşılaşılmamıştır. Ancak ikinci adım olan YD süreçlerinde çevre etkileşimine yönelik bilgilerin toplanmasında ve takip eden diğer adımlarda, veri elde edilememesinden kaynaklı sorunlarla karşılaşılmış ve denetim listeleri kısmen doldurulmuş veya doldurulamamıştır. Değerlendirme yapılırken, girdi ve çıktıların rakamsal karşılıklarının her zaman verilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Toplam çıktı değerinin hesaplanabilmesi için YDED'nin ağırlıklandırma aşamasının modelde

kullanılabileceği düşünülmektedir. Değerlendirme sonucunun güvenilirliği için değerlendirmeyi yapanın özet bilgisinin modele eklenebileceği ve bir etiket sisteminin getirilerek ürün seçiminde kolaylık sağlanabileceği ön görülmektedir. Ayrıca modelden elde edilen verilerin bilgisayar ortamına aktarılarak, kullanımının yaygınlaştırılacağı önerisi yapılmaktadır.

Tuğlanın yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılırken; üretici firmadan elde edilen veriler ışığında tuğlanın çevresel etkilerinin kabul edilebilir değerlerde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak sadece üretim süreci için bir değerlendirme yapılabilmiş, diğer süreçler için yeterli veri elde edilememiştir. Tuğla artıklarının tekrar üretimi sokulduğu veya ezilmiş tuğla tozu olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir. Geridönüştürülebilen bir yapı ürünü olması çevre etkilerini azaltmaktadır.

Bu araştırmada, Manisa'nın Turgutlu ilçesinden elde edilmiş veriler kullanılmıştır. İlerideki çalışmalarda, bu araştırmanın geliştirilmesi amacıyla Türkiye'deki başka üreticilerin tuğla için yapılmış olan analiz verileri karşılaştırılabilir ve ürün seçiminde kolaylık sağlayabilir, bununla birlikte tuğla dışındaki diğer yapı ürünlerden de bu araştırma baz alınarak örneklendirme ve araştırmayı geliştirme çalışmaları yapılabilir. Ayrıca bu araştırmada kullanılmış olan GTT değerlendirme aracı dışındaki diğer araçlar da araştırmayı geliştirmek amacıyla kullanılabilir bulunmaktadır.

Tez kapsamında yapılan incelemelerde Türkiye'de üretilen bir yapı ürününün yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılırken aşağıdaki sonuçlara ulaşılmış ve tüm süreçlerde bir yapı ürününe ilişkin değerlendirmenin başarıya ulaşabilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

- Yapı ürünleri çok çeşitli ve uzun kullanım ömrüne sahip ürünlerdir. Bu bağlamda ürünlerin çevreye ilişkin bilgilerinin elde edilmesinde zorluklar ve belirsizlikler yaşanmaktadır. Üreticiler bilgi paylaşımı konusunda kapalı bir tutum gösterebilmektedir. Üreticilerin paylaştığı bilgiler irdelendiğinde genellikle üretim ve geridönüşüm süreçlerine ilişkin olduğu gözlenmektedir. Doğru bir YDD yapılabilmesi ve güvenilir bilgilere ulaşabilmek için tüm süreçlere ilişkin bilgilere erişebilmek önem kazanmaktadır. Ayrıca üreticiler tarafından üretim sürecine ilişkin; üretim yönteminin ve kapasitelerinin, kullanılan kaynakların, enerjinin ve

miktarlarının, üretilen atık türünün ve miktarının, geri dönüştürülebilen hammadde kapasitesinin, üretim için gereken özel koşulların, hizmet verilen mesafelerin ve üretimde hangi yönetmelik veya kanun kapsamına uyulduğu gibi bilgilerin şeffaf olarak verilmesi gerekmektedir.

- Değerlendirme amacıyla elde edilen bilgilerin doğruluğu önem kazanmaktadır. Değerlendirme sonuçlarında doğru bilgiye ulaşılabilmesi için bilgilerin, bağımsız ilgili kuruluşlarca onaylanmış raporlar veya belgelerden oluşması gerekmektedir.
- Türkiye'de ortaya konmuş değerlendirme modellerinin/araçlarının uygulanmasında/kullanılmasında güçlükler yaşanmaktadır. Karşılaşılan en önemli güçlüklerden biri Türkiye için yapılmış olan çalışmaların sınırlı olmasıdır. Ortaya konmuş model/araçlarda Türkiye'ye özgü değerlendirme ölçütleri kullanılmalıdır. Ayrıca bu değer ölçütleri zamanla değişiklik gösterebileceğinden model/araçlar güncellenebilir olmalıdır. Tüm yaşam döngüsü süreçlerini kapsayan, toplam çevresel performans değerine somut ve rakamsal olarak en yakın şekilde ulaşılabilen, değerlendirme sonucunun erişilebilir ve uygulanabilir olduğu model/araçların kullanılması belirsizlikleri ortadan kaldırabilir. Bu bağlamda model/araçların değerlendirme karşılaştırmalarının yapılabildiği bir bilgi sistemi oluşturulabilir. Tüm bunlara ek olarak değerlendirmenin güvenilirliği için, değerlendirmeyi yapanın uzmanlığı ve niteliği hakkında bilgilendirme model/araçlarda verilmelidir.
- YDD yöntemi çerçevesinde yapı ürünlerinin çevresel performansını değerlendiren araçların kullanımının zorunlu olmadığı belirlenmiştir. Türkiye'deki üretim sistemi içinde hiçbir zorunluluk olmadığından ürünlerin kıyaslaması yapılamamaktadır. Düzenleyici kuruluşlar tarafından bir zorunluluk getirilip uygulamaya sokulması, aynı zamanda tüm değerlendirmelere ulaşılabilen, karşılaştırma yapılabilen bir veritabanı oluşturulması ve bir Türk çevre etiketi sisteminin geliştirilmesi ile doğru yapı ürünü seçiminin kolaylaşacağı böylelikle yapı ürünü kaynaklı çevre etkilerinin azaltılabileceği düşünülmektedir.
- Tez kapsamında incelenen Türkiye'de ortaya konmuş YDD araçları, yapı ürünlerinin çevresel performansını değerlendirmektedir. Türkiye'de çevresel

performansın yanında ekonomik performans değerlendirmesi de yapabilen araçların geliştirilmesi veya mevcut araçların bu yönde güncellenmesi yapı ürünü seçiminde çevre-ekonomi ilişkisinin kurulması açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

[1] T.C. Resmi Gazete, Çevre Kanunu, 11.08.1983, 1.

[2] Kışlalıoğlu, M. ve Berkes, F., (2001), Ekoloji ve Çevre Bilimleri, Remzi Kitabevi, İstanbul.

[3] Çepel, N., (1992), Doğa Çevre Ekoloji ve İnsanlığın Ekolojik Sorunları, Birinci Baskı, Altın Kitaplar Yayınları, İstanbul.

[4] Keleş, R. ve Ertan, B., (2002), Çevre Hukukuna Giriş, Birinci Baskı, İmge Kitabevi, Ankara.

[5] Keleş, R., Hamamcı, C. ve Çoban, A. (2012). Çevre Politikası, 7.Baskı, İmge Yayınevi, Ankara

[6] Erten, D., (2011), Yeşil Binalar, Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları V, Bölgesel Çevre Merkezi, Ankara.

[7] Evci, M.M., (2013). Sürdürülebilir Bina Değerlendirme Yöntemlerinde Malzeme Kategorisinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[8] Tuna Taygun, G., Balanlı, A., (2013). "Çevreci Tasarım ve C2C Yaklaşımı", Çevre Tasarım Kongresi 2013, 12-13 Aralık 2013, Bursa.

[9] Kaya, U., (2010). Sürdürülebilir Dış Duvar Sistemi İçin Tasarım Seçeneklerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[10] Çamur, C., (2010), Isı Yalıtım Malzemelerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemiyle Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[11] Guinee, J.B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P. ve Buonamici, R., (2011). "Life Cycle Assessment: Past, Present and Future", Enviromental Science & Technology, 45: 90-96.

[12] Özçuhadar, T., (2007). Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Etkin Tasarımın Yaşam Döngüsü Sürecinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[13] Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guinee, J.B., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D., Suh, S., (2009). "Recent Developments in Life Cycle Assessment", Journal of Environmental Management 91: 1-21.

[14] Guinee, J.B., Gorree, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., Koning, A., Oers, L., Sleeswijk, A. W., Suh, S., Haes, H., Brujin, H., Duin, R., Huijbregts M. A.J., (2004). Handbook on Life Cycle Assessment, Operational Guide to the ISO Standards, Eco-Efficiency In Industry And Science, Vol 7, Kluwer Academic Publishers, New York, USA.

[15] SETAC, Life Cycle Assessment, http://www.setac.org/ , 31 Ağustos 2014.

[16] Bozkurt, E., (2007). Life Cycle Assessment (Lca) Based Home Rating Model For Izmir (Hrm-Izmir), Doktora Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

[17] ISO, ISO 14040:2006, https://www.iso.org/standard/37456.html, 22 Mart 2015.

[18] Şentürk, H., (2008), Yapı Ürünlerinin Çevresel Etkileri: Bütünleşik Ürün Politikası Bağlamında Bir İrdeleme, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[19] Demirer, G. N., (2011), Yaşam Döngüsü Analizi, Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları I, Bölgesel Çevre Merkezi, Ankara.

[20] Günaydın, G., (2011), Sürdürülebilirlik Kapsamında Çevresel Ürün Bildirgelerinin Yapı Sektöründe Uygulanması: Türkiye İçin Öneri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[21] Çedbik, Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği, Yeşil Bina Sertifika Sistemleri, http://www.cedbik.org/turkiye-nin-ilk-yesil-bina-sertifikasi-cedbikkonut-tanitildi_p3_tr_149_.aspx, 29 Aralık 2017.

[22] Paulsen, J., (2001), Life Cycle Assessment For Building Products - The Significance Of The Usage Phase, Doctoral Thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm.

[23] Dilaver, D., (2005). Yapı Ürünlerinin Çevre İle İlişkisi Kapsamında Çevre Dostu Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[24] TÜBİTAK-TTGV Bilim-Teknoloji-Sanayi Tartışmaları Platformu, (1999), "Sanayi Sektörü Raporu", Temiz Üretim-Temiz Ürün Çevre Dostu Teknolojiler Çalışma Grubu, Ankara.

[25] Yılmaz, Z., (2011). Yapi Ürünlerinin Üretim Enerjilerinin Ekolojik Tasarima Yönelik Olarak Türkiye Bağlaminda İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[26] Bayraktar, F., (2010). Türkiye' De Yapi Malzemesi Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi İçin Bir Sistem Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[27] Tuna Taygun, G., (2005). Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik bir Model Önerisi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[28] Curran, M. A., (1996). Environmental Life-Cycle Assessment, McGraw–Hill Professional Publishing, USA.

[29] Tanaçan, L., (2002). "Ekolojik Yapı Malzemelerinin Tanımlanmasındaki Sorunlar", 1. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 9-13 Ekim, İstanbul.

[30] Curran, M. A., (2006). Life cycle assesment: principles and practice, EPA/600/R-06/060 U.S. Environmental Protection Agency, 1-54, Ohio.

[31] Nebel, B., (2006). "White paper-life cycle assesment and the building and construction industry", Beacon Pathway Limited, Auckland.

[32] Jensen, A. A., Hoffman, L., Moller, B., Schmit, A., Christiansen, K., Elkington, J. ve Dijk, F. V., (1997), Life Cycle Assessment, A Guide To Approaches, Experiences and Information Sources, European Environment Agency, Denmark.

[33] Department: Enviromental Affairs Republic of South Africa, Life Cycle Assessment, https://www.environment.gov.za/sites/default/files/docs/series9_lifecycle_assessment.pdf, 4 Kasım 2013.

[34] Gültekin, A. B., (2006). Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Kapsaminda Yapi Ürünlerinin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[35] Karaman Öztaş, S., Tanaçan, L., (2015), "Türk Yapı Malzemesi Sektörü İçin Geliştirilen Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme Modelinin Sınanması", 2nd International Sustainable Buildings Symposium, 28-30 Mayıs 2015, Ankara.

[36] Balanlı, A., (1997). Yapıda Ürün Seçimi, YTÜ Yayını, No. 4, İstanbul.

[37] İzgi, U., (1999). Mimarlıkta Süreç Kavramlar-İlişkiler, Birinci Baskı, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.

[38] Toydemir, N., Gürdal, E. ve Tanaçan, L., (2011). Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, Üçüncü Baskı, Literatür Yayınları, İstanbul.

[39] Tuna Taygun, G., (2011). "Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi", Mimarlık, (362): 72-75.

[40] Yüksek, İ., Mıhlayanlar, E., (2015), "Yaşam Döngüsü Sürecinde Yapı Malzemesi Çevre Etkileşimi", 2nd International Sustainable Buildings Symposium, 28-30 Mayıs 2015, Ankara.

[41] Tuna Taygun, G. ve Balanlı, A., (2005). "Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Yapı Ürünü-Çevre Etkileşimi", Megaron, 1(1):40-50

[42] T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği,

https://www.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/GNG2004-05HafriyatYikinti.pdf , 20 Şubat 2016.

[43] NIST, BEES Online, https://www.nist.gov/, 21 Ekim 2015.

[44] Uniformat, Classification Of Building Elements Per ASTM UNIFORMAT II Standard, http://www.uniformat.com/index.php/classification-of-building-elements, 21 Ekim 2015.

[45] PRE, SimaPRO, https://www.pre-sustainability.com/, 21 Ekim 2015.

[46] Ceylan, N., (2012). Türkiye'de Konut Dış Duvar Sistemlerinde Gerçekleştirilen Isı Yalıtımı Uygulamalarının Üretim Ve Yapım Süreçlerinin Çevresel Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[47] SimaPRO, Features, https://simapro.com/licences/analyst/, 21 Ekim 2015.

[48] Think Step, GaBi, http://www.gabi-software.com/international/software/gabi-software/, 21 Ekim 2015.

[49] Woolley, T., Kimmins, S., Harrison, P. and Harrison, R., (1997). Green Building Handbook / A Guide to Building Products and their Impact on the Environment, 1, E&FN Spon, London.

[50] Gültekin, A. B., Çelebi, G., (2016), "Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Kapsamında Yapı Ürünlerinin Etkilerinin Değerlendirilmesine Yönelik Br Model Önerisi", Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3: 1-36.

[51] Karaman Öztaş, S., (2014). Türk Yapı Malzemesi Sektörü İçin Yaşam döngüsü Etki Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[52] Şenel, A., Halıcıoğlu F. H., (2010), "Sürdürülebilir Mimarlık Yaklaşımlarının Binalarda Yeniliklerin Kullanılmasına Etkileri", International Sustainable Buildings Symposium, 26-28 Mayıs 2010, Ankara.

[53] Haapio, A., Viitaniemi, P., (2008). "A Critical Review of Building Enviromental Assessment Tools", Enviromental Impact Assessment Review, 28: 469-482.

[54] Özdemir, Ö., (2009). Tuğla, Kiremit ve Standartlar, https://www.tse.org.tr/upload/tr/dosya/icerikyonetimi/3541/25032015113056-2.pdf, 30 Haziran 2017.

[55] Türk Yapı Sektörü Raporu 2016, http://www.yapi.com.tr/TurkYapiSektoruRaporu2016/, 15 Ocak 2018.

[56] TS EN 771-1, (2005). Kagir Birimler-Özellikler-Bölüm 1: Kil Kagir Birimler (Tuğlalar), TSE, 1.Baskı, Ankara.

[57] Akkaş, F., (2011). Lif Katkılı Kerpiç Panel Duvar Üretilme Olanaklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[58] Çiçek, Y. E., (2002). Pişmiş Toprak Tuğla, Bimsbeton, Gazbeton ve Perlitli Yapı Malzemelerinin Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırmalı

Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[59] Zal, B., (2010). Zeolit, Tras ve Uçucu Kül İle Tuğla Üretimi ve Standard Tuğla İle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

[60] Kılıç, M., (2010), "Amaç Dışı Arazi Kullanımının Çevre ve Kalkınma Üzerine Etkileri: Çorum İli Toprak Sanayi İşletmeleri Örneği", Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi VI. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, 3-5 Kasım 2010, Ankara.

[61] Sev, A., (2009). Sürdürülebilir Mimarlık, Birinci Baskı, Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.

EK-A

TUĞLA ÖLÇÜM RAPORLARI

Turgutlu ilçesi tuğla üretim tesisinden alınan veriler gösterilmektedir.

Tablo 1. Emisyon Kaynakları ve Bu Kaynaklarda Ölçümü Gerçekleştirilen Parametreler

No/Kod	Emisyon Kaynağı	Parametre						
		CO*	NO_x	SO_2	Toz	CO_2	O_2	Nem
1	Fırın bacası 1	X	X	X	X	X	X	X
2	Fırın bacası 2	X	X	X	X	X	X	X
3	Fırın bacası 3	X	X	X	X	X	X	X
4	Buhar kazanı	X	X	X	X	X	X	X

Tablo 2. Yakma Sistemleri ve Özellikleri

Yakma sistemleri	Isıl Gücü MW	Yakıt türü	Yakıt Miktarı (m3/saat)	Alt ısıl değer(kcal/kg)
Fırın bacası 1	5,02	Kömür	781,25	5535
Fırın bacası 2	5,02	Kömür	781,25	5535
Fırın bacası 3	5,02	Kömür	781,25	5535
Buhar kazanı	9,55	Kömür	1487,5	5535
Toplam	**24,62**		3831,25	

Tablo 3. Isıl gücü olan Proses Sistemleri ve Özellikleri

Isıl gücü olan proses sistemi bulunmamaktadır.

Tablo 4.Tesiste Gerçekleştirilen Emisyon Ölçüm Sonuçları ve SKHKK Yönetmeliği Ek-5 Sınır Değerleri

Kod	Parametre (mg/Nm^3)									
	CO		NO		NO_2		SO_2		Toz	
	Ort.	S.D.	Ort.	S.D.	Ort.	S.D.	Ort.	S.D.	Ort.	S.D.
Fırın bacası 1	68	200	35	800	56	800	960	2000	21,3	150
Fırın bacası 2	66	200	41	800	66	800	663	2000	18,2	150
Fırın bacası 3	61	200	39	800	63	800	701	2000	16,5	150
Buhar kazanı	57	200	36	800	59	800	703	2000	18,1	150

Tablo 5.Tesiste Gerçekleştirilen Emisyon Ölçüm Sonuçları ve SKHKK Yönetmeliği Ek-1 Sınır Değerleri

Kod	Toz(mg/Nm^3)	
	Ortalama	Sınır değer
Fırın bacası 1	21,3	170,5
Fırın bacası 2	18,2	173,5
Fırın bacası 3	16,5	172,8
Buhar kazanı	18,1	172,8

4. ÖLÇÜM SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Ölçüm Sonuçları

Tablo 1. 1 No'lu Emisyon Kaynağı: Pişirme Fırın Bacası 1 Özelliği ve Ölçüm Sonuçları

	1.ÖLÇÜM	2.ÖLÇÜM	3.ÖLÇÜM	ORTALAMA	SINIR DEĞER
Ölçüm Tarihi	08.10.2012	08.10.2012	08.10.2012		
Atmosfer Basıncı (mbar)	1001,5	1001,5	1001,5		
Gaz Sıcaklığı (°C)	280,72	277,93	307,77	288,81	
Gaz Hızı (m/sn)	6,18	7,83	4,80	6,27	
Baca Kesiti (m^2)	0,283	0,283	0,283		
Gaz Debisi (m^3/saat)	6.287,28	7.965,93	4.883,33	6.378,85	
Gaz Debisi (Nm^3/saat)	2.353,63	2.997,13	1.742,92	2.364,56	
HCl Konsantrasyonu (mg/Nm^3)	<L.D.*	<L.D.*	<L.D.*		-**
HCl Emisyonu (g/saat)	-	-	-	-	300[1]
HF Konsantrasyonu (mg/Nm^3)	0,0041	0,0031	0,0025	0,0032	-**
HF Emisyonu (g/saat)	0,01	0,01	0,004	0,01	50[1]

Not: Debi değerleri SKHKKY Ek-6.2'de belirtildiği şekilde kuru bazda ve ıslak bazda verilmiş olup, konsantrasyon değerleri kuru bazda verilmiştir.

1 SKHKKY EK-7 Tablo 7.2.1 gereğince

* Bu ünitede yapılan ölçümler neticesinde HCl konsantrasyonu analiz yapılan cihazının hassasiyet (Limit) değerinden düşük olduğu tespit edilmiştir. (Limit Değer: HCl için 0 ppm) küçük olduğu tespit edilmiştir.

**SKHKKY EK-7 Tablo 7.2.1 gereğince HF II. sınıf, HCl III.sınıf inorganik buhar ve gazdır. SKHKKY Ek-7 Tablo 7.2.1 gereğince II. Sınıf inorganik buhar ve gazlarda 50 g/saat'in, III. Sınıf inorganik buhar ve gazlarda 300 g/saat'in altındaki emisyon debileri için konsantrasyon sınır değeri uygulanmamaktadır.

Tablo 2. 2 No'lu Emisyon Kaynağı: Pişirme Fırın Bacası 2 Özelliği ve Ölçüm Sonuçları

	1.ÖLÇÜM	2.ÖLÇÜM	3.ÖLÇÜM	ORTALAMA	SINIR DEĞER
Ölçüm Tarihi	08.10.2012	08.10.2012	08.10.2012		
Atmosfer Basıncı (mbar)	1001,5	1001,5	1001,5		
Gaz Sıcaklığı (°C)	253,45	234,01	230,30	239,25	
Gaz Hızı (m/sn)	7,33	6,85	5,81	6,66	
Baca Kesiti (m^2)	0,283	0,283	0,283		
Gaz Debisi (m^3/saat)	7.457,25	6.968,92	5.910,86	6.779,01	
Gaz Debisi (Nm^3/saat)	3.039,43	2.949,31	2.519,97	2.836,24	
HCl Konsantrasyonu (mg/Nm^3)	<L.D.*	<L.D.*	<L.D.*		-**
HCl Emisyonu (g/saat)	-	-	-	-	300[1]
HF Konsantrasyonu (mg/Nm^3)	0,0066	0,0059	0,0056	0,0060	-**
HF Emisyonu (g/saat)	0,02	0,02	0,01	0,02	50[1]

Not: Debi değerleri SKHKKY Ek-6.2'de belirtildiği şekilde kuru bazda ve ıslak bazda verilmiş olup, konsantrasyon değerleri kuru bazda verilmiştir.

1 SKHKKY EK-7 Tablo 7.2.1 gereğince

* Bu ünitede yapılan ölçümler neticesinde HCl konsantrasyonu analiz yapılan cihazının hassasiyet (Limit) değerinden düşük olduğu tespit edilmiştir. (Limit Değer: HCl için 0 ppm) küçük olduğu tespit edilmiştir.

**SKHKKY EK-7 Tablo 7.2.1 gereğince HF II. sınıf, HCl III.sınıf inorganik buhar ve gazdır. SKHKKY Ek-7 Tablo 7.2.1 gereğince II. Sınıf inorganik buhar ve gazlarda 50 g/saat'in, III. Sınıf inorganik buhar ve gazlarda 300 g/saat'in altındaki emisyon debileri için konsantrasyon sınır değeri uygulanmamaktadır.

Tablo 3. 3 No'lu Emisyon Kaynağı: Pişirme Fırın Bacası 3 Özelliği ve Ölçüm Sonuçları

	1.ÖLÇÜM	2.ÖLÇÜM	3.ÖLÇÜM	ORTALAMA	SINIR DEĞER
Ölçüm Tarihi	08.10.2012	08.10.2012	08.10.2012		
Atmosfer Basıncı (mbar)	1001,5	1001,5	1001,5		
Gaz Sıcaklığı (°C)	385,72	339,33	317,18	347,41	
Gaz Hızı (m/sn)	6,27	6,89	6,33	6,50	
Baca Kesiti (m^2)	0,283	0,283	0,283		
Gaz Debisi (m^3/saat)	6.378,85	7.009,61	6.439,89	6.609,45	
Gaz Debisi (Nm^3/saat)	1.994,21	2.357,42	2.247,10	2.199,58	
HCl Konsantrasyonu (mg/Nm^3)	<L.D.*	<L.D.*	<L.D.*		-**
HCl Emisyonu (g/saat)	-	-	-	-	300[1]
HF Konsantrasyonu (mg/Nm^3)	0,0106	0,0094	0,0066	0,0088	-**
HF Emisyonu (g/saat)	0,02	0,02	0,01	0,02	50[1]

Not: Debi değerleri SKHKKY Ek-6.2'de belirtildiği şekilde kuru bazda ve ıslak bazda verilmiş olup, konsantrasyon değerleri kuru bazda verilmiştir.

1 SKHKKY EK-7 Tablo 7.2.1 gereğince

* Bu ünitede yapılan ölçümler neticesinde HCl konsantrasyonu analiz yapılan cihazının hassasiyet (Limit) değerinden düşük olduğu tespit edilmiştir. (Limit Değer: HCl için 0 ppm) küçük olduğu tespit edilmiştir.

**SKHKKY EK-7 Tablo 7.2.1 gereğince HF II. sınıf, HCl III.sınıf inorganik buhar ve gazdır. SKHKKY Ek-7 Tablo 7.2.1 gereğince II. Sınıf inorganik buhar ve gazlarda 50 g/saat'in, III. Sınıf inorganik buhar ve gazlarda 300 g/saat'in altındaki emisyon debileri için konsantrasyon sınır değeri uygulanmamaktadır

4.2. Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bloksan Kiremit Tuğla Reks Asmolen Blok Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi Turgutlu Şubesi'nin 2012/345 nolu raporuna ait değerlendirme aşağıda verilmiştir.

4.2.1. SKHKKY EK–1: İşletmeler İçin Hava Emisyonu Esas ve Sınır Değerleri Değerlendirmesi

İnorganik Gaz ve Buhar Emisyonları

Tablo 7.2.1.'de I, II, III ve IV olarak sınıflandırılan, proses, depolama, nakil vb işlemlerden atılan veya kaçan atık gazlarda bulunan organik bileşiklerin buhar ve gaz biçimindeki emisyonları, aynı sınıftan birden fazla bileşik bulunsa dahi, bunların toplam emisyonları, aşağıdaki değerleri aşamaz

İnorganik Buhar ve Gaz Emisyonları sınır değerleri (Tablo 7.2.1)

I'inci sınıfa giren inorganik bileşiklerin emisyonu (10 g/saat veya üzerindeki emisyon debileri için) : 1 mg/Nm^3

II'inci sınıfa giren inorganik bileşiklerin emisyonu (50 g/saat veya üzerindeki emisyon debileri için) : 5 mg/Nm^3

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Neslihan AKIN

Doğum Tarihi ve Yeri : 02.02.1989 / İzmir

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : neslihanbardak89@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Lisans	Mimarlık	Anadolu Üniversitesi	2012
Lise	Sayısal	Turgutlu Anadolu Lisesi	2007

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	**Firma/Kurum**	**Görevi**
2014-2017	DOME+Partners	Ekip Mimarı