



**YAPI KİMYASALLARININ ÇEVRESEL
ETKİLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ
DEĞERLENDİRME KAPSAMINDA
İRDELENMESİ**

Caner ÖZERCAN

Yüksek Lisans Tezi

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Füsun EKMEKYAPAR
2020**

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YAPI KİMYASALLARININ ÇEVRESEL ETKİLERİNİN YAŞAM
DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME KAPSAMINDA İRDELENMESİ**

CANER ÖZERCAN

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Doç. Dr. Füsun EKMEKYAPAR

TEKİRDAĞ-2020

Her hakkı saklıdır.



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Caner ÖZERCAN

Doç. Dr. Füsun EKMEKYAPAR danışmanlığında, Caner ÖZERCAN tarafından hazırlanan “Yapı Kimyasallarının Çevresel Etkilerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirme Kapsamında İrdelenmesi” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 15/01/2020 tarihinde Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Doç. Dr. Füsun EKMEKYAPAR

İmza:

Üye : Doç. Dr. Gül KAYKIOĞLU

İmza:

Üye : Doç. Dr. Atakan ÖNGEN

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans

YAPI KİMYASALLARININ ÇEVRESEL ETKİLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME KAPSAMINDA İRDELENMESİ

Caner ÖZERCAN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Füsun EKMEKYAPAR

Nüfusun artması, insanların tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve ihtiyaçlarının artmasıyla çevre problemleri ortaya çıkmaktadır. Günümüzde çevreye yapılan tahribatın boyutları genişlemekte dolayısıyla çevre problemleri giderek daha fazla kamuoyunun dikkatini çekmektedir. Bu nedenlerle, çevreyle ilgili politikalar her geçen gün gelişmektedir. Sürdürülebilirlik kavramı, böylece ortaya çıkmıştır ve yapı sektörünü de etkilemektedir. Yapı kimyasallarının yaşamları boyunca çevreye olumsuz etkileri olmaktadır. Çevreye dost yaklaşımlarla binaların üretilmesi ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) böylece ortaya çıkan, malzemelerin ya da hizmetlerin yaşam boyunca tüm aşamalarındaki çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için kullanılan bir yöntemdir.

Tez kapsamında; dünyada ve Türkiye’de en fazla kullanılan ısı yalıtım malzemeleri yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi kullanılarak irdelenmiştir. Bu malzemeler; Taşyünü, Cam Yünü, Ekstrüde Polistiren Köpük (XPS), Genleştirilmiş Polistiren Köpük (EPS) ve Poliüretan Köpüktür (PUR). Bu ısı yalıtım malzemelerinin yaşam döngülerinde hammadde elde edilmesi, üretim, kullanım, ulaşım ve atık olarak bertaraf gibi farklı aşamalarda çevreye salınan atık ve emisyonları değerlendirilmiştir.

Yapı sektöründe kullanılan kimyasallara ilişkin çevresel etkiler esas olarak üretim ve hammadde elde edilmesinden kaynaklanmakta; en önemli etkiler arasında enerji tüketimi ve sera gazı salınımları bulunmakta, malzemeye bağlı olarak hammadde tüketimi ve atık oluşumu da önem arz etmektedir. Buna göre sera gazı salınımları bakımından CO₂ eşdeğeri dikkate alındığında: Poliüretan > EPS > XPS > Cam Yünü > Taş Yünü olarak ortaya çıkmaktadır. İrdelenen bu kimyasalların 2019 yılı birim maliyetleri dikkate alındığında ise; geri ödeme süresi 8,4 yıl ve aylık net tasarruf miktarı 49,79 TL/m² ile XPS en yüksek değere sahiptir. En düşük aylık tasarruf miktarı ise 48,18 TL/m² olarak taş yünü ve cam yünü malzemelerinden sağlanmaktadır

Anahtar kelimeler: Yapı sektörü, Kimyasallar, Yaşam döngüsü değerlendirme, Karbondioksit salınımı

2020, 99 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

EXAMINATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS OF CONSTRUCTION CHEMICALS IN THE SCOPE OF LIFE CYCLE ASSESSMENT

Caner ÖZERCAN

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Füsün EKMEKYAPAR

Many factors such as population growth, changing in consumption habits of people and increasing their needs have caused environmental problems. Nowadays, the extent of the destruction to the environment is expanding, so environmental problems attract the attention of the public. For these reasons, environmental policies have also started to be developed. The concept of sustainable development emerged with this awareness and started to affect the construction sector. Building materials have had negative effects on the environment throughout their lives. It is necessary to produce buildings with environmental sensitive approaches and to evaluate their environmental impacts. Life Cycle Assessment (LCA) is a method used to assess the environmental impact of materials or services at all stages of life.

In the concept of thesis; thermal insulation materials widely used in the world and in Turkey were examined by using life cycle assessment method. These materials; Stone Wool, Glass Wool, Extruded Polystyrene Foam (XPS), Expanded Polystyrene Foam (EPS) and Polyurethane Foam (PUR). In the life cycles of these thermal insulation materials are evaluated released emission to the environment at different stages such as raw material supply, production, use, transportation and waste disposal. The environmental impacts of the chemicals used in the construction sector mainly arise from the production and raw material supply stages; energy consumption and greenhouse gas emissions are among the most important impacts, raw material consumption and waste generation depending on the material is also noteworthy. Accordingly, when considering the CO₂ equivalent in terms of greenhouse gas emissions: Polyurethane > EPS > XPS > Glass Wool > Stone Wool emerges. When the unit costs of these chemicals in 2019 are taken into consideration; with a refund period of 8.4 years and a monthly net savings of 49.79 €/m², XPS has the highest value. The lowest monthly savings amount is 48,18 €/m² from stone wool and glass wool materials.

Key words: Construction sector, Chemicals, Life cycle assessment, Carbon dioxide emission

2020, 99 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	vi
ŞEKİL DİZİNİ	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	viii
TEŞEKKÜR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı.....	2
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Dünyada Yapı Sektörünün Mevcut Durumu	4
2.2. Türkiye’de Yapı Sektörünün Mevcut Durumu.....	4
2.3. Yapı Kimyasallarında Mevcut Durum.....	5
2.4. Yapı Sektöründe Sürdürülebilir Çevre	6
2.5. Yapı Malzeme Akışı ve Yeşil Binalar	8
2.6. Sürdürülebilir Kalkınma	10
2.7. Sürdürülebilirliğin Bileşenleri	11
2.8. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi.....	13
2.9. YDD’nin Tarihçesi	14
2.10. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Aşamaları	15
2.10.1. YDD’ nin Amaç ve Kapsam Aşaması	17
2.10.2. YDD’ nin Envanter Analizi Aşaması	17
2.10.3. YDD’ nin Etki Değerlendirme Aşaması.....	19
2.10.4. Yorumlama Aşaması	21
2.11. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Kısıtları.....	22
2.12. YDD Kullanım Alanları	22
2.13. Yapı Sektöründe YDD Yönteminin Kullanımı	23
2.14. Yapı Ürünlerinin YDD Yönteminin Uygulama Sınırları	24
2.14.1. Beşikten Beşiğe Yaklaşımı	25
2.14.2. Beşikten Mezara Yaklaşımı.....	25
2.14.3. Beşikten Kapıya Yaklaşımı	25
2.15. Yapı Sektöründe Yapılan YDD Örnekleri.....	25

3. YAPI ÜRÜNLERİNİN TANIMI VE ÇEVRESEL ETKİLERİ.....	27
3.1. Yapı Ürünlerinin Tanımı ve Sınıflandırılması.....	27
3.1.1. Yapı Ürünlerinin Özellikleri.....	27
3.2. Kimyasal Madde Tanımı	28
3.3. Yapı Sektöründe Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	29
3.4. Yapı Ürünlerinin ve Kimyasallarının Çevresel Etkileri	32
3.4.1. Yapılarda Kullanılan Kimyasalların İnsanlara Etkileri	37
3.4.2. Yapı Ürünlerinin ve Kimyasalların İç Hava Kirliliği Oluşturması	37
3.5. Yapı Ürünlerinin ve Kimyasallarının Çevresel Etkilerinin Azaltılması.....	39
3.5.1. Geri Dönüşüm Potansiyeli Yüksek Olan Malzemelerin Kullanılması.....	39
3.5.2. Yerel Olarak Üretilen Malzemelerin Kullanılması.....	40
3.5.3. Sertifikalı Malzeme Kullanılması.....	40
3.5.4. Minimum İşlenmiş Malzemelerin Kullanılması.....	40
3.5.5. Çevreye Zararlı Etkileri Daha Az Olan Ürünlerin Seçimi.....	41
3.5.6. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Üretilen Malzemelerin Tercih Edilmesi.....	41
3.6. Yapı Malzemelerinin Geri Dönüşüm Potansiyelleri.....	42
3.7. Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Süreci	47
3.7.1. Hammaddenin Elde Edilmesi	48
3.7.2. Hammaddenin Taşınması	49
3.7.3. Ürün Üretim Aşaması	49
3.7.4. Ürünün Uygulanması.....	51
3.7.5. Ürünün Kullanımı.....	52
3.7.6. Yok Edilme Aşaması	53
3.7.7. Yeniden Kullanım ve Geri Dönüşüm	54
3.8. Yapı Malzemelerin Enerji Etkinliği.....	54
3.9. Binalarda Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri	56
4. YAPI SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL ETKİLERİN MEVCUT UYGULAMALAR ÜZERİNDEN İNCELENMESİ	59
4.1. Taş Yününün YDD İncelenmesi.....	59
4.2. Cam Yününün YDD İncelenmesi	62
4.3. Ekstrüde Polistiren (XPS) YDD İncelenmesi.....	64
4.4. Genleştirilmiş Polistiren (EPS) YDD İncelenmesi	67
4.5. Poliüretan YDD İncelenmesi	69
4.6. Maliyet Analizi	72

5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	77
KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	86



ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. LEED Sertifikası Alan Ülkeler.....	8
Çizelge 2.2. Sürdürülebilirliğin Faydaları	13
Çizelge 2.3. Etki Sınıflarının Olası Sınıf Göstergeleri ve Uç Noktaları.....	20
Çizelge 3.1. Yapı Sektöründe Kullanılan Kimyasalların NACE Kod ve Tanımları	29
Çizelge 3.2. Binalarda Kullanılan Temel Yapı Malzemeleri ve Kimyasallar	30
Çizelge 3.3. Yapı Sektöründe Ortaya Çıkan Atık Türleri ve Çevreye Etkileri	33
Çizelge 3.4. Yapı Ürünlerinden Kaynaklanan Kirleticiler ve Kullanıcı Sağlığına Etkileri	35
Çizelge 3.5. Yapı Malzemeleri Çevresel Etki Kategorileri	36
Çizelge 3.6. Yapı Ürünlerinden Kaynaklanan Kirleticiler	38
Çizelge 3.7. Yapı Malzemeleri/Bileşenlerinin Geri Kazanım İşlemleri ve Kullanım Alanları.....	43
Çizelge 3.8. Bazı Yapı Ürünlerinin Üretiminde Salınan ve Depolanan Karbon Emisyonları	50
Çizelge 3.9. Bazı Yapı Ürünlerinin Üretiminde Gerekli Enerji Miktarları	50
Çizelge 3.10. Yapıların Sebep Olduğu Çevresel Kirlilik Oranları	52
Çizelge 3.11. Genel Yapı Malzemelerinin İçerilmiş Enerjileri	55
Çizelge 3.12. Isı Yalıtım Malzemelerinin Yapıldığı Hammaddeye Göre Sınıflandırılması.	57
Çizelge 3.13. Türkiye ve Bazı Avrupa Ülkelerinde Kullanılan Kişi Başı Isı Yalıtım Malzemeleri Tüketim	58
Çizelge 4.1. Taş Yününün Fiziksel Özellikleri.....	59
Çizelge 4.2. Taş Yünü Envanter Verilerinin Seçilen Etki Kategorilerine Göre Sınıflandırılması	60
Çizelge 4.3. 1m ² K/W Isı Yalıtımı Sağlayan Taş Yününün Yaşam Döngüsü Boyunca Envanter Analizi	60
Çizelge 4.4. 1m ² K/W Isı Yalıtımı Sağlayan Taş Yünü Kaynaklı Temel Çevresel Etkiler	61
Çizelge 4.5. Cam Yününün Özellikleri	62
Çizelge 4.6. 1 m ² Cam Yünü İçin Yaşam Döngüsü Envanteri	63
Çizelge 4.7. 1 m ² K/W Isı Yalıtımı Sağlayan Camyününün Yaşam Döngüsü Boyunca Temel Çevresel Etkileri	63
Çizelge 4.8. XPS'in Fiziksel Özellikleri.	64
Çizelge 4.9. 0,1 m ³ XPS'in Yaşam Döngüsü Envanter Verileri	65
Çizelge 4.10. 0,1 m ³ XPS'in Yaşam Döngüsü Boyunca Neden Olduğu Temel Çevresel Etkiler	66
Çizelge 4.11. Genleştirilmiş Polistirenin (EPS) Fiziksel Özellikleri.	67
Çizelge 4.12. 1 m ² K/W Isı Yalıtımı Sağlayan EPS'nin Yaşam Döngüsü Envanter Verileri	67
Çizelge 4.13. 1 m ² K/W Isı Yalıtımı Sağlayan EPS' nin (0,64 kg) İnşaat Aşamasına Kadar Temel Çevresel Etkileri	68
Çizelge 4.14. Poliüretan Fiziksel Özellikleri.....	70
Çizelge 4.15. 1 kg Poliüretan İçin Yaşam Döngüsü Envanteri	70
Çizelge 4.16. 1 m ² K/W Isı Yalıtımı Sağlayan Poliüretanın Yaşam Döngüsü Boyunca Neden Olduğu Çevresel Etkiler	71
Çizelge 4.17. Dış Duvar Bileşenlerinin Özellikleri.....	72
Çizelge 4.18. Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri ve Güncel Fiyatları	73
Çizelge 4.19. Doğal Gazın Alt Isıl Değeri, Güncel Fiyat, Yakma Verimi ve Edirne İlinin Derece Gün Sayısı	73
Çizelge 4.20 Güncel Faiz, Enflasyon Oranları ve Zaman	74
Çizelge 4.21. Isı Yalıtım Malzemelerinin Maliyet Analizi	76

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1.Yapı Ürünleri Malzeme Akışı	9
Şekil 2.2. Sürdürülebilirliğin Bileşenleri	12
Şekil 2.3. YDD Yönteminde Beşikten Mezara Yaklaşımı	14
Şekil 2.4. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin Aşamalarının Birbiriyle Olan İlişkisi	16
Şekil 2.6. Yapı Ürünü Oluşturan Birim İşlemler	19
Şekil 3.1. Yapı Malzemelerinin Yıllık Tüketim Yüzdeleri	31
Şekil 3.3. Yapı Ürününün Yaşam Döngüsü	48



SİMGELER VE KISALTMALAR

R	:Isıl Direnç
λ	:Isı İletkenlik Değeri
W	:Watt
PVC	: Polivinilklorür
XPS	:Ekstrüde polistren
YDD	:Yaşam Döngüsü Değerlendirme
LEED	:Leadership in Energy and Environment Design
BEES	:Building for Environmental and Economic Sustainability
VOC	:Uçucu Organik Bileşik
CFC	:Kloroflorokarbon
VCM	:Vinilklorür monomerine
HCFC	:Hidrokloroflorokarbon
AKM	:Askıda Katı Madde
BOİ	:Biyolojik Oksijen İhtiyacı
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
PM 10	:Partiküler Madde
MJ	:Mega Joule
GJ	:Giga Joule
Hu	:Alt Isıl Değeri
η	:Yakma Isıl Verimi
EPS	:Genleştirilmiş Polistiren
pp	: Geri Ödeme Süresi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TÜFE	: Tüketici Fiyatları Endeksi
TCMB	: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren ve deneyimlerini paylaşan değerli hocam Doç. Dr. Füsün EKMEKYAPAR'a, yardımlarını esirgemeyen ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli aileme ve arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak, 2020

Caner ÖZERCAN
Çevre Mühendisi



1. GİRİŞ

İnsan ve doğa hayatını denge içinde sürdürebilmektedir. Fakat dünya nüfusunun anormal bir derece artışıyla ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte insanların alışkanlıkları da değişmiş, kontrolsüz göçler meydana gelmiştir. Çevreyle olan ilişki önemsenmeyerek kontrolsüz nüfus artışlarıyla beraber şehirlerdeki nüfus da artmış ve doğayla olan ilişkiler giderek bozulmuştur. Böylelikle barınma probleminin baş göstermeye başlamasıyla yapı sektöründe etkilenmeye başlamıştır. Yapı sektöründe bu orantısız büyüme de çevreyi ve insanları olumsuz bir şekilde etkilemiştir. Yapı ürünlerinin üretilmesi için gerekli olan fosil yakıtlar hava kirliliğine, zehirli gaz içeren malzemelerin kullanımı sera gazı salınımlarıyla küresel ısınmaya sebep olabilmektedir.

Dünya genelinde çevresel zararların hemen hemen yarısı yapı sektöründen kaynaklanmaktadır. Özellikle ülkemizde yapı kimyasalları sektörü, imalat sanayisi içerisinde de %12-13, ülke sanayisi içerisinde ise %10'luk bir orana sahiptir.

İnşaat Sektörünün büyük ekonomik ve çevresel etkilerinden dolayı konut ve ticari yapıların yaşam döngüsü performanslarının daha iyi anlaşılmasına ve bu yapıların küresel ısınma potansiyelinin azaltılmasına yönelik yöntemlerin geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Yapıların yapımı, işletilmesi ve yıkımların için gerekli olan enerji ve kaynakları içeren tüm yaşam döngüsü çevresel performansının dikkate alınması gereklidir. YDD yöntemi ürünün hammaddesinin elde edilmesinden başlayarak geri dönüştürülmesini içine alan bir sistem olarak kullanılmaktadır. Bu sayede artmakta olan çevre hassasiyetine paralel olarak teknoloji ve yaşam seviyelerindeki gelişmeler neticesinde bütün projelerin topluma maliyeti, performansı gibi geleneksel parametrelere ilave olarak doğal kaynaklarının kullanımı ve küresel çevre problemlerine neden olma olasılığı gibi faktörler üzerinde henüz karar aşamasındayken müdahale etme şansı elde edilebilmektedir.

Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) ile ürün veya sistem içindeki malzeme ve enerji miktarının hesaplanması sağlanırken aynı süreçte bunlarla ilişkili çevresel etkiler de ölçülebilmektedir. YDD ile ürünlerin ne kadar maliyeti olduğunu ve hangi ürünün daha yararlı olacağını belirleyen bir araç olarak kabul edilmektedir. En büyük avantajı ise alınan kararların bilimsel verilerle desteklenmesidir.

Yapı Sektöründe bu yöntemin uygulanması incelendiğinde yapı malzemeleri, tek bir binaya ya da binalar grubuna doğrudan uygulanabilmektedir. Binalar diğer ürünlere benzemediği için değerlendirmenin uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Binaların uzun yaşam ömürlerinden dolayı değerlendirme sonuçlarını etkilediği görülmüştür. Yapıların belli alanlarda kurulması nedeniyle o alanın özelliklerine göre çevresel etkilerde farklılık oluşmaktadır. Yapılarda kullanılan kimyasalların çevresel etkileri ve insana olan etkilerinden bahsedilmiştir. Yapılarda kullanılan kimyasalların amacı binadaki mukavemet ve durabilite olanaklarını arttırmaktır. Hemen hemen yapı ürünlerinin hepsinde kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Yapılarda en çok kullanılan kimyasallar beton katkı maddeleri, seramik yapıştırıcılar, mantolama ürünleri, boyalar ve derz dolgulardır. Genel olarak kimyasal maddeler hammadde temini ve üretim aşamasında çevreye en fazla zararının olduğu kısımlardır. Yapı kimyasallarında sentetik madde çokça kullanılmaktadır. Bu maddeler doğaya ve insan sağlığına son derece tehlikeli olabilmektedir.

Tez çalışmasının amacı, yapı malzemelerinin yaşam döngüleri süresince neden olabileceği çevresel etkilerinin değerlendirilmesidir. Bu amaçla tez çalışmasında, yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi YDD yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Dünyada ve Türkiye’de yapı malzemeleri için yapılan güvenilir kaynaklar ve akademik kurumlar tarafından gerçekleştirilmiş YDD çalışmaları özetlenmiş ve ilgili sonuçlar paylaşılmıştır.

1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

En az çevresel etkiye sahip yapı malzemesi üretimi, yapı sektörünün önemli amaçlarından biri olmalıdır. Yapıların yaşam döngüleri boyunca her aşamada, çevre üzerinde bazı olumsuz etkilerinin olması kaçınılmazdır. Bu etkilerin ortaya çıkışında ise, o yapıda kullanılan yapı malzemesinin önemli etkileri bulunmaktadır. Bu sebeple yapılarda kullanılan yapı ürünlerinin fiziksel, mekanik ve kimyasal vs. özelliklerinin yanında çevresel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Yapı ürünlerinin seçimi çevrenin sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Yapı ürünlerinin yaşam döngüsünde çevreye etkileri incelenerek bilinçli seçim yapılarak çevrenin sürdürülebilirliğine katkıda bulunacaktır. Yapılarda kullanılan kimyasallardan kaynaklanan kirleticiler insan sağlığına ve doğaya zarar vermektedir. Kullanılan bu kimyasalların etkilerinin en aza indirilmesi amaçlanmaktadır. Mühendisler, mimarlar, yükleniciler vb. karar vericilerin bir yapı malzemesi seçerken o malzemenin hammadde temininden bertarafına kadar her aşamadaki etkilerini bilerek karar

almaları amaçlanmaktadır. Tavsiye edilen bu tarz bir sistemle yapı malzemesinin tercihinde maliyet, estetik gibi parametrelerin yanı sıra malzemelerin çevre performansları önemli bir parametre olmaktadır.

Bu inceleme çalışması yapı kimyasallarının özelliklerini, çevresel etkilerini ve geri kazanımlarını kapsamaktadır. Yapılarda kullanılan inşaat malzemeleri ve yapı kimyasallarına değinilmiştir. Yapı sektöründe kullanılan YDD yöntemleri ve dünyaca kabul edilmiş sürdürülebilir değerlendirme sistemleri incelenmiştir. Çalışmada ısı yalıtım malzemelerinin çevresel etkileri incelenmiştir. Bu şekilde malzemenin çevresel açıdan olumlu veya olumsuz yönlerinin belirlenmesi istenmektedir. Daha az çevresel etkiye sahip yapı üretimi için uygun malzeme seçiminde bu özelliklerin bilinmesi önemli katkı sağlamaktadır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Dünyada Yapı Sektörünün Mevcut Durumu

Küresel kentleşme yavaşlamakla birlikte artışını sürdürürken, ülkelerin yapı sektörü de uzun vadede artmaya devam etmektedir. Fakat kısa sürede küresel artışa yönelik endişeler, yapı sektörü görünümü üzerindeki riskleri dünya boyutunda arttırmaktadır. Küresel ticaretindeki muhafaza edici eğilimler finansal piyasalarının ve ekonomik karar alıcıların güvenini zarar verirken, konut başta olmak üzere yapı masraflarına yönelik kararların ertelenmesine neden olabilmektedir. Buna rağmen, belirsizlikler ve artan kısa vadeli riskler hükümetlerin altyapı yatırımlarının ertelenmesine neden olmaktadır. Bu faktörlerin katkısıyla, küresel yapı sektörü 2018 yılının sonunda kısa vadeli büyüme eğilimini korusa da kırılgan bir duruma sahiptir.

Yapı sektörü son zamanlarda dünyada pek çok ülkeyi etkilemiş olan ekonomik kriz sebebiyle daralmaya girmiştir. Fakat gelişmekte olan ülkelerde yapılara olan ihtiyaçlardan dolayı bu ülkeler büyümeyi sürdürebilmektedir. Yapı sektörünün durumu bulunduğu ülke ve coğrafyanın ekonomik-sosyal şartları içerisinde şekillenen farklı faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Gelecekte ise hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin yapı sektörlerinin ayrışan bir performansa sahip olacağı görülmektedir. Gelişmiş ülkelerin ekonomilerindeki büyümenin gelecekte dönemde, küresel ticarete muhafaza edici eğilimler, yaşlanmakta olan nüfus, düşen verimlilik eğilimiyle kriz öncesi dönemin altında kalacağı öngörülmektedir. Gelişmiş birçok ülkedeki yüksek borçlanma seviyesi, küresel yapı sektörü üzerindeki aşağıya doğru yönlü riskleri arttırmaktadır.

Gelişmiş ülkelerdeki yapı sektörünün önündeki kısıtlar, söz konusu ülkelerin ulaştığı gelişmişlik düzeyinin bir neticesi olarak değerlendirilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerdeki kısıtlar ise gelgeç elemanlara bağlanmaktadır. Gelişmiş ülkelerdeki yavaş büyüme hızları, gelişmekte olan ülkelerin ekonomilerine ve inşaat sektöründeki büyüme hızlarını etkilemektedir. Özetle, gelişmiş ekonomilerdeki belirsizlikler ve risklerden dolayı gelişmekte olan ülkeler her ne kadar inşaat sektöründe büyüme potansiyelleri olsa da kısa vadeli zorluklarla karşılaşmaktadırlar (KPMG, 2019).

2.2. Türkiye’de Yapı Sektörünün Mevcut Durumu

Türkiye’de yapı sektörü lokomotif sektörlerden biri olarak adlandırılmakta ve özellikle büyükşehirler ciddi bir yapı üretimi merkezleri haline gelmektedir. Sera etkilerinin hissedilmesi

ile ısıtma ve soğutma maliyetleri, yapıların kullanım evresi maliyetleri açısından önemli girdiler oluşturduğundan, son dönemlerde yapı firmaları yeşil bina, akıllı bina, sertifikalı bina etiketleri altında hem çevreci hem de maliyet-etkin yapılar üretmektedir. Ancak sadece kullanım evresinde değil, binalar üretim süreçleri ve kullanılan her bir yapı bileşenini oluşturan yapı malzemelerin üretim süreçleri boyunca da, hem çevreye verdikleri etkiler hem de maliyetler açısından irdelenmektedir. En basit yapının bile yüzden fazla alt bileşeni olduğu bilinmektedir.

Türkiye’de inşaat sektörü, genel ekonomik açıdan bir lider gösterge olmasının yanı sıra büyümenin itici gücünü oluşturmaktadır. Ancak son yıllardaki yavaşlama dışında sektörün yüksek büyüme hızıyla genel ekonomik büyümeye hem doğrudan hem de dolaylı olarak en önemli katkı yapan sektörlerdendir. Yapı sektörü, 2018 üçüncü çeyrekte ise 2017’nin aynı dönemine oranla yüzde 5,3 daralarak büyümeyi sınırlayan sektörlerden biri olmuştur. Türk yapı sektörünün uzun dönemli eğilimlerine baktığımızda genel ekonomideki dalgalanmalara en fazla reaksiyon veren sektörlerden biri olduğu görülmüştür. Yapı sektörü, 2017 yılıyla birlikte genel ekonomik büyümeden daha yavaş büyümüştür. Yanı sıra yakın zamanda zayıflayan performans sebebiyle sektörün Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYH) içindeki payının da olumsuz bir seyir izlediği görülmüştür. İlerleyen yıllar içerisindeki hızlı daralmaya rağmen sektörün GSYH içindeki payı 2013-2014 döneminde hızlı bir şekilde artmıştır (KPMG, 2019).

2.3. Yapı Kimyasallarında Mevcut Durum

Yapı kimyasalları; inşaatların bütün aşamalarında ürünlerin kalitesini arttırmak, kullanımını kolaylaştırmak, doğabilecek problemleri önceden çözümlenmeye yönelik geliştirilmiş yüksek performanslı malzemeler olarak tanımlanmaktadır. Bu kimyasallar kimya endüstrisinin önemli bir bileşenidir. Yapı kimyasalları adında da anlaşılacağı gibi, inşaat faaliyetlerinde kullanılan, konut içi, konut dışı veya bina dışı kullanım alanı bulan kimyasal bileşiklerdir. Bu bileşikler kimya endüstrisinin özel bir ihtisas bölümüne aittir. Ülkemizde pazar payı giderek artan ve ekonominin lokomotif konumunda olan inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapı kimyasallarının yaygın olarak kullanımları kaliteyi ve yapıların dayanıklılığını artırır (Buhurcu, 2016).

Türkiye’de yapı sektöründe çok gelişmiş çimento ve hazır beton sanayisi mevcuttur. Günümüzde hızla gelişen teknolojilerle yapı sektöründe kullanılan hazır beton, hazır harç ve sıva üretilmiş bu malzemelerin her türlü hava koşulunda dayanıklılığı artırılmış, yalıtım özellikleri geliştirilmiş, hazırlama uygulama işlemleri daha pratik hale getirilmiştir. Bütün bu

süreçlerde en önemli katkı yapı kimyasalları tarafından sağlanmıştır. Yapı kimyasalları başlığı altında değerlendirilen malzeme grupları: Çimento harç ve beton katkıları, macun reçineli çimentolar, kimyasal karışimli hazır harçlar, mantolama ürünleri, hazır tutkal ve yapıştırıcılar, yanmayı ve su geçirmeyi önleyen müstahzarlar, cam macunları, boyacılıkta kullanılan dolgu ve sıvama ürünleri ile dış cephe hazır sıva, çimento esaslı seramik yapıştırıcı ve dolgulardır.

İnşaat sektöründe yaşanan çeşitli dalgalanmalara rağmen Türkiye 'de yapı kimyasalları sanayisi ve hızlı bir büyüme göstermektedir. Ülkemizde 2018 yılı itibari ile 318 firma yapı kimyasallarını üretmektedir. Bu kapsamda 2015, 2016 ve 2017 yıllarında artan yapı kimyasalları üretimi 2018 yılında %7,5 azalarak 4,54 milyon tona inmiştir. Son iki yılda yapı kimyasallarında üretim yapan firma sayısı da gerileme göstermiştir. Yapı kimyasalları 2014-2017 döneminde yurt içi pazarında hızlı bir büyüme yaşamıştır. Bu dönemde %75,0'e yakın büyüyerek 4,58 milyon tona ulaşmıştır. Daha sonra ise %10,2 küçülmüş ve 4,11 milyon tona inmiştir. Yapı sektöründe büyüme ve gelişme üretim ve talepten şekil almaktadır. Böylece yapı sektörünün mevcut büyüklüğü dikkate alındığında halen önemli bir gelişme potansiyeli olduğu görülmektedir (İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği [İMSAD], 2019).

2.4. Yapı Sektöründe Sürdürülebilir Çevre

Yapı ekolojisi; doğal kaynakların kullanımını azaltan enerji etkin yapı tasarımları gerçekleştirmek, yapı malzemelerinin üretiminde meydana gelen kirlilikten çok daha azına neden olmak, enerji üretiminde güneş ve yerel kaynakları kullanmak; doğal havalandırma, doğal aydınlatma gibi pasif sistemleri kullanmak, yenilenemeyen kaynakların kullanımından kaçınmak gibi temel hedefler ilke edinen yapı üretimidir. Bu bağlamda ekolojik yapı, yaşam süreci boyunca minimum düzeyde enerji harcayan, çevre ve insan sağlığına duyarlı, sürdürülebilir mimarlık kriterlerine uygun olarak tasarlanıp uygulanmış yapılardır.

Ekolojik yapı malzemelerini, dünyanın mevcut tükenebilir kaynaklarını en verimli şekilde kullanılarak üretilen ve çevreye etkisi en az olan yapı malzemeleri olarak tanımlanabilir. Yeşil bina malzemeleri olarak da adlandırılan 'Ekolojik Yapı Malzemeleri' metal, metal cevheri ve kömür gibi yenilenemeyen kaynakların limitlerinin korunmasını sağlamaktadır. Bu malzemeler geri dönüşümlü malzemelerden üretilmişlerdir ve kendileri yeniden değerlendirilebilmektedir. Yeşil yapı ürünleri kaynak yönetimi açısından yararlıdır.

Dünyada yeşil binalar üzerine tasarlanmış pek çok sertifika sistemi bulunmaktadır. İngiltere’de 1990’da ortaya çıkan sertifika sistemi en önemlisidir. Bina Çevre Değerlendirme Araştırma Kuruluşu (Building Research Establishment Environmental Assessment Method-BREEAM), Amerika Birleşik Devletleri’nde 1998’de ortaya çıkan Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik (Leadership in Energy and Environmental Design-LEED), gelişmiş ülkelerin 1998’de bir araya gelmesiyle kurulan Sürdürülebilir Çevre Yapısı için Uluslararası Girişim International (Initiative for Sustainable Built Environment- IISBE)’ dir. BREEAM’dan uyarlanarak Avustralya’da 2003’de oluşturulan Yeşil Bina Sistemi (Greenstar), Japonya’da 2004’de ortaya çıkan Kapsamlı Bina Çevre Değerlendirme Sistemi (Comprehensive Assessment for Building Environment Efficiency-CASBEE) ve Almanya’da 2009’da ortaya çıkan Alman Sürdürülebilir Bina Konseyi (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen-DGNB) en önemli sertifika sistemlerinden başında gelmektedir (İMSAD, 2019).

Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik (LEED) ABD’deki Çevre Dostu Binalar Konseyi tarafından geliştirilen bir dizi kriterler listesidir. Bu sistemde puanlama 6 kategoride yapılmaktadır; sürdürülebilir araziler, su kullanımında etkinlik, enerji ve atmosfer, malzeme ve kaynaklar, iç hava kalitesi, inovasyon ve tasarımıdır. Bu sisteme göre binalar dört ayrı alanda sertifika alabilmektedirler, bu sertifikalar; gümüş, altın ve platindir. LEED sertifikası ABD’de Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC)’ye yapılan başvuru üzerine sadece USGBC tarafından verilmektedir. USGBC tarafından hazırlanan ilk 10 ülke listesi ABD dışında dünyada sürdürülebilir bina tasarım, yapım ve işletmesi alanında önemli gelişmeler elde eden ve en çok LEED sertifikalı yeşil binalara sahip ülkeleri sıralamaktadır. ABD hariç dünyada toplam 7.797 proje ve 210 milyon metrekare brüt yapı alan LEED sertifikasına 2018 yılında sahip olmuştur. 167 ülkeye 96.275 adet sertifika verilmiştir.

Türkiye, sürdürülebilirlik hareketinin binalardan, yerleşimlere ve kentlere doğru yayılmasında ve pazarın dönüşümünde liderlik etmektedir. Türkiye LEED ve yeşil binalar konusuna bütünsel bir bakış açısıyla odaklanıp çevre ve insan sağlığı konularına öncelik vererek yeşil bina hedefine bir adım daha yaklaşılmasına yardımcı olmaktadır. Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK), yeni konut projelerinde uygulanmak üzere Türkiye koşullarına uygun sertifika sistemi ÇEDBİK-Konutu oluşturmaktadır. Türkiye’nin 2016 yılında dünyada en yaygın ve tanınan yeşil bina sertifika sistemi olan LEED sertifikası alan ilk 10 ülke arasında 8. olduğunu USGBC açıklamıştır. Aynı şekilde 2017 ve izleyen 2018 yıllarında Türkiye 245 bina ve 6,06 milyon metrekare büyüklük ile 8. sırada yer almıştır, brüt 10,90 milyon metrekare

LEED sertifikalı bina alanıyla 8. sıradan 6. sıraya yükselmiştir. Daha sonra iki basamak yükselerek, yıl sonunda toplamda 337 bina sertifika almıştır (İMSAD, 2019). LEED Sertifikası alan ülkeler ve Türkiye'nin sıralamadaki yeri "Çizelge 2.1"de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. LEED Sertifikası Alan Ülkeler (İMSAD, 2019)

Sıra	Ülkeler	2017		2018	
		Sertifikalı Brüt Alan Milyon Metrekare	Sertifikalı Toplam Bina Sayısı	Sertifikalı Brüt Alan Milyon Metrekare	Sertifikalı Toplam Bina Sayısı
1	ÇİN	47.16	1.211	68.83	1.494
2	Kanada	40.77	2.970	46.81	3.254
3	Hindistan	20.28	752	24.81	899
4	Brezilya	14.83	461	16.74	531
5	Güney Kore	6.66	106	12.15	143
6	Türkiye	6.06	245	10.90	337

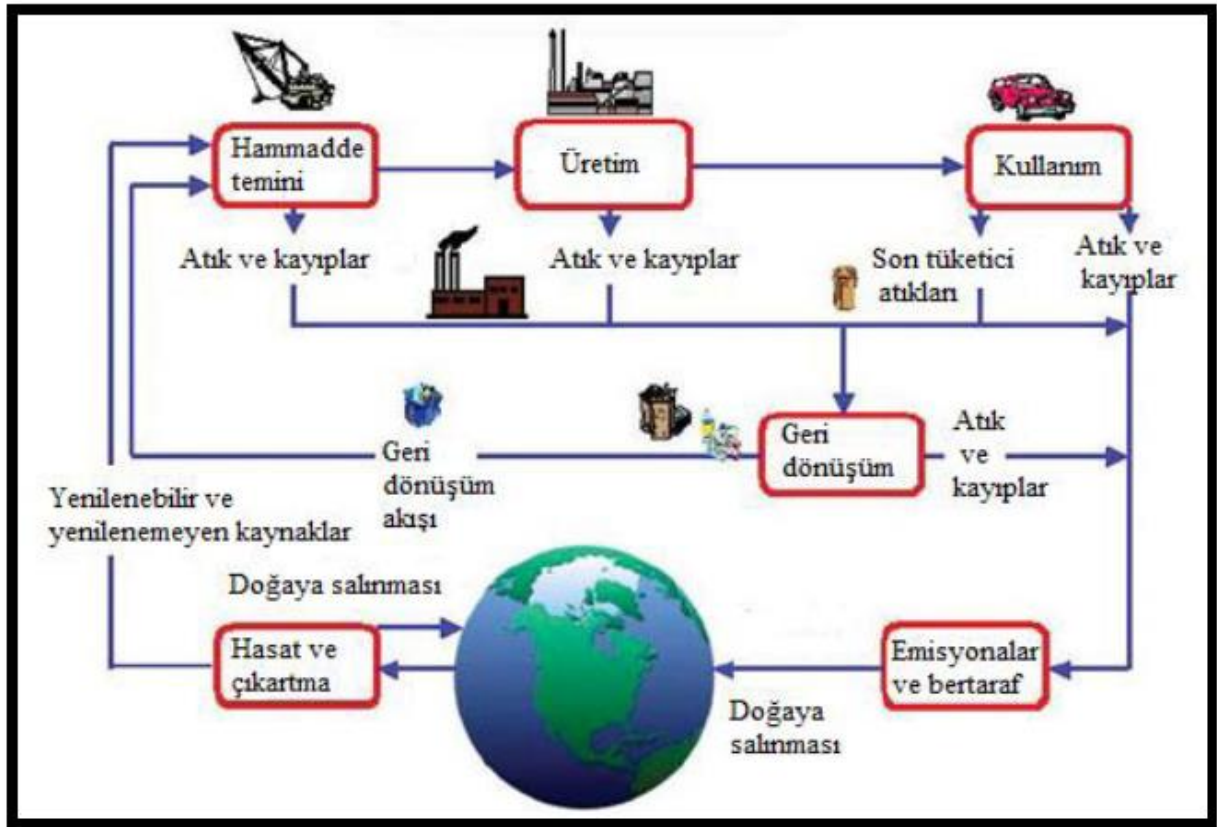
Uluslararası Finans Kurumu (International Finance Corporation-IFC)'nin bir yeniliği olan Yüksek Verimlilik İçin Tasarımda Mükemmellik (Excellence in Design For Greater Efficiencies-EDGE), gelişen pazarlarda yeşil binaların inşası ve marka haline gelmesinin finansal önemini kanıtlarken çevresel sorumluluğun akıllı işletme uygulamalarıyla bağlantısını ortaya çıkarmaktadır. Projelerin EDGE standardına ulaşması ve sertifikasyona hak kazanması için enerji, su ve malzeme alanlarında %20 verimliliği karşılamalıdır. Türkiye 'de EDGE sertifikasını 3 konut ve 1 hastane olmak üzere 4 bina almaya hak kazanmıştır (İMSAD, 2019).

2.5. Yapı Malzeme Akışı ve Yeşil Binalar

Malzemeler insanların temel yaşam koşullarını sürdürebilmesi için çıkarılmaktadır. Malzeme akış sistemi hammaddenin çıkarılmasında yok edilmesine kadar hangi işlemlerden geçtiğini belirtmektedir. Aslında gündelik hayatımızda kullandığımız yollar, binalar, altyapı

sistemleri vb. her şey malzeme akışının %60'ını kapsamaktadır. Bakım, onarım ve yıkım işlemleri tüm malzeme yaşam döngüsünde kullanılan enerjinin %16'sını içermektedir (Kaya, 2011).

Sürdürülebilir bir çevrenin elde edilmesinde, inşaat sektöründe uygulanan yöntem ve tekniklerin yanı sıra, inşaat sektörünün binalarda çevresel etkilerini azaltabilen malzeme ve bileşenlerinin kullanımı ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. “Şekil 2.1” de yapı ürünlerinin malzeme akışı gösterilmektedir. Bu amaçlar, inşaat sektörü paydaşlarına özgü olmamalıdır, tüm kesimler tarafından benimsenmelidir. Çünkü insanlığı tarafından yapılan yenilenemeyen enerji kaynaklarının yaklaşık yarısı, binaların dünya çapında toplam CO₂ emisyonlarının yaklaşık %30'undan sorumlu olduğu inşaatlarda kullanılmaktadır. Ayrıca enerji kavramı, kirliliği, çevresel bozulmayı ve sera gazı emisyonlarını arttırmaktadır (Gomes, Silvestre ve Brito, 2019).



Şekil 2.1.Yapı Ürünleri Malzeme Akışı (Kaya, 2011)

Yapı malzemeleri için sürdürülebilirlik 3 evrede incelenmektedir. Bunlar; bina yapılmadan önceki evre, bina yapılıp kullanıldıktan sonraki evre ve bina yıkım aşamaları olarak belirtilmektedir. Yapım ve yıkım arasındaki sürecin çevresel etkileri çok fazladır. Bunun için

bir binanın yapımı ve yıkımı için karar verirken çok iyi düşünmek gerekmektedir. Çevre, insanlarla her zaman etkileşim içinde bulunduğu için, sürdürülebilirliğin en önemli adımlarından ekolojik planlama ve yeşil tasarımlar yapılmalıdır. Son yıllarda hızlı kentleşme ile bilinçsiz ve sağlıksız yapılaşmanın artması, doğal dengenin bozulması, ürün ve enerji tüketiminin artışı ve sonucunda insan sağlığının tehdidi gibi önemli çevre sorunları meydana gelmektedir. Bu nedenle, çevre bilincinin geliştirilmesi doğrultusunda ortaya çıkan “sürdürülebilir malzeme” kavramının yapı sektöründe uygulanması önem taşımaktadır.

Yeşil binalar yapıların tüm evrelerinde kullanılan kaynakların çevreye verdiği olumsuz etkilerin en aza indirilmesi olarak tanımlanabilmektedir. Yeşil binalar, normal bina tasarımlarına göre bazı farklılıkları barındırmaktadır bunlar; dayanıklı ürünler kullanılması, enerji tasarrufu ürünlerin tercih edilmesi, yağmur suyunun geri kazanılması vb. faaliyetleri bulunmaktadır. Yeşil binaların amacı yapılardan kaynaklanan çevresel etkilerin en aza indirilerek sürdürülebilirliği tanzim etmektir (Kaya, 2011). Ana başlıklar halinde şöyle sıralanabilir:

- Doğal kaynak ve enerjiyi verimli bir şekilde kullanmak,
- İnsan sağlığını korumak ve geri dönüşümlü malzemeler üretmek
- Çevresel ayak izini arttıran faktörleri azaltmaktır.

2.6. Sürdürülebilir Kalkınma

Birleşmiş Milletlerin bünyesinde yer alan Çevre ve Kalkınma Komisyonuna bakıldığında sürdürülebilirliği şu şekilde açıklamıştır; şimdiki nesillerin ihtiyaçlarının, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilme olanaklarını engellemeden ve tehlikeye atmadan karşılanmasına olanak veren kalkınmadır. Bu kavram kalkınma planlarında çevreye daha hassas olunması gerektiğini bildirir. Sürdürülebilirlik gelecek kuşakların var olabilmelerini amaçlayan bir kavram olarak da tanımlanabilmektedir. Sürdürülebilirlik bütün kesimleri etkilediği için birçok disiplinle de etkileşim halinde olmaktadır.

Sürdürülebilirliğin hedefleri yapay ve doğal çevrenin korunmasını aynı zamanda insanların ve kaynakların sürekliliğini de sağlamaktır. Ayrıca tüketilen enerjinin, bakım ve onarım maliyetlerinin, atık ve kirliliğin azaltılması bunların yanı sıra yapı ürünlerinin verimliliğini ve konforunun, yapı ve bileşenlerinin dayanıklılığını ve esnekliğinin artmasını amaç edinir. İnsanoğlu ve diğer canlı türleri, çevreyi oluşturan tüm öğelerden (hava, su ve

toprak gibi) yararlanarak varlığını sürdürmektedir. İnsanın doğada ya da çevrede karşılaştığı sorunların tümü, niteliklerinin gereği olarak bir bütün oluşturmakta ve aralarında güçlü bir bağ bulunmaktadır. Çevrenin kirlenmesi ya da bozulması, süreç içinde, çevreyi oluşturan öğelerin niteliklerinin değişmesi ve değer kaybetmeleri anlamına gelmektedir. Sürdürülebilir kalkınma ile çevreye daha duyarlı üretim anlayışı elde edilebilecektir. Gelişmekte olan ülkelerin genellikle kentsel alanları; kirlilik, düzensiz ulaşım, su ve alt yapı sistemleri nedeniyle zarar gördüğü tespit edilmiştir. Çevresel bozulmalar, eğer kontrol edilmezse, gelişme ile birlikte ortaya çıkan kazanımlara zarar verebilmekte ve hatta temel ekosistemin yıkılmasına neden olabilmektedir. Gelecek nesillere daha temiz bir çevre bırakılması hedeflenerek kalkınma planları yapılmalıdır. Son dönemde yaşanan ekonomik krizler, iklim değişikliği gibi çevresel ve ekonomik problemler, sürdürülebilir kalkınma çerçevesi altında yeşil büyüme, yeşil ekonomi, düşük karbonlu ekonomi, sürdürülebilir üretim ve tüketim gibi kavramları ortaya çıkarmıştır. Yeşil büyüme veya yeşil ekonomi kavramı çevresel iyileştirmelere katkı sağlayan mal ve hizmetlerin yatırım ve tüketimi olarak tanımlanmaktadır. Bu bakış açısı ile çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlanırken ekonomik gelişime, gelir artışı, istihdam ve fakirliğin azaltılmasına da katkı sağlanacağı düşünülmektedir (Geçim, 2018).

2.7. Sürdürülebilirliğin Bileşenleri

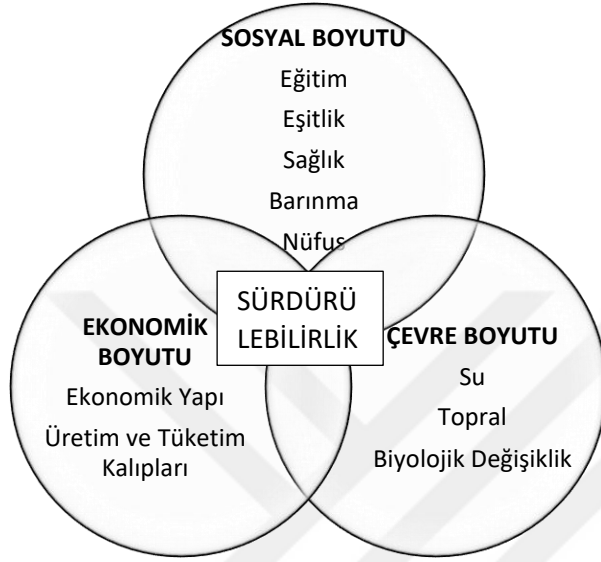
Sürdürülebilirlik çevre, ekonomi ve sosyal olmak üzere üç farklı boyutu bulunmaktadır.

Çevre boyutu; çevrenin ve doğal kaynakların korunmasını ve geliştirilmesini amaçlayan bir sürdürülebilirlik kavramıdır. Tabiatın bozulmamasını ve atıkların geri dönüştürülerek yeniden kazandırılması temel hedeflerindedir. Örneğin; erozyon kontrolü, atık yönetimi, hammadde kullanımı olarak gösterilebilir.

Ekonomik boyut; nüfusun korunması için gelir ve istihdam oluşturma kapasitesidir. Dünyada kalkınmanın sürdürülebilir olmasına amaçlamaktadır. Nüfus artışı, sanayileşme ve işsizlik sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik kavramlarını en çok zorlayan problemlerin başında gelmektedir.

Sosyal boyut; refah, sağlık, iş, cinsiyet ve toplumsal sınıflara bölünmeden tüm konularda eşit olmayı sağlayan kavramdır. Sosyal olarak sürdürülebilir bir sistem adil ve eşit bir düzen sağlamaktadır. Örneğin çalışanların sağlığı ve güvenliği, bedensel özürülere fayda sağlamak gösterilebilir.

Ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik disiplinlerinin kesiştiği alanlarda bir araya gelerek ortak akıl ile hareket edilmesi gerekmektedir. Bütün sürdürülebilir boyutlar birbirleriyle etkileşim halinde ve veri alışverişinde bulunmaktadır. Bu disiplinlerin kesiştiği noktalardan biri de sürdürülebilir yapım alanıdır (Geçim, 2018). Sürdürülebilir yapım alanı “Şekil 2.2” de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Sürdürülebilirliğin Bileşenleri (Tufan ve Özel, 2018)

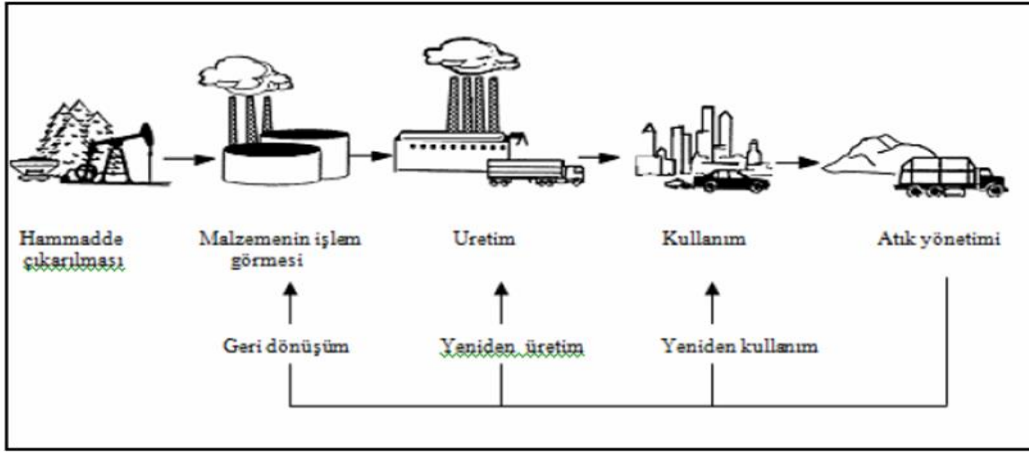
Sosyal, ekonomi ve çevre ortak paydasında sürdürülebilir kalkınmanın yer aldığı yeni bir temel ilke gelişmiştir. 1987 sonrasında ilkeye ‘çevre’ etkeni ile üçüncü bir girdi ilave edilmiştir. Günümüzde çevre ve sürdürülebilirlik ilişkisi çok farklı bir boyut kazanmış bütün insanlar tarafından benimsenmeye başlamıştır. Çevresel yönetim konusunda dünyada uygulanmaya başlayan yöntemler arasında çevreye duyarlı ürün tasarımı, sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Çünkü ürünün tasarımı aşamasında verilen kararlar, kaynak kullanımı ve atık yönetimi gibi çevresel etkenleri yakından ilgilendirmektedir. Yapıların yaşam döngüleri boyunca çevresel değerlere en az zarar vermesi, ekosistem ve doğal döngüleri bozmaması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla çevreyi kirletmeyecek, doğaya uyumlu, temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanan yapı tasarımlarıyla çevresel sorunlar ve çevre kirliliği azaltılabilir. Yapıların çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltacak çözümler üretilmesiyle sürdürülebilirliğe doğru yaklaşılmaktadır (Terzi, 2009). Bu açıklamalar doğrultusunda, sürdürülebilirliğin faydaları “Çizelge 2.2” de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Sürdürülebilirliğin Faydaları (Tufan ve Özel, 2018)

Çevresel Faydalar	Ekonomik Faydalar	Toplumsal Faydalar
Ekosistemin korunması ve biyolojik çeşitliliğin artırılması	İşletme giderlerinin azaltılması	Hava, sıcaklık ve akustik çevrenin iyileştirilmesi
Hava ve su kalitesinin artırılması	Mülk değerinin ve kazancının artırılması	Kullanıcı konfor ve sağlığının güçlendirilmesi
Katı atıkların azaltılması	Çalışanların verimliliğinin ve memnuniyetinin artırılması	Toplumsal altyapı gerginliklerinin azaltılması
Doğal kaynakların korunması	Ekonomik performansın yükselmesi	Genel hayat kalitesine katkıda bulunması

2.8. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi

Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD), bir ürün, proses ya da hizmet için kullanılan enerji, ham madde ve bundan dolayı oluşan atık ve emisyonların çevresel etkilerini ve bu süreçte doğal kaynakların tüketimini ve çevresel iyileştirme fırsatlarını değerlendiren bir araçtır. Yaşam döngüsü değerlendirmesinin kullanım amacı ürünleri hedef alarak ürünün çevreci etiketleme sisteminin geliştirilmesi ve üretim yöntemlerinin iyileştirilmesi olarak gösterilmektedir. Kaynak tüketiminin azaltılması ve sosyal etmenlerin iyileştirilmesi gibi amaçları da bulunmaktadır. İnşaat sektöründe kullanılan yapı ürünlerinin seçiminde sağlıklı karar verilmesine yararlı olmaktadır. Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü sürecinde enerji tüketimi, havaya ve suya zarar veren kirleticilerin, sera etkisi oluşturan gazların yayılım ve kaynak kullanım miktarlarının ve tüm aşamalarında insan sağlığına etkisini belirlemektedir. YDD beşikten mezara kavramıyla değerlendirilir. Bu kavram hammaddenin çıkarılmasından başlayarak geri kazanımı da dahil olmak üzere kapsamaktadır. Burada beşik olarak anlatılmak istenen hammaddenin çıkarılması ve ürün üretimi için gerekli olan enerjiyi ifade etmektedir. Mezar ise doğaya geri kazandırılan kısmı tanımlamaktadır (Çamur, 2010). “Şekil 2.3” de bu beşikten mezara yaklaşımı sunulmaktadır.



Şekil 2.3. YDD Yönteminde Beşikten Mezara Yaklaşımı (Çamur, 2010)

YDD' nin sonuçlarından yararlanılarak hazırlanan çevresel ürün beyanları ve çevre etiketleri tüketicilerin satın alacakları ürünlerin çevresel özellikleri hakkında bilgi sahibi olmalarına olanak sağlamaktadır. YDD yöntemleri ürünlerin çevresel yönleriyle ilgilenmekte, henüz toplumsal veya ekonomik bir veri üretmemektedir. Çevresel etkiler değerlendirilirken zaman ve yer boyutu belirlenmediği için, bu çevresel etkiler mutlak değil 'potansiyel etkiler' olarak belirtilmektedir.

YDD analitik bir yöntem olarak kullanıcılara karar verme aşamasında önemli destek vermektedir. 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 olası bu farklılıkları da içinde barındıracağından, YDD karar vermede kullanıcıya destek olmakta, net ve değişmez doğruları yansıtamamaktadır. 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.

2.9. YDD'nin Tarihçesi

Tarihte YDD ile ilgili ilk çalışmalar 1970'lerin başına dayanmaktadır. İlk çalışmalar kaynakların tüketimi, oluşan atıkların bertarafı ve enerji konularında oluşmuştur. Bu dönemdeki çalışmalar çoğunlukla enerji ve hammadde kaynak tüketimine sınırlılık getirmek için yapılmıştır. Örnek verilecek olursa bir gazlı içecek şirketi cam ve plastik kap kullanımı arasındaki seçimde kararsız kalmıştır. Bunun için enerji tüketim konusu çerçevesinde içecek

kutularının hammadde tüketimini ve çevresel atıklarının karşılaştırılması yapılmıştır (Jensen vd., 1997).

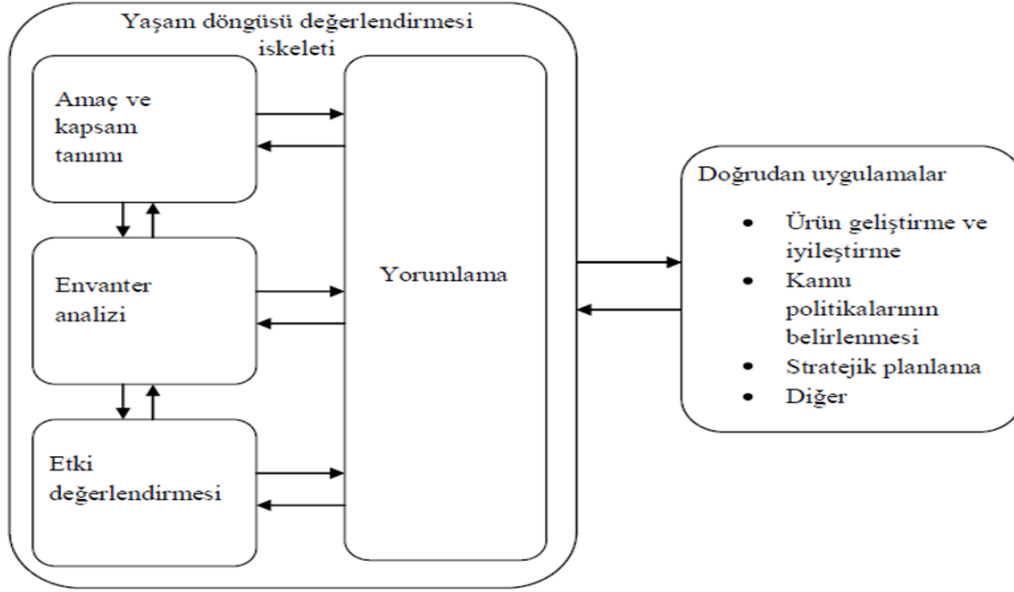
İngiltere ve ABD 'de 1975 yılında ortaya çıkan petrol krizi nedeniyle komisyonlar oluşturulmuştur. Katı atıklar ve geri dönüşüm konuları ise 1980'lerde önemli olmaya ve gelişmeye başlamıştır. Katı atıklar 1988 yılında dünya çapında bir konu olmasıyla YDD yöntemi çevresel problemlerin analizinde ortaya çıkan bir araç olarak firmalara sunulmuştur. YDD yöntemi tekrardan değerlendirilerek hammadde ve çevre konularını kapsayan tüm alanlarda geliştirilmiştir (Tuna Taygun, 2005).

Bugün bildiğimiz YDD ise belli bir aşamaya kadar bazı kuruluşlar tarafından ortaya çıkarılmıştır. Ağustos 1990'da, Smugglers Notch (Vermont) atölye çalışmasının raporu bugün hala geçerli olan yöntemin adı ve genel yapısının sunulduğu ilk belgedir. Bu atölye çalışmasından bir ay sonra Leuven'de yine aynı amaçların izlendiği yaşam döngüsüne dayalı değerlendirme yöntemi üzerine grupların bir araya getirildiği Avrupa atölye çalışması yapılmıştır (Klöpffer, 2006).

YDD yönteminin standartları 1990 yılında geliştirilmiştir. Uluslararası standartları belirlemek için ilk adımlar atılmıştır. Bugünkü kullanılan YDD aşamalarının temelleri atılmıştır (Özçuhadar, 2007).

2.10. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Aşamaları

Yaşam döngüsü değerlendirme, bir ürünün, üretiminden geri dönüşüme kadar olan süreçteki işlemin çevresel etkilerini ölçmek, değerlendirmek veya hesaplamak için kullanılan bir araçtır. Yöntemin aşamaları ve bu aşamaların birbirleriyle olan ilişkisi “Şekil 2.4” sunulmaktadır.



Şekil 2.4. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin Aşamalarının Birbiriyle Olan İlişkisi (Günaydın, 2011)

“Şekil 2.4” de gösterildiği üzere yaşam döngüsü değerlendirmesinin dört analitik aşaması vardır. Bunlar;

- Amaç ve Kapsam Aşaması
- Envanter Analizi Aşaması
- Etki Değerlendirme Aşaması
- Yorumlama Aşaması’dır.

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, bir ürünün hizmet ömrü üzerindeki çevresel etkilerini değerlendiren son teknoloji bir araçtır. YDD, yaşam döngüsü boyunca süreçleri ve tasarımları da içeren kaynak girdilerinin, çıktılarının ve bir ürün sisteminin olası çevresel etkilerinin toplanması ve tahmini olarak tanımlanabilmektedir. YDD sistemini işletmek için standart metodolojik çerçeve, amaç ve kapsam tanımları, yaşam döngüsü envanter analizi, yaşam döngüsü etki değerlendirmesi ve yorumdan oluşmaktadır. Binalarda yaşam döngüsü aşamaları, ürün aşamasını (hammadde temini, üretim sahasına nakli ve üretim), inşaat aşamasını (inşaat sahasına nakliyesi ve inşaat), kullanım aşaması (kullanım, bakım, onarım, değiştirme, yenileme, işletme enerjisi ve su kullanımı sırasında emisyonlar) ve kullanım ömrü sonu (inşaat / yıkım, atıkları tasnif etme / geri dönüştürme veya sona erdirmeye için kullanma) ömür boyu imha sahalrı, atık işleme ve imha) olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır (Nwodo ve Anumba, 2019).

2.10.1. YDD' nin Amaç ve Kapsam Aşaması

Bu aşama, YDD'nin en temel ve ilk aşamasıdır. Bu bölümde hangi konuda çalışılacağı ve sınırlarının ne olacağı belirlenmektedir. Çalışmanın neden, niçin ve hangi iş için yapıldığına dair soruların yanıtladığı bölümdür. Kapsamın derinliği ve detayları amaçla uyumlu olmalıdır. Çalışılan ürün sisteminin etki kategorilerinin, veri gereksinimlerinin, varsayımlarının, sınırlamalarını, elde edilen sonuçların kullanılabilir olmasını sağlamak için yorumlama ve sunulmasının nasıl olması gerektiği gibi şeyleri içeren formatı açıklamalıdır.

YDD, genellikle bilgi edinme ve karar verme sürecinde kullanılmaktadır. Örneğin bir kurum yeni bir ürün ya da üretim yöntemi geliştirmeye karar verebilir, kullanıcılar çevreyi olumsuz etkilemeyen ürünü seçmek isteyebilir ya da zorunluluklar bazı ürünlerin yerine seçeneğe olabilecek ürünlerin kullanılmasını belirlemeye çalışıyor olabilir. Bu nedenle, YDD çalışmalarının amacının ve kapsamının tanımlanması çalışmalara yardımcı olmaktadır (Demirer, 2017).

2.10.2. YDD' nin Envanter Analizi Aşaması

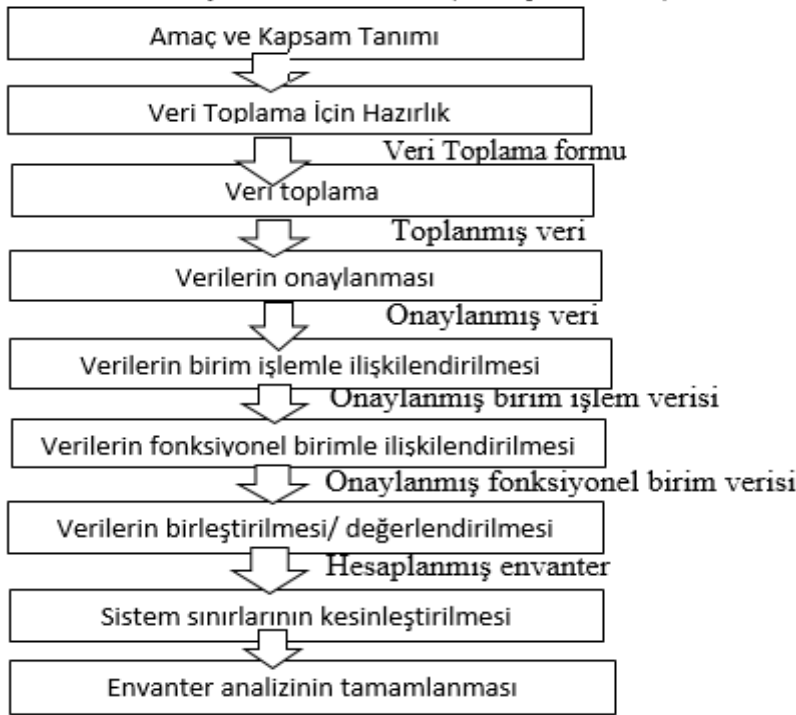
. Envanter analizi, ürünün tüm yaşam döngüsü süreçleri boyunca girdi ve çıktılarının tanımlandığı; enerji ve hammadde gereksinimlerinin, hava ve su emisyonlarının, katı ve diğer çevresel atıkların belirlendiği adımdır değişiklik yapılması ihtiyacı doğurabilir. Yaşam döngüsü envanteri beş basit adımdan oluşabilir.

- Alt amaçların tanımlanması: YDD' nin amacının ve kapsamının tanımlanması sürecinde belirlenenlere ek olarak; çalışılan ürün hakkında özel bilgilerin toplanmasıdır. Bu bölümde örneğin, çalışılan ürünün bütün parçaları, ağırlıkları vb. özellikleri tanımlanır.

- Ürün bilgilerinin toplanması: Araştırma, envanter çalışması için tanımlanan amaç ve kapsama ilişkin gerekli bilgilerin toplanması ile başlamaktadır. Hammadde ve enerji kullanımı, yan ürün oranı, çevresel atıklar sistemin her adımında belirlenmelidir. Bilgilerin toplanması ve düzenlenmesi için anket yöntemi de kullanılabilir.

- Bir bilgisayar modeli oluşturulması: İlk envanter çalışmaları bilgisayarsız olarak tamamlanmıştır. Ancak karmaşık işlemlerin yoğunluğu nedeniyle envanter çalışmaları için bilgisayar modelinin kullanılması gereği doğmuştur. Bilgisayar modelinin amacı; sistemin her adımındaki girdi ve çıktıları birleştirmek ve derlemektir.

- Ürün bilgilerinin analizi: Bilgisayar modelinin tamamlanmasından sonra bütün envanter bilgilerini kapsayan bir analiz yapılır ve bu analize göre rapor hazırlanır.
- Analiz sonucu: Envanter sonuçları tasarlanan biçimde hazırlandıktan sonra yorumlanabilir ve sonuç çıkarılabilir. Yaşam döngüsü envanter çalışmalarının sonucu, analiz edilen ürün, yöntem ya da üretime özeldir ve sonuçlar yalnızca çalışmanın konu ve sınırlarının tanımladığı durumlar için geçerlidir (Demirer, 2017). “Şekil 2.5” de envanter analizini oluşturan basamaklar verilmiştir.



Şekil 2.5. Envanter Analizini Oluşturan Basamaklar (Demirer, 2017)

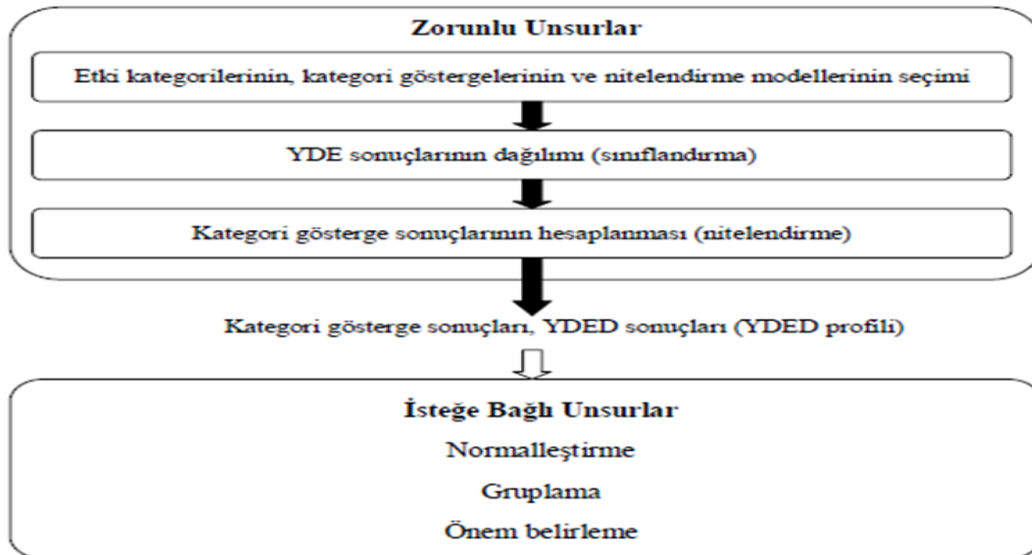
Yapı ürün sistemi birim işlemlerden oluşmaktadır. Sistem sınırları, modellenmiş sistemin içereceği birim işlemleri ifade etmektedir. Ürün sistemi, birim işlemlere bağlanan sınırdaki girdi ve çıktılarının temel akışı olacak şekilde modellenmelidir. Sistem sınırları oldukça öznel bir işlemdir ve şu sınırları içermektedir: coğrafi sınırlar, yaşam döngü sınırları ve insan teknolojisi ve biyosfer arasındaki sınırlardır. Sistem sınırlarının tanımının öznel olması işlemlerin şeffaflığını daha da önemli hale getirmektedir. “Şekil 2.6” da yapı ürününü oluşturan birim işlemler gösterilmiştir (Jensen vd., 1997).



Şekil 2.6. Yapı Ürünü Oluşturan Birim İşlemler (Günaydın, 2011)

2.10.3. YDD' nin Etki Değerlendirme Aşaması

Yaşam döngüsü değerlendirmenin üçüncü aşamasıdır. Yaşam döngüsü envanteri tarafından belirlenen bir sistemin girdi ve çıktılarının, etkilerinin değerlendirilmesi ve tanımlanması için kullanılan niteliksel ve/ya da niceliksel bir yöntemi kapsayan adımdır. Etki değerlendirmesi hem ekolojik hem de insan sağlığı etkilerini ve kaynak tüketimini ele alır ve burada ana kavram; olumsuzluk etkenidir. Bu kavram, envanter analizini ve etki değerlendirmesini birbirine bağlar. Bu nedenle olumsuzluk etkeni, bir etkiye neden olan durumların dizisidir. Etki değerlendirmesinde zorunlu olan unsurlar ve isteğe bağlı yapılar olarak ikiye ayrılmaktadır. Etki değerlendirme aşamasında zorunlu unsurlar, etki sınıflarının seçimini, sınıf göstergelerinin saptanmasını ve tanımlama modellerinin oluşturulmasını kapsamaktadır (Demirer, 2017). “Şekil 2.7” de yaşam döngüsü etki değerlendirme aşamaları verilmiştir.



Şekil 2.7. Etki Değerlendirme Aşamaları (Karaman Öztaş, 2014)

Zorunlu unsurların belirlenmesi için ilk iş çevresel etki sınıflarının seçimini yapma ve sonraki adımlar ise sınıf göstergelerinin saptanması ve tanımlama modellerinin oluşturulmasıdır. Sınıf göstergeleri etki sınıflarının sonuçlarını; sınıf uç noktaları ise korunmaya alınması gereken alanları ifade etmektedir. “Çizelge 2.3” de farklı kaynaklardan derlenen olası etki sınıfları ve bu etki sınıflarının olası göstergeleri ve uç noktaları ifade edilmektedir (Gültekin, 2006).

Çizelge 2.3. Etki Sınıflarının Olası Sınıf Göstergeleri ve Uç Noktaları (Kaya, 2011)

Etki Sınıfı	Sınıf Göstergesi	Sınıf Uç Noktası
İklim Değişikliği	Küresel ısınma, Çölleşme, Çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, Doğal bitki örtüsü, Ormanlar, Sucul ve karasal canlılar
Stratosferdeki Ozon Tükenimi	Ozon tabakasının delinmesi, Çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, Sucul ve karasal canlılar, Tarım ürünleri, Ormanlar
Asitleşme	Asit yağmurları, Çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, Sucul ve karasal canlılar, Tarım ürünleri, Ormanlar, Yapılar
Besin Birikimi	Sulardaki oksijenin azalması	İnsan sağlığı, Sucul canlılar
İnsan Zehirlenmesi	Zihinsel bozukluk, Kanser, Sarılık, Siroz, Astım, Alerji, Kemik erimesi	İnsan sağlığı
Ekolojik Zehirlenme	Bitki ve hayvan türlerinin azalması	İnsan sağlığı, Doğal bitki örtüsü, Ormanlar, Sucul ve karasal canlılar
Kaynak Azalması	Kuraklık, Çölleşme, Bitki ve hayvan türlerinin azalması	İnsan sağlığı, Doğal bitki örtüsü, Ormanlar, Sucul ve karasal canlılar
Fotokimyasal Oksit Oluşumu	Sis, Çeşitli hastalıklar, Bitki türlerinin azalması	İnsan sağlığı, Doğal bitki örtüsü, Ormanlar, Sucul ve karasal canlılar
Kirlilik (Hava, Su, Toprak)	Bitki ve hayvan türlerinin azalması, Çölleşme, Çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, Doğal bitki örtüsü, Ormanlar, Sucul ve karasal canlılar

Biyolojik Çeşitliliğin Zarar Görmesi	Bitki ve hayvan türlerinin azalması	İnsan sağlığı, Doğal bitki örtüsü, Ormanlar, Sucul ve karasal canlılar
--------------------------------------	-------------------------------------	--

Yaşam döngüsünde detaylı bir çalışma yapılmak isteniyorsa zorunlu olmayan unsurlar kullanılabilir. Zorunlu olmayan unsurlar hesaplanırken yaşanan bölgeye ve ülkelerin envanter verilerine bakıldığından dolayı farklı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Günümüzde çevresel etki sınıflarının analiz edilmesine ve geliştirilmesine için bilim insanlarının çalışmaları sürmektedir. Zorunlu olmayan adımlar normalleştirme, gruplandırma ve ağırlıklandırmayı kapsamaktadır.

Gruplandırma: Elde edilen verileri belirli ilgi alanları içinde daha iyi yorumlayabilmek üzere bir veya daha çok başlıkta gruplandırılmaktadır. Etki gruplamaları, çalışma amacına uygun olarak seçilir. Örneğin, verilerin yerel, bölgesel ve küresel olarak gruplandırılmasıdır. Yapılacak gruplandırma tercihleri kişi veya kuruma göre değişebilmektedir.

Normalizasyon: Örnek verip açıklayacak olursak karbondioksit, karbonmonoksit, klor ve metan; sera etkisi ve küresel ısınma sınıflamasına girmektedir. Bu adımda karşılaştırma yapılabilmesi için değerler, aynı birimlere getirilir, buna normalizasyon denir.

Değer biçme ve ağırlıklandırma: Bu adım, bir şekil, grafik ya da çevresel bir indeks ile farklı ürünleri ya da seçeneklerin çevresel problemlerinin ayrıntılı karşılaştırmasını içerir. Çevresel problemlere, kendi içinde önemine göre öznel bir değer verilir. Buna, ağırlıklandırma denir. Her çevresel problem için puanlar, kendi ağırlıklandırma değeri ile çarpılır, bütün puanlar, birbiri ile toplanarak toplam çevresel indeksi oluşturur. Ancak bu adımda öznel bir önem sıralaması yapılması, problemler çıkmasına neden olabilmektedir (Demirer, 2017).

2.10.4. Yorumlama Aşaması

Yorum kısmı YDD'nin en önemli aşamasıdır. Raporun bu kısmında elde edilen sonuçlar ve öneriler paylaşılmaktadır. Değerlendirilmesi yapılan malzemenin çevreye ve insan sağlığına olan etkilerinin şeffaf bir şekilde raporlandığı bir bölümdür. Bir ürünün, etki değerlendirmesinde sınıflanan ve tanımlanan olumsuz etkilerinin, yaşam döngüsü boyunca enerji, hammadde kullanımı ve çevresel atıkların azalması amacına yönelik yorumlandığı adımdır. Değerlendirmenin yorumlanması;

- Değerlendirme: Çevresel etkilerin niteliksel olarak değerlendirilmesi,
- Sonuç ve öneriler adımlarından oluşabilir.

Değerlendirme sonucu açık ve anlaşılır bir biçimde sunulmalıdır. Sonuç ve öneriler adımı; çalışmanın saydamlığı, güvenilirliği ve geliştirilmesi bakımından önemlidir. Ayrıca ürün, yöntem ve üretim tasarımındaki değişiklikler, hammadde kullanımı, endüstriyel yöntemler, tüketici kullanımı ve atık yönetimi gibi hem nitel hem de nicel ölçütleri de kapsayabilir (Demirer, 2017).

2.11. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Kısıtları

YDD, çevresel değerlendirmelerde en doğru sonucu veren yöntem olarak görülmektedir. Ancak pratikte çeşitli problemler olduğu görüşü bildirilmiştir. Karşılaşılan bazı sorunlar maddeler halinde şunlardır:

- YDD, yeni bir ürünün modellenmesi için zor ve pahalı olmaktadır.
- Bazı veriler bölgesel olduğu ya da az bilgi bulunduğundan dolayı veri güvenilirliği sorgulanabilir.
- Uluslararası tek bir payda da birleşebilecek YDD yöntemi mevcut olmadığından dolayı sonuçlar farklılık gösterebilmektedir.
- YDD sürekli gelişmekte olan teknolojinin hızını yakalayamamaktadır.
- YDD veri eksikliği mevcuttur.
- YDD çalışmaları dinamik değil kararlı durumdaki sistemler için uygulanabilir.

Ancak bütün bu kısıtlılıklara rağmen sürdürülebilir gelişmenin sağlanması için inşaat sektörünün de YDD uygulamasının çok önemli olduğu bir gerçektir. YDD uygulamasının inşaat sektöründe getirdiği birçok avantaj vardır ve çevresel etkilerin azaltılması açısından binanın yaşam döngüsünün değerlendirilmesi, analizi ve kontrol edilmesi için uygulanan en pratik yöntemlerdendir (Demirer, 2017).

2.12. YDD Kullanım Alanları

YDD'nin kullanım alanları ana başlıklar halinde şu şekilde söylenebilir:

- Ürünlerden kaynaklı problemlerin analiz edilmesi,
- Ürün geliştirmesi için parametrelerin belirlenmesinde

- Yeni ürünün tasarlanmasında
- Birbirleriyle benzeyen ürünler arasında seçim yapılması.

YDD'nin özellikle kamu ve özel sektörde çevreye uyumlu yeşil etiketli ürünlerin satın alınmasında kullanılmaktadır. Çevreye duyarlı ürün tasarımlarında, YDD'nin kullanıldığı diğer alandır. Daha çok genel çalışmalar içinde YDD yaklaşımları kullanılabilir. Ürün ve hizmetin tasarımında, geliştirilmesinde, iyileştirilmesinde, üretim ve tüketim alanlarındaki enerji harcamalarında ve kamu politikalarının geliştirilmesinde YDD tercih edilebilir (Demirer, 2017).

2.13. Yapı Sektöründe YDD Yönteminin Kullanımı

İnsanlar gereksinimlerini temin etmek için ilk çağlardan bugüne kadar doğadan yararlanmaktadır. Taşları ve ağaçları oyarak, toprağı şekillendirerek karşılanan gereksinimler; gelişen teknoloji ile birlikte çeşitli yapı ürünlerinin üretilmesi ve kullanılmasıyla karşılanmaktadır. Yapı ürünleri yaşam döngülerinin her evresinde çevreyle etkileşim halindedir. Bu etkileşim hammadde ediniminden başlayarak geri dönüşüme kadar sürmektedir. Bu değerlendirmeye 'yapı ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi' denilmektedir. Yapı ürünleri uzun hizmet ömrüne sahip olduklarından dolayı belli bir aşamadan sonra bakım-onarım gibi işlemlerle çevresel etkilere neden olabilmektedir. Örneğin, yapıya yapılan boya ve sıva işlemleri neredeyse 10 senede bir yenilenmektedir. Böylece her 10 senede bir çevreye olumsuz etkiler yaymaktadır. Bu etkilerin azaltılması için kullanılan yöntemlerden biri de yapı ürünlerinin YDD'si dir (Gültekin, 2006).

Hasik vd., (2019)' a göre binaların çevresel etkileri son birkaç yılda büyük bir inceleme altında olmuştur. Binaların yaşam döngüsü değerlendirmeleri, bir binayı yapmak için kullanılan enerjiyle ilgili küresel ısınma potansiyelinin kendine özgü olarak toplam çevresel etkilerin çoğunu oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Yapılan çalışmalar ayrıca, binaya yapılacak olan değişimler sırasında enerji verimliliğini arttırmanın ve daha fazla yenilenebilir enerji kaynağı kullanmanın işletme sırasında enerji kullanım etkilerini önemli ölçüde azaltabildiğini ortaya koymaktadır. Bilim adamları, yapı malzemesi üretiminin çevresel etkilerini azaltmaya yardımcı olmayı amaçlayan değerlendirme yöntem ve stratejilerinin geliştirilmesi üzerine odaklanmıştır. Mevcut etkilerin azaltılması için bir öneri olarak, kullanılan binaların yenilenmesine, iyileştirilmesine ve çevre etkilerini azalttıktan sonra yeniden kullanılması görüşü benimsenmiştir.

Jeong vd., (2019) tarafından yapılan bir çalışmada yapı endüstrisi, enerji tüketimi ve küresel ısınma sorunları nedeniyle çevre ve insan sağlığını etkileyen ana kaynaklardan biri olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle, çevre ve insan sağlığı etkilerinin azaltılması inşaat sektöründe önemli bir konu olmuştur. Bu konuyu ele almak için, çevresel ve insan sağlığı etkileri, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca temsili analiz aracı olan yaşam döngüsü değerlendirmesine (YDD) dayanılarak değerlendirilmiştir. Bu amaçla, çeşitli yapı malzemeleri (örneğin çimento, beton, inşaat demiri, vb.) için bir yaşam döngüsü envanter veri tabanı oluşturulmuş ve pratik inşaat yöntemleri geliştirilmiştir. Yapı malzemelerinin çevresel ve insan sağlığına olan etkilerini değerlendirmek için birçok çalışma yapılmıştır.

2.14. Yapı Ürünlerinin YDD Yönteminin Uygulama Sınırları

Binalar, kaynakları birleştirerek tüketmekte ve yaşam döngüleri boyunca büyük miktarda kirletici madde deşarj etmektedir. Sonuç olarak, çevre dostu olarak kabul edilmezler. Ürün veya hizmetlerin çevresel performansını ölçmek için vazgeçilmez bir araç olarak, yaşam döngüsü değerlendirmesi inşaat sektöründe, inşaat malzemeleri, eko-tasarım ve yeşil sertifikalandırma veya diğer kuruluşların geliştirilmesini desteklemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bir binadaki değişikliklerin etkileri birkaç yıl ve hatta on yıllar sonra ortaya çıkacak olan statik tasarım ve orijinal tasarım çizimleri ve spesifikasyonlardan elde edilen veriler kullanılarak değerlendirilir. Zamanla YDD parametrelerinin olası farklılıkları genellikle göz ardı edilir. Spesifik geçici verinin eksikliği büyük bir sınırlama olarak tanımlanmıştır. Çünkü değerlendirme sonuçlarının doğruluğunu azaltabilir ve özellikle uzun ömürlü ürünler için YDD'nin geniş kullanımını engelleyebilmektedir (Su, Li ve Zhu, 2019).

Yaşam döngüsü değerlendirilmesinin kullanım amacı ürünleri hedef alarak ürünün çevreci etiketleme sisteminin geliştirilmesi ve üretim yöntemlerinin iyileştirilmesi olarak gösterilmektedir. Değerlendirme sürecinde ortaya çeşitli sorunlar da çıkmaktadır. Uygulamanın uzun zaman almasına bağlı olarak sonuca ulaşmak gecikmektedir. Çalışmayı yürüten işletmelerde oluşabilecek görüş ayrılıkları veya çalışmada kullanılacak değişik yöntemler değerlendirmenin niteliğini ve güvenilirliğini etkilemektedir. Bir sene yapılan yaşam döngüsü değerlendirmesi sonuçları başka bir sene yapılan değerlendirme sonuçları ile çelişebilmektedir. Bu yüzden birbirinden farklı sonuçların çıkabilme olasılığı göz önünde bulundurularak ayrıntılı inceleme yapılması ve karar aşamasında dikkatli olunması gerekmektedir (Demirer, 2017).

2.14.1. Beşikten Beşiğe Yaklaşımı

Bilim adamları tarafından 2002 yılında güvenilir, bilinen verilere dayanarak, insanlara ve çevreye zarar vermeden kullanılacak ürünleri değerlendirilmek için “Beşikten Beşiğe Yaklaşımı” geliştirilmiştir. Hammaddenin elde edilmesinden atıkların geri kazanımına kadar içine alan genel bir yaklaşımdır (Yudelso, 2007).

Kısacası beşikten beşiğe yaklaşımı doğadan hammadde temini sağlanıp, ürünün ömrü bittikten sonra da geri dönüştürülüp ve tekrardan başka bir şekilde değerlendirilmesi olarak da açıklanabilmektedir.

2.14.2. Beşikten Mezara Yaklaşımı

Bu yaklaşım hammaddenin temin edilmesiyle başlayıp ürünün hizmet ömrünü tamamladıktan sonra doğaya geri dönüştürülmesiyle tamamlanan bir süreçtir. Bu kavram diğer bir adıyla açık döngü olarak da tanımlanabilmektedir. Beşikten mezara ile beşikten beşiğe olan yaklaşımlar genellikle karıştırılarak birbiri içinde değerlendirilebilmektedir. Beşikten mezara yaklaşımı ürünün doğaya döndüğü kısma kadar olup beşikten beşiğe ise ürünün geri kazanılıp başka bir şekilde değerlendirilmesini kapsamaktadır (Günaydın, 2011).

2.14.3. Beşikten Kapıya Yaklaşımı

Bu yaklaşımda üretimi için gerekli olan hammaddenin temin edilmesiyle başlayarak, ürünün inşaat sahasına taşınması sürecine kadar olan bölümü kapsamaktadır. Diğer bir deyişle bir ürünün hammadde temininden (beşik) itibaren inşaat sahasına (kapı) kadar olan süreci içine almakta ve yaşam döngüsünü kısmen kapsamaktadır (Domone ve Illston, 2010).

2.15. Yapı Sektöründe Yapılan YDD Örnekleri

İnşaat sektöründe YDD yöntemini esas alarak çevresel etkilerin araştırıldığı çalışmalar kaynaklar incelendiğinde çalışmaların bir kısmının YDD yönteminin yapı malzeme ve bileşenleri üzerinde uygulandığı, bir kısmının da tüm bina üzerine uygulandığı görülmektedir. Binalarda yapı malzeme ve bileşenleri üzerine birçok ülkede yapılan çalışmalarda farklı yapı malzemelerinin ele alınarak bu malzemelerin çeşitli çevresel etkilerinin analiz edildiği tespit edilmiştir.

Schmidt, Jensen, Clausen, Kamstrup ve Postlethwaite, (2004)'de yaptıkları bir araştırmada çatı yalıtımı için kullanılmış olan taş yünü, keten ve geri dönüşüm ürünlerini temsil eden kağıt yününden yapılmış olan yalıtım malzemelerinin çevresel olarak hangisinin daha tercih edilebilir olup olmadığını yönündeki sorulara açıklık getirmek için YDD yöntemini kullanmıştır.

Tuna Taygun, (2005) Türkiye'de yapı malzemelerine yönelik YDD yöntemine dayanan bir modelle PVC doğramaların yaşam döngüsü sürecindeki girdi ve çıktılarından etkilenen çevre gruplarının ortaya koymaktadır.

Bir diğer çalışma ise Gültekin, (2006), yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin yaşam döngüsü boyunca değerlendirilmesine yönelik açık uçlu bir modelin önerildiği ve bu modelin duvar kağıtlarının kullanım evresindeki bakım onarımının neden olduğu çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için yapılmış olan YDD yöntemine dayanan bir çalışmadır.

İzmir'de yirmi dört adet konut üzerinde YDD yöntemine dayanan modelin geliştirilmesi ve uygulanması üzerine bir çalışma yapılmış ve konutların değerlendirme modelinde ATHENA değerlendirme metodu kullanılmıştır. Konutlarda enerji tüketimi, katı atık oluşumu, su kirlilik indeksi, hava kirlilik indeksi, küresel ısınma potansiyeli ve doğal kaynak kullanımı konularında karşılaştırmalı analiz yapılmıştır (Bozkurt, 2007).

Çevresel etki değerlendirmelerinde bir YDD aracı olan Gabi'yi kullanan Çamur (2010), yapılarda uygulanan ısı yalıtım malzemelerinden geliştirilmiş polistiren (EPS) ile buna alternatif olarak kullanılacak taş yünü'nün "beşikten kapıya" olan süreçte çevresel etkilerini değerlendirmiştir.

Bir 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 polistiren köpük üzerinden örneklenmiştir (Karaman Öztaş, 2014).

3. YAPI ÜRÜNLERİNİN TANIMI VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

3.1. Yapı Ürünlerinin Tanımı ve Sınıflandırılması

Yapı ürünleri 19. yüzyıldan önce fiziksel ve kimyasal özellikleri çok fazla incelenmeden deneyimler doğrultusunda üretilirken 19. yüzyıl sonlarında üretime teknik bilgileri eklenmesiyle daha verimli, uygun ve nitelikli ürünlerin ortaya çıkması sağlanmıştır. Yapı ürünleri insanın hayatının sürdürebilmesi için gerekli fiziksel ortamı sağlayarak gelecek yıllara devrini oluşturan çeşitli elemanlar olarak tanımlanmaktadır. Yapı ürünleri, yapının fiziksel/ maddesel boyutunu oluşturur. Doğada her amaca uygun malzeme bulunmamaktadır. Her zaman malzeme doğadaki bulunduğu şekliyle yapıya girememektedir. Doğal kaynaklar yapay yollarla çeşitli süreçlerden geçirildikten sonra yapı ürünlerine dönüştürülebilmektedirler. Yapı ürünleri beş bölüme ayrılarak incelenmektedir (Balanlı, 1997). Bunlar;

- Yapı gereci (malzemesi); doğal taşlar, metaller, lifler, boyalar, harçlar, cam vb.
- Yapı parçası; kiremit, boru, levha, kablo, profil vb.
- Yapı bileşeni; sömel, duvar gövdesi, pencere, kolon, kiriş, anahtar, asansör vb.
- Yapı ögesi (elemanı); duvar, döşeme, çatı, merdiven vb.
- Yapı birimi; banyo, mutfak, odalar, sınıflar vb.

Yapı ürünleri 19. Yüzyıl öncesinde fiziksel ve kimyasal özellikleri fazla incelenmeden deneyimler doğrultusunda üretilirken, 19.yüzyıl sonlarında üretime teknik bilgilerin eklenmesiyle daha verimli ve nitelikli olarak ortaya çıkmaya başlamıştır. CE kapsamında yapı ürünleri, ana koşullara uygun olarak gerçekleştirilen, yapım işlerinde kullanılan ürünler olarak belirtilmektedir. CE işaretine sahip ürün kaliteli olduğunu değil amacına uygun kullanıldığında çevreye zarar vermeyen, canlıların sağlığını ve güvenliğini bozmayan ürün olduğunu göstermektedir (Akın, 2018).

3.1.1. Yapı Ürünlerinin Özellikleri

Yapı ürünlerinin özellikleri; ürünlerin sınıflanmasına, ürün bilgilerinin düzenlenmesi ve geliştirilmesine ve ürün seçiminde seçenekleri belirleyerek karşılaştırma yapılmasına yardımcı olması bakımından önem kazanmaktadır. Yapı ürünlerinin özellikleri; fiziksel, mekanik, teknolojik, kimyasal, görünüş ve estetik, çevre ile ilgili, ekonomi ve bulunabilirlik olarak

gruplandırılabilir. Tüm bu özelliklerin bilinmesi ve sayısal büyüklüklerle ifade edilebilmesi ürünlerin seçimini kolaylaştırmak için gereklidir.

- Fiziksel özellikler; ürünün fiziksel deney yöntemleri ile ölçülebilen özelliklerini kapsamaktadır. Örneğin; birim-hacim, kütle, özgül kütle, su, ısı vb.
- Mekanik özellikler; ürünlerin dayanıklılık, yük taşıma gibi özellikleridir.
- Teknolojik özellikler; bir ürünün bazı özelliklerinin sayısal olarak belirlenirken uygulanan deney yöntemi nedeniyle farklılık gösterdiği özelliklerdir. Örneğin; aşınma, kırılma, çarpma direnci vb.
- Kimyasal özellikler; yapı oluşturulurken birçok farklı kimyasal yapıdaki ürün bir araya getirilmekte ve birbirlerini etkilemektedir. Örneğin; korozyon etkisi, organizma 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 konması hedeflenmektedir. Ürünün belli bir ömrü olduğu, aynı amaçla kullanılacak bir diğer yapı ürününün performansları aynı olmasına karşın fiyat öncelikli tercih edilmesi veya performansa göre değerlendirme yapılması ekonomik özelliklerle ilgili bir durum olmaktadır (Balanlı, 1997).

3.2. Kimyasal Madde Tanımı

Kimyasal madde, sabit bir kimyasal bileşimi ve karakteristik özellikleri olan bir madde türüdür. Belirli bir homojen bileşimi vardır. Fiziksel ayırma ile kimyasal bağlar bileşenlerine ayrılmazlar. Bütün element ve bileşikler kimyasal madde olarak kabul edilmektedir. Bu kimyasallar katı, sıvı veya gaz halinde olabilirler.

Gelişmişlik seviyesi fark etmeksizin bütün ülkeler için kimyasalların üretilmesi ve kullanımı ekonominin temel faktörü olmaktadır. Yaşamımızın her alanında kimyasal maddeler az veya çok etkilemektedir. Dünya ekonomisinde kimya sektörünün bu kadar ilgi çekmesinin nedeni olarak görülmektedir.

Son yıllarda kimya sektörü hızlı bir büyüme göstermiş ve 400 milyon tona yaklaşan bir üretim ağına kavuşmuştur. Çeşitli kaynaklar farklı değerler verse de dünyada ortalama 80-100

bin ton kimyasalın kullanıldığı öngörülmektedir. Kullanılan kimyasalların büyük bir bölümü üretilen ürünler için katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Üretilen bu kimyasalların 5.000-7.000 arasında zararlı olduğu ve bunlarında 3.000’ni kanserojen etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir.

Kimyasallar, üretim aşamasında temel olarak 3 bölüme ayrılmaktadırlar. Bunların başında başlangıç ürünleri olarak kullanılan hammaddeler (inorganik veya organik) gelmektedir. En çok bu ürünler kullanılır ve işlenerek ara ürünler ve çözücülere dönüştürülmektedir. İstenirse bu elde edilen ürünler kullanılabilir ama son ürüne geçiş yapılacaksa belli bir süreçten geçmesi gerekmektedir. Elde edilen son ürünler genellikle kozmetik, ilaç ve sabun gibi malzemeler elde edilmektedir. Bu ürünler plastik, boya ve lif gibi ürünlere dönüştürülmek isteniyorsa belli işlemlerden geçmesi gerekmektedir. Üretilen kimyasalların fiziksel-kimyasal özellikleri, kristal yapıları, inorganik veya organik olması çevreye ve insana vereceği zararları ortaya çıkarmaktadır (Ünal, 2011).

3.3. Yapı Sektöründe Kullanılan Kimyasal Maddeler

Buhurcu, (2016)’ya göre yapılarda kullanılan kimyasallar üretilecek ürüne göre değişiklik kazanmaktadır. Yapı kimyasalları olarak kendine özgü bir iş kolu bulunmadığından dolayı sektörde üretilen ürün grupları farklı iş kollarıyla karşımıza çıkmaktadır. Tek başına bir iş kolu olarak tanımlanmayan sektör farklı Ekonomik Faaliyetlerin İstatistikî Sınıflaması Nomenclature des Activités Économiques dans la Communauté Européenne (NACE) kodlarına karşılık gelen 12 ayrı iş kolunu kapsamaktadır. Bu iş kolları “Çizelge 3.1” de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Yapı Sektöründe Kullanılan Kimyasalların NACE Kod ve Tanımları (Buhurcu, 2016)

NACE Kodu	NACE Tanımı
201201	Boya maddeleri ve pigment imalatı (Birincil formda veya konsantre olarak herhangi bir kaynaktan) (Hazır boyalar hariç)
203011	Boya ve vernikler, akrilik ve vinil polimer esaslı olanların (sulu ortamda dağılanlar, çözülenler ve çözeltiler) imalatı
203012	Macun imalatı (dolgu, cam, sıvama için olanlar ile üstübeç, vb.)
203013	Diğer boya, Vernik ve ilgili ürünlerin imalatı (renk ayarlayıcılar, matbaa mürekkepleri, solventler ve incelticiler)

203014	Boya ve vernikler, polyester, akrilik ve vinil polimer esaslı olanların imalatı (susuz ortamda dağılanlar, çözülenler ve çözümler)
203015	Hazır boya pigmentleri, matlaştırıcılar ve renklendiriciler, camlaştırılabilir emay ve sırlar, astarlar, cam firit, sıvı cilalar ve benzerlerin imalatı
203016	Boya müstahzarları hazır kurutucu maddelerin imalatı
203017	Elektrostatik toz boya imalatı
236201	İnşaat amacı alçı ürünlerinin imalatı (kartonpiyer, levhalar, panolar, paneller, vb.)
236301	Hazır beton imalatı
236401	Toz harç imalatı
236502	Lif ve çimento karışımı ürünlerin imalatı

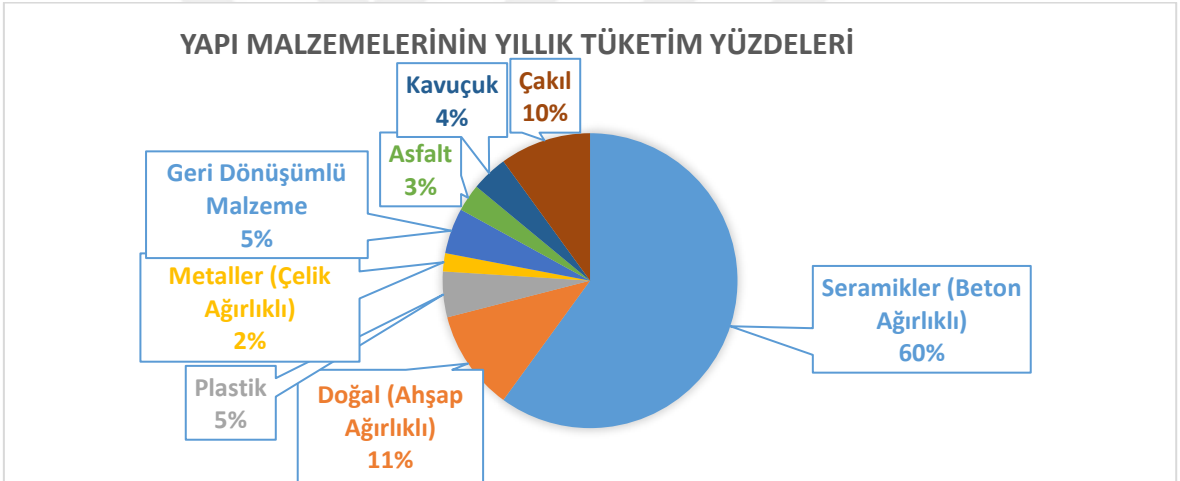
Yapı kimyasalları olarak tek başına belirlenmiş bir NACE kodu bulunmamaktadır. Çok geniş ürün gruplarını içerdiğinden dolayı böyle bir durum söz konusu olmaktadır. Yapı kimyasalları sektöründe bulunan iş kollarının neredeyse çoğu tehlikeli ve çok tehlikeli sınıflarda yer aldığı belirtilmektedir. Yapı sektörü için üretilen temel kimyasal maddeler şunlardır: Derz dolgular, mantolama ürünleri (cam yünü, taş yünü vb.), sıvalar, derz dolguları, tamir harçları, zemin uygulamaları, su izolasyonu, astarlar, seramik ve dekoratif malzemeler, beton ve harç katkıları, macunlar, silikon ve mastikler, hazır boya pigmentleri, boya ve vernikler, alçı ürünleri ile toz harç ürünleridir. Yapı kimyasalları sektörü yapılarıdaki gelişmelere bağlı olarak her geçen gün hızla gelişmekte ve çeşitlenmeye devam etmektedir. Binalarda kullanılan kimyasal maddeler “Çizelge 3.2” de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Binalarda Kullanılan Temel Yapı Malzemeleri ve Kimyasallar (Buhurcu, 2016).

Arazinin Hazırlanması ve Tesis	Tarım ilaçları toprak iyileştirme, Temel su yalıtımı, Dolgu malzemeleri
Mekanik Sistemler	Boru sızdırmazlık malzemesi, Harici boru yalıtımı, Dahili kanal kaplaması, PVC borular

Bina Kabuğu Malzemeleri	Ahşap koruyucular, Kür malzemeleri, Cam bileşenler, Isı yalıtım, Yangına dayanıklı malzemeler, Beton su geçirmezlik maddeleri, Derz dolguları, Akustik yalıtım, Derz sızdırmazlık malzemeleri
İç Bitirme Malzemeleri	Alt döşeme, Halı tavanı, Duvar kaplaması, Boyalar, Vernikler, Bölmeler, Tavan içi kaplama kiremitleri, İç dekorasyon, Döşeme ve tahta kaplama, Yer ve halı yapıştırıcıları, Yapıştırıcılar, Halı ve elastik yer döşemesi

Ürün yaşam döngüsü, ürünlerin hammadde temininde başlayıp geri dönüşümü ve yeniden kullanımına kadar giden bir süreçtir. Bu süreçte üretilen ürünler çevre ile dolaylı ya da doğrudan etkileşim halinde bulunmaktadır. Artan yapılaşma, yenilenemeyen kaynakların hızla azalmasına neden olmaktadır. Yapı sektöründe kullanılan yapı malzemelerinin yıllık tüketim miktarı aşağıdaki “Şekil 3.1” de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Yapı Malzemelerinin Yıllık Tüketim Yüzdeleri (Seven, Topbaşı ve Dursun 2014)

“Şekil 3.1” de görüldüğü üzere en çok tüketim beton ağırlıklı olan seramik malzemelerdir. Ahşap ağırlıklı malzemeler %11 ile ikinci sırayı almaktadır. Bunları agrega yani çakıl %10 ile takip etmektedir. Son yıllarda kullanımı artan geri dönüşümlü malzemeler ve yapılarda kullanımı fazla olan plastikler %5’lik bir tüketimi söz konusudur. Geri kalan kısmı Kavuçuk malzemeler, asfalt ve metaller gibi ürünler oluşturmaktadır.

3.4. Yapı Ürünlerinin ve Kimyasallarının Çevresel Etkileri

Yapı sektörü ve sanayisi, nüfus artışı ile doğru orantılı olarak, enerji tüketimi, hammadde kullanımı, atık üretimi açısından doğal çevreyi olumsuz etkilemekte ve kirletmektedir. Yapı üretimi sürecinde ve yapı malzemeleri imalat süreçleri boyunca gerçekleşen kimyasal ve fiziksel işlemler sonucu, hammaddeler ürüne dönüştürülmekte, bu süreç esnasında havaya, suya ve toprağa salınımlar yapılmaktadır. Toplam enerji tüketimi açısından inşaat ve yapı süreçlerinin tamamı düşünüldüğünde, tüketilen enerjinin %27,5'i yapı sektörüne aittir. Bunun %11'i yapı malzemeleri üretiminden, %1,3'ü yapım faaliyetlerinden, %10,2'si kullanım/operasyon evrelerinden, %5'i ise yapım ile ilgili ulaştırmadan kaynaklanmaktadır. Yapı ürünleri üretim, kullanım ve atık aşamalarında çevre ile etkileşimini sürdürmektedir. Çevre, uzak bölgelerde üretilen bazı doğal kaynaklı ürünlerin kaynaktan uygulama yerine kadar paketlenmesi ve taşınması aşamalarında kirlenmektedir. Elde edilen kaynaklar yaşam döngüsü içinde çevreyi kirletecek şekilde değişebilmektedir. Hammaddenin çıkarılmasından uygulama yerine taşınmasına kadar geçen aşamalar sırasında ortaya çıkan çevresel yıkımlar ve kirlilik çevre sorunlarını oluşturmaktadır. Yapı ürünlerinin bileşimi ve yapısından kaynaklanan olumsuz etkileri üretim, uygulama veya kullanım aşamalarında çevreye yayılan zararlı parçacıklar, mikroorganizmalar, zehirli gaz ve buharlar oluşmaktadır. Yapı ürünlerinin üretim aşamasında kullanılan enerjinin ve ortaya çıkan katı, sıvı veya gaz atıkların çevreye doğrudan veya dolaylı şekilde zararları vardır. Yapı ürünleri ile çevre ilişkisi kapsamında bir üretim süreci tüm aşamalarında çevre sisteminin dengesini ve çevre yaşamını uzun vadede desteklemelidir. Yapı ürünleri ve çevre sorunları düşünüldüğünde yapı ürünlerinin yaşam döngüsü süreçlerindeki çevre etkileri önem kazanmaktadır. Örneğin;

- Hammaddeye temininde yerel ürünlerin tercih edilmesi hem ekonomik hem de maliyet açısından yararlıdır. Ayrıca emisyon ve enerji tüketiminin azalmasına neden olacaktır.
- Metaller üretilirken, çok miktarda enerji tüketmekte ve atık oluşturmaktadır. Metallerin üretim kısmında en önemli yer eritmedir. Bu bölümde çok miktarda enerji tüketilmekte ve atık oluşumuyla beraber dioksin emisyonları oluşmaktadır. Ayrıca plastiklerde üretimleri esnasında fazlaca enerji tüketmekte ve emisyonlar çıkararak atmosfere uçucu organik bileşikler (VOCs) yaymaktadır. Yapı malzemelerinin kaynak elde edilmesi ve üretiminde çok miktarda enerji tüketilmekte ve çevreye zarar verilmektedir. Bunun neticesinde asit yağmurları, küresel ısınma ve kirli sisin oluşmaktadır.

- Yapı ürünlerinin geri dönüştürülmesiyle kaynak tüketiminin azalmasına dolaylı olarak da yok edilmesi sırasından harcanan enerjinin azalmasına neden olacaktır. Nitekim bazı yapı ürünlerinin geri dönüştürülme işlemleri maliyetli ve çevreye zararı daha fazla olmaktadır. Bunun için yapı ürünlerinin bertaraf işlemlerinden seçilecek teknoloji büyük önem arz etmektedir. Yanlış bir teknoloji seçimi farklı atık çıkarmaya ve çevreye zararı daha fazla olabilmektedir. Bu etkiler küresel ısınmaya neden olabilmektedir (Tuna Taygun, 2005).

Taşkın, (2009)'un bir çalışmasında yapı sektörünün çevremizi güzelleştirmek ve gereksinimlerimizi gidermek için faaliyetlerini sürdürdüğü sırada ortaya çıkardığı olumsuz etkilerinin göz ardı edilemeyecek boyutta olduğunu belirtmektedir. Bu olumsuz etkilerin ortadan kaldırılmasına yönelik çıkartılan yönetmelikle ilgili kişilerin üzerine düşen görevleri açıklamakla beraber çevreye zarar vermeyecek şekilde öncelikle kaynaktan azaltılması, toplanması, geçici biriktirilmesi, taşınması, geri kazanılması, değerlendirilmesi ve bertaraf edilmesine ilişkin teknik ve idari hususları düzenlemektedir. Yapı sektöründe ortaya çıkan olumsuzluklar (atık) çeşitli fazlarda ve ebatlarda olabilmektedir. Bu gibi yapılardan kaynaklı atıkların çevreye etkileri “Çizelge 3.3” de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3.Yapı Sektöründe Ortaya Çıkan Atık Türleri ve Çevreye Etkileri (Karaman Öztaş, 2014)

ATIK	ÇEVREYE ETKİSİ
Ambalaj, plastik, metal, ahşap, cam, kağıt, beton, kablo, yağ-mazot, motor parçaları, sarf malzemeler, akü, lastik, fosseptik sızıntıları, yapıştırıcılar tehlikeli atıklar vb.	Toprak Kirliliği
Darbeli araçlar (beton kırıcılar), patlayıcıların kullanılması, basınçlı havayla çalışan ekipman, içten yanmalı motorlar	Gürültü Kirliliği
Egzoz gazı, toz, yanmış gaz, Hammadde temininde ortaya çıkan gazlar, VOC salımları, CFC salımları	Hava Kirliliği
İnşaat atık suları, fosseptik sızıntı suları, Atık yağlar	Su Kirliliği

Tuna Taygun (2005), plastik esaslı ürünlerin üretimler sırasında çevreye zararlı atıklar ve gazlar yaymakta olduğunu belirtmektedir. Yaygın bir kullanımı olan polivinil klorür (PVC)

ile, yapılarda doğrama malzemesi olarak karşımıza sıkça çıkmaktadır. Etilendiklorür (EDC) elde edilmesinde kullanılan klor gazı, tuz ve suyun cıva ile elektrolizinden oluşmaktadır. Bu işlemden çevreye yayılan cıva atıkları toprağı ve besin zincirini etkilemektedir. EDC, vinilklorüre (VC), VC de vinilklorür monomerine (VCM) dönüştürüldükten sonra polimerizasyonla PVC reçinesi üretilmektedir. Bu işlemlerin çoğunda başta, en güçlü zehir olarak tanımlanan dioksin olmak üzere çevre için pek çok kimyasal madde açığa çıkmaktadır. Poliüretan ve polistiren gibi yalıtım ürünlerinin üretiminde de açığa çıkan kloroflorokarbon (CFC) gazları, dünyayı güneşin zararlı radyoaktif ışınlarından koruyan ozon tabakasına zarar vermektedir. Ürünlerin üretim aşamasında çevresel etkilerinin incelenmesi gerekmektedir.

Beton ve çelik üretimi iklim değışikliğini en fazla etkileyen ürünlerdir. Fosil kaynaklardan sonra en fazla kullanılan ikinci malzeme çimentodur. Azot oksidin en temel kaynağı yılda yaklaşık olarak 25 tondan fazla salım yapan çimento fırınları olarak görülmektedir. Bünyesinden en fazla enerji saklayan ürün çeliktir. Dünyadaki enerji tüketiminin %4,1'lik oranını çelik ve demir oluşturmaktadır. Çelik ve demirin üretim süreçlerinde çok fazla su tüketimi yapılmaktadır. Bu tür yapı malzemelerinin üretimi ve kullanımı aşamalarında birçok çevresel sorun ortaya çıkmaktadır. Legal ya da illegal depolama alanları da zamanla ekosistemin dengesinin bozulmasına neden olmaktadır.

Yapı malzemelerinin üretimiyle uğraşan fabrikalar çevreye ve ekolojik dengeye büyük zararlar vermektedir. Ürünlerin üretimi için çıkarılan hammaddeler toprak ve ekolojik dengeyi bozan en büyük sebeplerdendir. Aynı zamanda çıkarılan bu hammaddeler kentlere yakın olduğunda en başta gürültü ve toz kirliliğine sonrasında ise yüksek emisyonlara neden olmaktadır. Yapı malzemeleri ölçeğinde yapılan çalışmalarda yapı malzemelerinin çevresel etkileri ve insan sağlığına olan etkileri araştırılmıştır. Betondan boyalara, yapıştırıcılardan yalıtım ürünlerine, borulardan oluklara kadar üzerinde araştırma yapılan yapı malzemesi ve uygulama sırasında kullanılan yapıştırıcılar gibi yan ürünler insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Etkiler baş dönmesinden kansere, tümörden kalp krizine değışiklik göstermektedir. Bazı yapı ürünlerinden kaynaklanan kirleticiler ve kullanıcı sağlığına etkileri “Çizelge 3.4” de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Yapı Ürünlerinden Kaynaklanan Kirleticiler ve Kullanıcı Sağlığına Etkileri (Kokulu, 2016)

KİRLETİCİLER	KİRLETİCİNİN BULUNDUĞU YAPI TÜRÜ	KULLANICI SAĞLIĞINA ETKİLERİ
Benzen	Mobilyalar, Boyalar, Kaplamalar	Kanser
Formaldehit	Kontrplak, Halı ve Laminat Yapıştırıcılar, Boyalar, Yalıtım Ürünleri	Göz Yanması ve Yaşlanması
Tolüen	Yapıştırıcılar, Döşeme Kaplamaları, Boyalar	Bitkinlik, Koordinasyon Bozukluğu, Uykusuzluk, Göz Rahatsızlığı
Radon	Beton, Tuğla, Granit, Alçı, Agrega	Akciğer Kanseri
PVC (Polivinil klorür)	Doğrama Profilleri, Kaplama, Çatı Örtüsü, Duvar Kağıdı, Boru Oluk	Bağışıklık Sistemi Zayıflığı, Üreme Organları Sorunu, Akciğer, Karaciğer, Mide, Lenf Kanseri, İşitme Kaybı
Ksilen	Yapıştırıcılar, Duvar Kağıdı, Halıflexler, Tutkallar	Akciğer Kanseri, Deride Tahriş, Uyuşukluk, Bulantı
Kurşun	Yağlı Boya Endüstrisinde, Çatı Malzemelerinde, Akü, Seramik	Beyin Kanseri, Bulantı, Kusma, Kalp Ritim Bozukluğu, Kansızlık
Arsenik	Ahşap Koruyucular, Duvar Kağıtları	Kalp ve Nörolojik Tahribatlar, Kemik İliği ve Kan Kanserleri
Cıva	Floresan Ampul, Pil, Tıbbi Atık, Yakma Kömür, Klor-Alkali Endüstrisi	Merkezi Sinir Sisteminin Tahribatı, Karaciğer, Kalp ve Böbrek Hasarı
Stiren	Boya, Polistiren İmalatı, Mantolama Ürünleri, Kauçuk	Akciğer Kanseri, Deride Tahriş, Uyuşukluk, Bulantı
İzosiyanatlar	Poliüretan Üretimi, Boya	Akciğer Kanseri, Astım

Yapı malzemeleri, insan sağlığını etkiledikleri gibi çevreye de yaptıkları salınımlarla olumsuz etki etmektedir. Bu etkiler çevresel etki kategorileri altında “Çizelge 3.5” de incelenmektedir.

Çizelge 3.5. Yapı Malzemeleri Çevresel Etki Kategorileri (Kokulu, 2016)

Ekolojik yıkım	İnsan sağlığı tahribatı	Kaynak tüketimi
Küresel Isınma/ İklim Değişikliği	Hava Kirliliği ve Dumanlı Sis	Fosil Yakıtlar
Ozon Delme Potansiyeli	Sağlığı Bozan Maddeler	Temiz Su
Asit Yağmurları	Kanserojenler	Mineraller (Fosil Olmayanlar)
Ötrofikasyon		Üst Toprak

Bir ürünün girdileri (enerji, kaynak, su) ve çıktılar (atık sular, emisyon, sıvı ve katı atıklar) gezegenimizi, ekolojik dengemizi ve sağlığımızı etkilemektedir. İnşaat sahalarının etrafındaki yakın ve uzak ekosistemlerde bu etkiler görülebilmektedir. Her miktardaki etki birbirleriyle ilişkilidir. Ülkeler için küçük faaliyetler bile küresel sonuçlara neden olabilmektedir.

Suya ve kimyasallara karşı dayanıklı olan PVC dolgu malzemesi olarak kullanıldığında çok ağır çökmektedir. Yapılan çalışmalar, zaman geçtikçe PVC'nin zincir yapısını koruyarak yavaşça bozulduğunu göstermektedir. Ancak, diğer bir yok etme metodu olan yakma işleminde, PVC asit gaz salgılamaktadır. Hava kirliliği, dioksin sızdırmaları ve ağır metaller için de potansiyel tehlikeleri bulunmaktadır. Örneğin 1 ton PVC bileşimindeki sentetik maddenin yakılmasıyla yaklaşık olarak 600 kg klor asidi (HCL)'nin serbest kalmasıyla atmosfere zarar verdiği tespit edilmiştir. Benzer şekilde bakteri ve mantar gibi ayrıştırıcı organizmalar tarafından yok edilemeyen sentetik maddeler, doğada çürümeden olduğu gibi kalmakta ve atıkları büyük alan kaplamaktadır. Yakıldıklarında ise klor asidi buharları oluşmaktadır. Yapı ürünlerinin yok etme yöntemleri çevrenin sürdürülebilirliği açısından analiz edilerek, uygun olan yöntemi seçmek gerekmektedir (Erdin, 1995).

3.4.1. Yapılarda Kullanılan Kimyasalların İnsanlara Etkileri

Yapı kimyasalları sektöründe yer alan iş kollarında üretim türlerine göre farklı kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Sektörde en çok kullanılan kimyasal maddeler; sentetik maddeler, çözücüler-incelticiler-pigmentler, poliüretan reçinelerle kullanılan izosiyanatlar, formaldehit reçineler, stiren buharı, krom ve bileşikler, metanol ve benzendir. Bu kimyasal maddelerin çalışanlar tarafından MSDS formlarının çok dikkatlice okunması, zararlı etkilerinin bilinmesi gerekmektedir. Örnek olarak sektörde sıklıkla kullanılmakta olan sentetik tiner MSDS formuna göre incelendiğinde, her tip sentetik boya veya verniklerin fırça, rulo ve tabanca tatbikatlarında inceltici olarak kullanılmak üzere imal edildiği görülmektedir. Ayrıca boya alet ve ekipmanlarının temizlenmesinde de kullanılır. Alevlenir bir madde olup, yutulması halinde akciğerde hasara neden olabilir. Sıvı buharlarının akciğerlere çekilmesi durumunda akciğerlerde kimyasal iltihaplanma olabilir. Uyuşukluk, deride kuruma veya tahriş oluşabilmektedir. Ayrıca bu tür bir kimyasalın atıkları kanalizasyon, toprak veya su yollarına kesinlikle dökülmemelidir.

Çözücüler ve incelticilere ek olarak pigmentler ve reçinelerde insan sağlığına büyük zararlar verebilmektedir. Buhar ve aerosollar burunda ve boğazda yanmaya neden olarak, solunum borusunun ciddi bir şekilde tahriş olmasına neden olabilmektedir. Formaldehit reçineleri ile çalışırken yüksek miktarlarda stiren buharı kullanılmaktadır. Alevlenebilen bir kimyasal maddedir. Bu tür bir kimyasal solunduğunda zararlı olabilmektedir. Bu tür bir kimyasal solunduğunda zararlı olabilmektedir. Formaldehit çok güçlü dezenfektan olarak kullanılmaktadır (Buhurcu, 2016).

3.4.2. Yapı Ürünlerinin ve Kimyasalların İç Hava Kirliliği Oluşturması

Yapı ürünlerinin ve kimyasallarının iç hava kirliliği oluşumu üzerine Cengiz Yılan (2008), tarafından yapılan bir çalışmada, kirliliğin, bir veya daha çok sayıdaki kirleticinin ortamı kullananların yaşantısını olumsuz yönde etkileyebilecek oranda birikmesiyle oluştuğu, yapının içinden ve dışından etkilendiği belirtilmiştir. Dış ortamdaki kirleticilerin yapının içine girerek iç havaya karışması yanında, kullanıcıların biyolojik yapılarından, eylemlerinden kaynaklanan ve yapı ürünlerinin sebep olduğu kirleticilerin, yapı içerisindeki havaya karışması, burada birikmesi ve havanın kalitesini bozacak oranlara ulaşması sonucu yapı içi hava kirliliği oluşmaktadır. Yapıyı fiziksel olarak oluşturan yapı ürünleri, yapısı, uygulaması, kullanılması ile zamanla ortaya çıkan değişikliklerden etkilenmeleri sonucunda kirletici kaynağı olunca,

sürekli ya da geçici olarak kullanıcıların sağlığında biyolojik ve psikolojik sağlık sorunlarına sebep olabilmektedir. Yeni yapı malzemeleri, eski yapı malzemelerine göre daha fazla kimyasal madde kullanıldığı için çevreye verilen zarar artmaktadır. Yapıştırıcı, boya, cila, vernik vb. kimyasalların yapısındaki kirleticiler kullanıldığı yerin havasını kirletmektedir. Yapıdaki bakım ve onarım gibi işlemler yapı içi havasını kirletmektedir. Bazı yapı ürünlerinden kaynaklanan kirleticiler “Çizelge 3.6” da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Yapı Ürünlerinden Kaynaklanan Kirleticiler (Kokulu, 2016)

Yapı Ürünleri	Kirleticiler
Beton, Sıva	Radon, Formaldehit, Ksilen, vb.
Boyalar	Stiren, Toluen, Hekzan, Ksilen, Benzen, Formaldehit, Metilen vb.
Duvarlar	Radon, Toluen, Ksilen
Mobilyalar	Formaldehit vb.
Flüoresan lambalar	Poliklorobenzen, Cıva
Kaplamalar	Radon, Toluen, Benzen, Asetaldehit
İşlenmiş Ahşap	Stearin, Hekzan, Benzen, Toluen vb.
Yalıtım Malzemeleri	Etilbenzen, Formaldehit, Stearin

Son dönemlerde iç ortam hava kalitesini entegre eden araştırmalar, mevcut insan toksisitesini yaşam döngüsü değerlendirmesi kategorilerinde iç kaynaklı kimyasal kirletici madde içeriğine odaklanmıştır. Bu yaklaşımlarda, iç mekan kirletici emisyonlarının etkileri, iç mekan malzemeleri emisyon oranlarına ve doluluk oranlarına gibi bina seviyesi değişkenlerine dayanarak tahmin edilmektedir. Bu faktörlere ilaveten, binanın konumu ve havalandırma özellikleri nedeniyle bina içi hava kirliliği, bina içi biyolojik ve biyokimyasal kirleticilerin oluşumu ve binada oturanların sağlığı ve verimliliği (örneğin yetersiz aydınlatma kalitesi nedeniyle göz yorgunluğu ve insan sağlığına etkileri) eklenebilmektedir (Collinge, Landis, Jones, Schafer ve Bilec, 2013).

3.5. Yapı Ürünlerinin ve Kimyasallarının Çevresel Etkilerinin Azaltılması

Yapı ürünleri ve kimyasalları kullanılan her aşamada, çevreye olumsuz etkilere sebep olmuşturlar. Yapı malzemelerinin bakımı ve onarımı çevreye ve iç ortam kalitesini etkileyecek zehirli kimyasalları açığa çıkartmaktadır. Başlıca iç hava ortam kalitesini etkileyen maddeler su geçirmezlik maddeleri, vernikler, yapıştırıcılar, boyalar, solventler ve uçucu organik bileşikler vb. zararlı bileşenlerdir (Kaya, 2011).

Geçim (2018), yapı ürünleri sanayisi dünyada hammadde akışının %50'sinden sorumlu olduğunu belirtmektedir. Bölgelere göre değişmekte olduğu bilinmekle beraber yapı sanayisinden kaynaklanan atıkların %15-50 arasında olduğunu bilinmektedir. Bu oranlar dikkate alındığında, atıklar için kaynak yönetiminin gerekliliği bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Enerji kaynaklarının ve doğanın bilinçsizce kullanılması, dünyanın doğal dengesinin bozulmasına yol açmaktadır. Bu bilinçsizce kullanımın zamanla artması, doğada ciddi tahribatlara ve yok olma sürecini başlatmıştır. Özellikle kentlerdeki hava kirliliği, içme sularının kirlenmesi, trafik gürültüsü, besin zinciri sonucu besinlerin sağlıklı olmaması, insanın sağlıksız şartlarda, kirliliğin odak noktasında yaşamalarına neden olmuştur. Bu da kalp ve damar hastalıkları, mikrobik hastalıklar ve kanser gibi ölümcül hastalıkların artmasına neden olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketimin arttırılmasına yönelik destekler ve çalışmalar çevre sorunlarına karşı önemli adım oluşturacaktır. Özellikle enerji tüketiminde büyük bir paya sahip yapı sektörünün tüm evrelerinde yenilenebilir enerji kullanma ve enerjiyi etkin kullanma çözümlerine yönelmesi, bu konuda alınacak önlemlerin etkinliğini önemli düzeyde arttıracaktır. Sadece günümüzün değil, gelecek nesillerin ihtiyaçlarının da karşılanması için yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin azaltılması görüşü benimsenmiş ve önlemler alınmaya başlanmıştır. Her geçen gün zarfında insanlar bu konular hakkında bilinçlenmekte ve çevreci yapı tasarım yaklaşımları benimsenmektedir.

3.5.1. Geri Dönüşüm Potansiyeli Yüksek Olan Malzemelerin Kullanılması

Kaya (2011), bir çalışmasında inşaatlarda geri dönüşebilir ve yeniden kullanılabilir özellikte malzemelerinin kullanılması kaynak azalmasıdaki en önemli etken olduğunu bildirmiştir. Asfalt, ahşap, beton, plastik ve cam gibi malzemeler geri kazanılabilir ve yeniden kullanılabilir özelliği olduğundan dolayı bu tür ürünler tercih edilmelidir. Geri dönüştürülmüş malzemelerden oluşan yapı ürünleri, atıkların değerlendirilmesine olanak sağladığı gibi, gittikçe tükenen doğal kaynaklara olan gereksinimi azaltmaktadır. Geri dönüşüm ile

malzemelerin üretimi için gerekli enerjiden tasarruf edilmektedir. Çünkü birçok malzemenin geri dönüştürülmesi için gereken enerji miktarı, üretimi için gerekli olan enerji miktarından çok daha azdır.

Yapılar, yıkım sonrası diğer yapılar için kaynak oluşturmaktadır. Geri dönüşümü kolay olan çelik, cam ve ahşap gibi malzemeler değerlendirilmektedir. Taş, tuğla, beton, seramik gibi malzemeler yeniden değerlendirilerek farklı şekillerde kullanılabilir. Yapının tasarım ve malzeme seçimi sürecinde geri dönüşebilir ve yeniden kullanılabilir malzeme seçimi ile malzemelerin üretim enerjisinden tasarruf edilebilir (Filik, 2015).

3.5.2. Yerel Olarak Üretilen Malzemelerin Kullanılması

Yerel olarak çıkartılmış ve üretilmiş malzemeler kullanmak en başta nakliyat giderlerini azaltılmış olmaktadır. Nakliyat esnasında kullanılan fosil yakıtlar ve oluşan emisyonlar azalmaktadır. Geri dönüşümlü, uzun ömürlü, az bakım-onarım gerektiren malzemeler kaynak tüketimini azaltmaktadır. Agreg, tuğla, beton gibi malzemelerin üretilmesi için hammadde ile üretim yeri arasında en fazla 100 mil bulunmalıdır. Hammadde ile üretim yerinin aynı yerlerde bulunması zaman açısından da önemlidir (Kaya, 2011).

3.5.3. Sertifikalı Malzeme Kullanılması

Sertifikalandırılmış malzemeler belli standartları sağladığı için yapılarda kullanılması ve sürdürülebilirlik için büyük bir önem arz etmektedir. Yapılarda kullanılan malzemeler, doğanın kaynakları işlenerek elde edilmektedir. Malzeme korunumu, bu anlamda doğal kaynakların gelecek kuşaklara sağlıklı biçimde iletilebilmesi için büyük önem taşır. Bu noktada 'çevreye saygılı' malzeme kavramının tanımlanması ve sürdürülebilirlik kavramı çerçevesinde malzeme seçiminde dikkat edilmesi gereken unsurların belirlenmesi gerekmektedir. Çevreye saygılı malzemelerin genel özellikleri, üretimi aşamasında kirlilik ve atık oluşturmayan, doğal ve yerel kaynaklardan elde edilen, geri dönüşebilir, yeniden kullanılabilir, uzun ömürlü, dayanıklı ve fazla bakıma ihtiyaç duymayan, çevreye zehirli atıklar yaymayan şekilde sıralanabilmektedir (Filik, 2015).

3.5.4. Minimum İşlenmiş Malzemelerin Kullanılması

Minimum düzeyde işlenmiş malzemeler doğaya daha az zarar vermektedir. Üretim ve ürünün işleme bölümlerindeki faaliyetlerin azaltılması enerji kullanımında tasarruf sağlayabilir.

Minimum şekilde işlenmiş malzemeler genellikle daha az atık ve emisyon ortaya çıkarmaktadır. Taş, ahşap vb. gibi minimum işlenmiş ürünler alüminyum ve plastikler gibi yoğun olarak işlenmiş ürünlere göre içerilmiş enerjileri daha düşük olduğundan dolayı bu tür ürünler tercih edilmelidir (Kaya, 2011).

3.5.5. Çevreye Zararlı Etkileri Daha Az Olan Ürünlerin Seçimi

Ürünler karşılaştırılarak çevreye en az zarar veren ürün tercih edilmelidir. Çevrenin sürdürülebilirliği, yapılar ve yapı ürünleri ile doğrudan bağlantılıdır. Yapıyı oluşturan yapı malzemeleri, uzun yıllar boyunca doğada bulunmaktadır. Bundan dolayı ürünler yaşam döngüsünün her evresinde çevreye müdahalesi söz konusu olabilmektedir. Gelecek kuşaklara, sağlıklı, temiz bir çevre bırakabilmek adına çevreye daha az zararı olan yapı ürünleri tercih edilmelidir (Balanlı, 1997).

Yapı malzemelerinin üretiminde kullanılan hammaddenin büyük bir çoğunluğunun ürün içerisinde yer alması ve kullanılan hammadde ile ürün arasındaki oranın mümkün olduğu kadar bire yakın olması, malzemenin ekolojik olarak olumlu olmasını sağlayacaktır. Organik malzemeler inorganik malzemelere (çelik, bakır vs.) göre daha hızlı bir şekilde doğaya karışmaktadır. PVC gibi ürünlerin yok edilme işlemlerinde yüksek oranda havaya kirletici yaymaktadır. Malzemelerin birçoğunun üretim aşamasında çeşitli kimyasallar eklendiğinden dolayı ayrışma sırasında tehlikeli maddelerde çıkabileceğine dikkat edilmesi gerekmektedir (Kaya, 2011).

3.5.6. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Üretilen Malzemelerin Tercih Edilmesi

Doğal kaynaklar genellikle yenilenebilir kaynaklardır. Genellikle doğal malzemelerin enerji içeriği insan yapısı malzemelerden daha düşüktür. Daha az işlem gerektirirler ve çevreye daha az zarar vermektedirler. Örneğin; ahşap teorik olarak yenilenebilen bir kaynaktır. Belli doğal süreçler içerisinde kontrollü bir şekilde tüketiminin yapılması ahşabı sürdürülebilir bir kaynak yapmaktadır. Finlandiya’da yetiştirilen ahşap sürdürülebilir olduğuna dair sertifikayla piyasaya sunulmaktadır. Fosil yakıtların kullanılması hava kirliliğine, küresel ısınmaya ve insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları çevre dostu ürünler olarak ön plana çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketiminin arttırılmasına yönelik teşvikler ve çalışmalar çevre sorunlarına karşı önemli bir adım olacaktır. Özellikle enerji tüketiminde büyük bir paya sahip yapı sektörünün tüm evrelerinde yenilenebilir enerji kullanma

ve enerjiyi etkin kullanma çözümlerine yönelmesi, bu konuda alınacak önlemlerin etkinliğini önemli düzeyde arttıracaktır (Kaya, 2011).

3.6. Yapı Malzemelerinin Geri Dönüşüm Potansiyelleri

20.Yüzyılda inşaat ve altyapı yatırımları arttığından dolayı bu dönemde atıklar ortaya çıkmaya başlamıştır. İlk başlarda bu atıklar önemsense de gelişmiş ülkeler bu atıkların sürdürülemeyeceğini anlamıştır ve 1970'lerde çevre yasaları ve atık yönetim sistemleri ile bu atıkların bertaraf edilmesine yönelik çalışmalar başlatmışlardır. 1990'lardan sonra atık geri kazanım uygulamaları hızla artmıştır.

Almanya, Hollanda, Avusturya, İsveç, Macaristan gibi ülkelerde 1980'li yılların başlarından itibaren yapılardan çıkan atıklar, çeşitli tesislerde işleme tabi tutularak geri kazanılmakta ve yeniden kullanıma sokulmaktadır. Avrupa Komisyonunun 2011 yılındaki yapılardan çıkan atıkların yönetim raporuna göre en başarılı ülkelerin başında Hollanda (%98) ve Danimarka (%94) gelmektedir. Bu ülkelerde yüksek düzeyde yeniden kullanım ya da geri dönüşüm elde edildiğinden dolayı kendi kural ve yönetmeliklerini geliştirmişlerdir. Türkiye'de Avrupa Birliği uyum yasaları çerçevesinde çevreyle alakalı yasaların düzenlenmesi yapılmıştır. Bu çalışmalar çok yeni olduğundan dolayı geri dönüşüm ve yeniden kullanım konularındaki çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Türkiye'de en geçerli yöntem atıkların kaynağında ayrılmasıdır. Kentsel dönüşüm çalışmalarıyla hafriyat atık miktarı büyük bir artış göstermiş bu atıkların bertarafı 125 milyon tona ulaşmıştır. Geri dönüştürülebilen malzeme her 1 m³ yapısal atıktan yaklaşık olarak 0,6 m³ olduğu hesaplanmıştır.

Yapı malzemelerinin büyük bir çoğunluğu yeniden kullanılabilir veya geri kazanabilir durumda olduğunda dolayı bu malzemelerin çevresel etkileri azaltılabilmektedir. Böylelikle yapı sektöründen çıkan atıklardan kaynaklanan toprak ve su kirliliğinin önüne geçilebilecektir. Yapı sektöründe çokça kullanılan beton, çelik, metal, ahşap, seramik, cam, plastik gibi yapı malzemelerinin/bileşenlerinin geri kazanım potansiyelleri oldukça fazla olduğu bilinmektedir. Her ürünün geri dönüşüm özelliği ve bu evrede çevreye etkisi aynı olmamaktadır. Bazı yapı ürünlerinin geri dönüşme özellikleri,

- Plastikler yenilenemeyen kaynaklar olan petrol ve doğalgaz ürünlerden üretildikleri için enerji tüketim oranları yüksek, çeşit olarak da ayrışmaları zor olduğu için genellikle dönüşümlülük kapasiteleri düşüktür.

- Ayrılmış cam ürün çok kolay geri dönüştürülebilir. Eski kullanılmış camlar, genellikle pencere camı, fayans ve tuğla yapımında hammadde olarak kullanılabilir.
- Tuğlanın üretim ve kullanım atıkları, yeni üretilecek ürünün hammaddesine katılabilir. Ayrıca yapı yıkımı sonrasında kurtarılarak yeniden kullanılabilir.
- Çelik ve alüminyum geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir ürünlerdir. Çelik endüstrisinde geri dönüşüm oranı %66 civarındadır.
- Beton, cam ve çelik gibi geri dönüşüm aşamasından sonra yeniden şekil verilebilen bir ürün değildir. Bu nedenle beton, yol yapım çalışmalarında ve zemin dolgusunda agrega yerine yeniden kullanılabilir.
- Alçı ürünlerin dönüşümlülük kapasiteleri, eğer boya ya da yapıştırıcı ürünlerle bozulmamışsa yüksektir.

Türkiye’de son yıllarda yapılan alt yapı yatırımları ve kentsel dönüşüm ile beton üretimini de artırmıştır. Beton üretiminden kaynaklanan atıklar oluşmuş ve geri kazanım elde edilmeye başlanmıştır. Geri kazanılan betonlar dolgu malzemesi, yol yapımında vb. işlerde kullanılabilir (İpekçi, Coşgun ve Esin, 2015). “Çizelge 3.7” de bazı yapı malzemelerinin geri dönüşüm işlemlerinden ve elde edilen ürünlerden bahsedilmiştir.

Çizelge 3.7. Yapı Malzemeleri/Bileşenlerinin Geri Kazanım İşlemleri ve Kullanım Alanları (İpekçi vd., 2015)

Yapı Malzemeleri/ Bileşenleri	Geri Dönüşüm İşlemleri	Geri Dönüştürülmüş Ürün
Beton	Kırma, Ufalama	Geri dönüştürülmüş agrega (kırmataş), Dolgu malzemesi, Düşük dayanımlı beton bileşiminde agrega (grobeton), Yol yapımında altyapı malzemesi, parke taşı, sıva ve peyzaj elemanlarında
Doğal Taş	Kırma, Ufalama	Geri dönüştürülmüş agrega, Dolgu malzemesi
Tuğla/ Kiremit	Harç artıklarının temizlenmesi, Kırma, Ufalama, Yakılarak uçucu küle dönüştürme	Yeniden kullanılacak tuğla, Dolgu malzemesi,

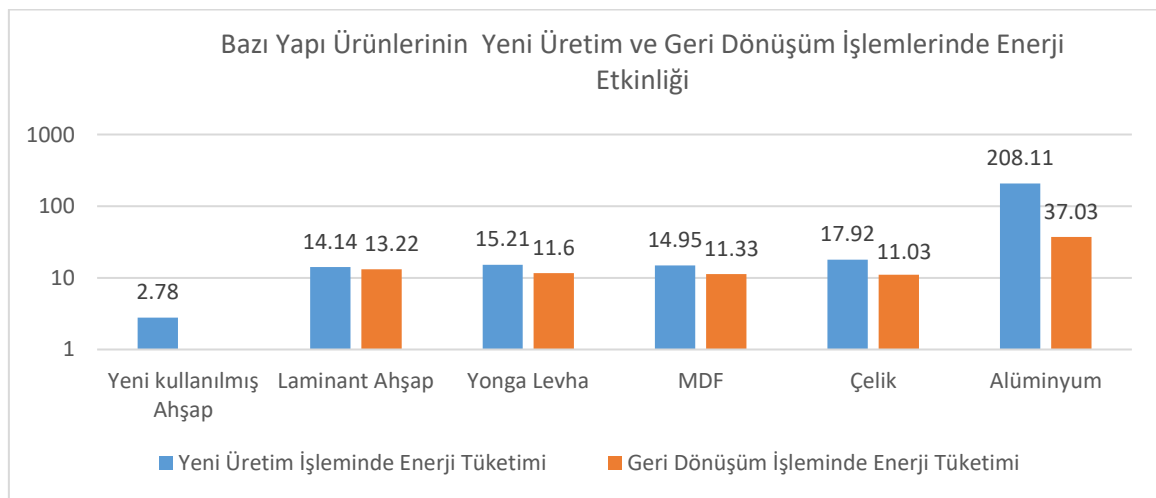
		Tuğla/kiremit üretiminde hammadde
Kağıt/ Karton	Temizleme	Geri dönüştürülmüş Kağıt
Mermer	Kırma, Toz haline getirme	Beton ve asfalt uygulamalarında agrega, Dolgu malzemesi, Asfalt, Çimento-beton harcında ve zemin iyileştirmede dolgu katkı malzemesi
Metaller	Doğrudan kullanım, Eritme	Yeniden kullanılacak metal, Yeni metal üretimi
Yalıtım Malzemeleri	Yıkama, kurutma, öğütme ve ezme, yakma	Yeniden üretilen yalıtım malzemesi, Asfalt yapımında
Cam	Doğrudan kullanım, İkinci kalite cam üretimi, Öğütme, Ezme, Eritme	Yeniden kullanılacak cam, Geri dönüştürülmüş cam, Cam lifli yalıtım malzemesi, Seramik, Yol döşeme bloğu, Yol kenarlarındaki yansıtıcı boya üretiminde
Pvc Esaslı Ürünler	Yıkama, Kurutma, Eritme, Kırma, Kesme, Kırma, Ufalama, Toz haline getirme	Panel, Geri dönüştürülmüş plastik, Geri dönüştürülmüş agrega, Alan drenajı, Asfalt, Sentetik toprak
Kapı/Pencere Mutfak Ekipmanları	Doğrudan Kullanım, Temizleme/ boyutlandırma	Yeniden kullanım
Seramik	Kırma/Öğütme	Camlarla birlikte geri dönüştürülerek tezgah üretiminde, Beton ve tuğla üretiminde katkı olarak
Ahşap	Doğrudan kullanım, Temizleme/kesme/yeniden boyutlandırma, Yüksek su buharı altında şekil verme, Rendelenerek lif, talaş ve yonga haline getirmek, Yakma	Yeniden kullanılacak ahşap, Mobilya ve mutfak elemanları, Enerji kaynağı, Ahşap kökenli malzemeler, Yalıtım levhası, Hafif yalıtım ve dolgu malzemesi, Kağıt

Yeniden kullanılabilir veya geri kazanılabilir özellikte olan çelikler aynı zamanda hurdasının büyük bir ekonomik değeri bulunmaktadır. Geri dönüşüme sokulan çeliğin su

tüketiminde, enerji kullanımında ve üretilirken çıkardığı atıklar büyük oranda azalma olduğu belirtilmektedir. Maden çıkarılması ve üretim işlemlerinde yüksek seviyede enerji kullanılması; kaynak kullanımı, toprak ve habitat kaybı hava ile su kalitesinin bozulması gibi olumsuzluklar meydana getirmektedir. Maden cevherinin işlenmesinden kaynaklanan yanmasıyla karbondioksit emisyonunu ortaya çıkarmakta ve hava kirliliğine neden olmaktadır. Maden işlenmesi sırasında su tüketiminin fazla olmasına ve kullanılan suyun kimyasallar ve cevher atıkları ile kirlenmesine neden olmaktadır. Bugün dünyada üretilen alüminyumun üçte biri geri dönüştürülmüş alüminyumdan üretilmiştir. Üstelik aynı miktar ürün birincisi alüminyum üretiminin gerektirdiği enerjinin %5 ile üretilmektedir (İpekçi vd., 2015).

Mermer sektörü genellikle üretimi ve uygulanması esnasında en çok atık miktarını oluşturmaktadır. Oluşan bu atıklar toz ve parça mermerlerdir. Mermer tozunun büyük bir bölümü yollarda ve yolların aşınması engellemek için kullanılmaktadır. Geriye kalan mermer parçaları ise agrega kullanımı için tekrar değerlendirilmektedir (Gürer, Akbulut ve Kürklü, 2004).

Avrupa ve Amerika’da asfaltın geri dönüşümü konusunda baya bir ilerleme mevcuttur fakat ülkemizde daha yeni yeni yaygınlaşmaya başlamıştır. Geri dönüşüm işlemlerinde asfaltın kazandıktan sonra santrale götürüp belli bir işlemde geçirildikten sonra tekrardan serilmesi ile yapılmaktadır. Bu yöntem oldukça ekonomik ve kullanımı giderek artmaktadır (Gürer vd., 2004). Bazı yapı ürünlerinin yeniden üretim ve geri dönüşüm işlemlerinde enerji harcamaları “Şekil 3.2” de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Bazı Yapı Ürünlerinin Yeni Üretim ve Geri Dönüşüm İşlemlerinde Enerji Etkinliği (Terzi, 2009)

“Şekil 3.2” de görüldüğü gibi yapı ürünlerinin birçoğunda yeni üretim için gerekli olan enerji miktarı, geri dönüşüm işleminde gereksinim duyulan miktardan daha fazladır. Bir ürünün kullanım ömrü dolduktan sonra geri dönüşüm ya da yeniden üretim işleminin gerçekleştirilmesinde bilinçli karar vermek gerekmektedir. Geri dönüştürülerek üretilen bir ürünün, yeniden üretilen bir ürüne göre daha az enerji kullanacak olması olumsuz çevre etkilerini azaltacaktır (Terzi, 2009).

Binalarda yapılan bakım-onarımlarda, yapı malzemelerinin yarısının değiştirildiği, geriye kalan malzemelerin %37’sinin atık olarak çıkarıldığı ve %13 oranında ise yeniden kullanım amacıyla değerlendirildiği görülmüştür. En çok değiştirilen ürünler vitrifiye malzemeleri, pencere doğramaları, mutfak tezgâhları ve dolapları ve iç-dış kapılar olduğu tespit edilmiştir. Bu değiştirilen ürünler ikinci el yoluyla yeniden değerlendirilmesi gibi çalışmalar yapılmalı ve çevreye daha az zarar verilmelidir.

Son yıllarda Türkiye’de inşaat sektörünün yaptığı yatırımların artması nedeniyle yapılardan çıkan atıklar artmış ve çevreye zarar vermeye başlamıştır. Bu doğrultuda atıkların kaynağında giderilmesi politikaları her geçen gün önemini arttırmaktadır. Sıfır atık projesi ile insanlarımız bilinçlendirilmekte ve atıklar geri kazandırılmaktadır. İnsanlar var olduğu sürece atık çıkaracağından dolayı yeniden kullanım, geri dönüşüm ve enerji korunumu gibi uygun atık bertaraf yöntemleriyle işlemler yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Ekonomik ve çevresel açıdan geri kazanım yöntemlerinden en yararlı olanı, hiçbir işleme uğramamış malzemeler veya çok az bir işlemde geçmiş malzemelerin yeniden geri dönüştürülmesidir. Türkiye’de yapı malzemeleri sanayisi son yıllarda büyük bir artış göstermiştir. Çevre Bakanlığının yapmış olduğu projelerle bu atıkların miktarı azaltılmaya çalışılmaktadır. Bu sebeple, geri dönüşüm ve ikinci el uygulamalarının desteklenmesi enerji ve kaynakların üstündeki yükü hafifletilmesi sağlanabilecektir. Türkiye’de geri kazanım uygulamalarının teşvik edilmesi insanların bu konularda eğitilmesiyle ve farkındalığıyla sağlanabilir. Geri kazandırılan ürünler insanlara makul fiyatlara satılarak desteklenmesi gerekmektedir. Geri kazanılmış yapı malzemelerinin kullanımının yaygınlaştırılması çevresel ve ekonomik yükü hafifletmesi nedeniyle kaynak korunumu ve sürdürülebilirlik konularında olumlu katkılar sağlayacaktır (İpekçi vd., 2015).

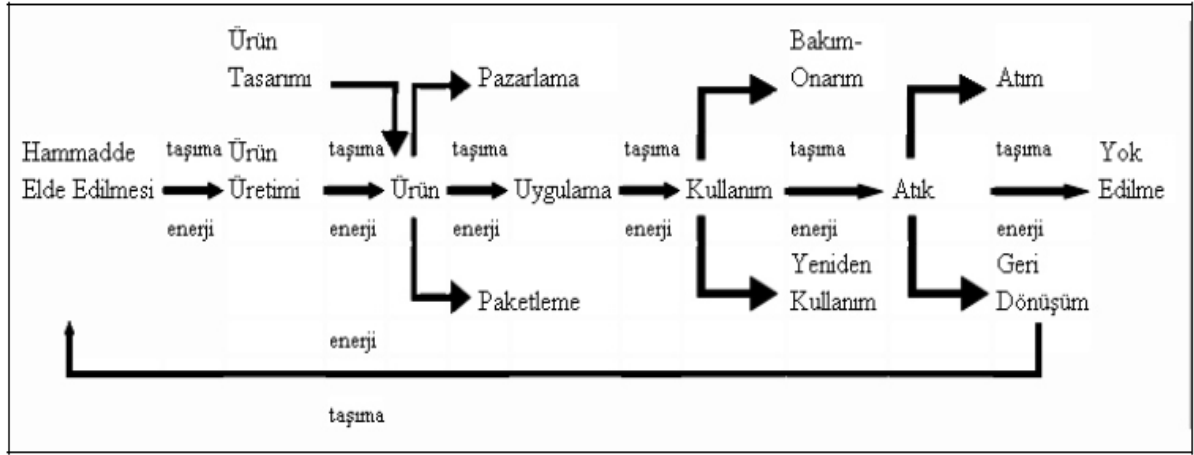
3.7. Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Süreci

Bir maddenin ya da ürünün üretim süreçlerinin yaşamsal ve çevresel nitelik taşıması gerekliliği kabul edilmektedir. Yapı ürünlerinin çevre ile etkileşimi yaşam döngüleri boyunca devam etmekte ve her aşamanın insan etkinlikleri ile birlikte çevreye olumsuz etkileri olduğu görülmektedir.

- Beşikten mezara deyişi ile yaşam döngüsü sürecinin temel özellikleri:
- Bir ürünün, üretimin veya etkinliğin yaşam döngüsünün farklı aşamalarında hammadde kaynağının ve diğer girdilerin içerdiği tüm kirleticilerin ve atıkların sebep olduğu çevresel değişimlerin değerlendirilmesi,
- Bir ürünün, üretimin veya etkinliğin sebep olduğu bir sorun varsa onun değerlendirmesi,
- Bir ürünün, üretimin veya etkinliğin yaşam döngüsü boyunca çevresel etki değerlendirmesi için yararlı olacak bilgileri vermesi,
- Ürünler, üretimler ve etkinlikler arasında bütünlük sağlayacak farklı üretimlerin veya tasarım oluşumlarının çevresel etkilerinin değerlendirilmesi olarak ifade edilmektedir.

Yaşam döngüsü süreci içecek kutularının, paketleme ürünlerinin, boyaların, plastiklerin, çeliğin, ev gereçlerinin, deterjanın, yakıtların, enerjinin ve birçok ürünün üretimi ve kullanımında uygulanmaktadır. Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü süreci hammaddenin işlenerek daha çok bitirilmiş ürün şekline gelmesi, ürünlerin kullanılması, atılması veya geri dönüştürülmesi aşamaları ile gerçekleştirilmektedir. Bu süreç genişletildiği zaman;

- Hammaddenin elde edilmesi,
- Hammaddenin taşınması,
- Ürünün üretimi,
- Ürünün uygulanması,
- Ürünün kullanımı,
- Yeniden kullanım,
- Geri Dönüşüm,
- Yok Edilme, aşamalarının kapsandığı görülmektedir.



Şekil 3.3. Yapı Ürününün Yaşam Döngüsü (Dilaver, 2005)

Yaşam döngüsünde yapı ürünleri çevre üzerindeki etkileri, kullanıldıkları yapıların da toplam çevresel etkilerini büyük oranda belirlemektedir. Çevre dostu malzemeler yapılarda kullanılarak çevrenin sürdürülebilirliğine katkı sağlanabilmektedir. Yapılar ve yapı malzemeleri yaşam döngüleri boyunca hammadde, enerji, su gibi doğal kaynakları kullanmaktadır. Bu esnada insan ve çevreye zararlı emisyonlarla katı atıklar yaymaktadırlar. Döngünün her evresinde ve aradaki tüm kısımlarda; işgücü, enerji ve doğal kaynak kullanımı girdileri, katı atıklar, hava ve su emisyonları ise çıktıları oluşturmaktadır. Çevrenin sürdürülebilirliğinin sağlanması için, yapı malzemelerinin yaşam döngüleri boyunca çevresel değerlere en az düzeyde zarar vermesi, ekosistem ve doğal döngüleri bozmaması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Dilaver, 2005).

3.7.1. Hammaddenin Elde Edilmesi

Hammaddenin çıkarılması ve işleme noktasına ulaşım kısmını kapsamaktadır. Hammaddenin temini sürecinde; enerji, işgücü ve anamal tüketilmektedir. Bu kısımda hava emisyonları, katı ve sıvı atıklar oluşabilmektedir.

Sanayide kullanılan hammaddelerin büyük bölümü yapı ürünleri üretimi için kullanılmaktadır. Yapı ürünü hammaddesi doğal kaynaklardan çıkartılmakta veya çeşitli yöntemleri ile yapay yollarla elde edilmektedir. Tuğla, taş ve agrega, boyalar, orman ürünleri ve sanayi devriminden sonra ortaya çıkan birçok yeni ürünün üretimi için hammadde ve enerji kullanımına gerek duymaktadır. En fazla gereksinime duyulan yapı ürünleri hammaddesi maden olanlardır. Odun hammaddesi yenilebilir kaynak olan ağaçtan elde edilmektedir. Çelik

ise odun hammaddesine göre kömür, demir, kireç taşı ve metal alaşım gibi yenilenemeyen kaynaklardan oluşmaktadır. Bu kaynakların uzun süre yetmeyeceği düşünüldüğü için çevreye zarar vermektedir. Hammadde edinimi sırasında doğru tekniklerle işlemlerin yapılması da çevre açısından önemli bir faktördür. Bilinçli şekilde yapılmayan yöntemlerle doğal kaynakların tükenmesi söz konusu olmaktadır. Örneğin, hammaddenin elde edilmesi sırasında arazinin olumsuz değişimi, yüzey toprağının zarar görmesi, coğrafik açıdan büyük çukurların oluşumu ile çevreyi etkilemektedir. Hammaddeye olan gereksinim azaltılması doğal kaynaklar ile çevrenin zarar görmesi önlenebilecektir (Akın, 2018).

3.7.2. Hammaddenin Taşınması

Taşıma, yapı ürününün üretim sürecinde iki şekilde gerçekleşmektedir. Bunlar çıkarma ve yol üzerinde taşımadır. Çıkarma aşamasında sırayla hammadde hazırlanmakta, yüklenmekte, çekilmekte ve boşaltılmaktadır. Yapı ürünlerinin üretiminde kullanılan hammaddenin taşınması için çok fazla enerji harcanmakta ve taşıma sırasında çeşitli kirleticiler çevreye zarar vermektedir. Üretim için kullanılan hammadde, üretim sonucunda oluşan üründen daha fazla olduğu için hammaddenin elde edildiği kaynağın yerinin ve üretim yerinin birbirine yakın seçilmelidir. Türkiye’de yapı malzemesi taşımacılığında en fazla kullanılmakta olan kara yolu taşımacılığının çevreye verdiği emisyon ve tükettiği enerji yüksektir. Yapılan yollar hem çevreye zarar vermekte hem de gürültü kirliliğine sebep olmaktadır. Ayrıca çoğunlukla yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanılması nedeniyle bu etki artış göstermektedir (Onat, 2004).

3.7.3. Ürün Üretim Aşaması

Kaynağından çıkartılıp üretim yerine getirilen hammaddenin üretim aşaması, malzeme yaşam döngüsünde enerji tüketiminin ve çevre etkisinin en yüksek olduğu dönemdir. Üretim yerinin hammaddenin elde edildiği yere olan uzaklığı, enerji maliyeti açısından önemli olmaktadır. Bu aşamada fazla enerji tüketiminden dolayı ortaya çıkan zararlı kimyasal maddeler fazla olmaktadır. Bu maddeler CFC, CO₂, SO₃, NO_x vb. çeşitli zararlı gazlar ortaya çıkmaktadır. Yapı malzemelerinin üretilmesi sırasında işçi sağlığını korumak için, üretim yerinde yeterli hava kalitesinin sağlanması, zehirli madde kullanılmaması ve kirliliklerin azaltılması gibi yaklaşımlar bu süreçteki olumsuz etkileri azaltmaktadır. Üretim aşamasından sonrada, malzemelerin paketlenmesi için kullanılan ambalajların özelliklerine ve yapı alanının

üretim alanına uzaklığına bağlı olarak taşınması için tüketilen enerjinin de çevresel etkisi olacaktır (Terzi, 2009).

Ürünlerin farklı üretim yöntemleri sonucunda çevreye yayılan gazlar çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Örneğin, alçının üretim aşamasında fosil kaynaklı yakıtlar tüketmesi ve fırınlama işleminde CO₂ salınımı yapmaktadır. Alüminyum hammaddesinin eritilmesi sırasında CO₂ gazı gibi sera etkisi olan flor bileşikleri çevreye yayılmaktadır. Seramik, tuğla, cam, demir, çelik üretimi esnasında kullanılan hammaddeler sebebiyle gaz ve parçacık halindeki flor bileşikleri havaya yayılmakta me kirlilik oluşturmaktadır. Bazı yapı ürünlerinin fiziksel özelliklerini iyileştirmek için kullanılan birçok kimyasal, çevre sağlığına zarar vermektedir (Dilaver, 2005). Bazı yapı ürünlerinden salınan karbon emisyonları “Çizelge 3.8” de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Bazı Yapı Ürünlerinin Üretiminde Salınan ve Depolanan Karbon Emisyonları (Terzi, 2009)

Yapı Ürünleri	Karbon Salınımı (kg/m ³)	Karbon Depolanması (kg/m ³)	Açığa Çıkan Net Karbon Miktarı (kg/m ³)
Betonarme	182	0	182
Alüminyum	6325	0	6325
Taşıyıcı Çelik	8132	15	8117

Bir ürünün hammaddesinin çıkarılması, işlenmesi ve son haline getirilmesi ne kadar az ve basit ise o ürünün oluşum enerjisi o kadar düşük olmaktadır. Yapılarda enerji kullanımı düşük ürün tercih etmek gerekmektedir. Bazı yapı ürünlerinin üretimin gerekli olan enerji miktarları “Çizelge 3.9” da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. Bazı Yapı Ürünlerin Üretiminde Gerekli Enerji Miktarları (Terzi, 2009)

Düşük Enerjili Ürünler (kwh/kg)		Orta Enerjili Ürünler (kwh/kg)		Yüksek Enerjili Ürünler (kwh/kg)	
Kum, çakıl	0,01	Alçı panel	1	Plastik	10
Ahşap	0,1	Tuğla	1,2	Çelik	10

Beton	0,2	Çimento	2,2	Kurşun	14
Kireç	0,4	Elyaf Yalıtım Ürünü	3,9	Bakır	16
Hafif Beton	0,5	Cam	6	Alüminyum	56

Çelik, plastik, kurşun ve bakır üretiminde oldukça yüksek enerji kullanımı söz konusuken, ahşap düşük enerji kullanımıyla ekolojik açıdan uygun bir yapı ürünüdür. Alüminyum sık kullanılan verimli bir ürün olarak değerlendirilmesine karşın, çizelgeye bakıldığında alüminyum üretimi için harcanan enerjinin diğer yapı ürünlerinin 5-6 katı olduğu görülmektedir. Yenilenemeyen fosil yakıtlar yerine, yenilenebilir kaynaklardan kullanılarak enerji tüketimi azaltılabilir. Fosil yakıtların yanmaları küresel ısınmaya sebep olduğundan, ürünlerin bu tür kaynaklardan elde edilip edilmediği değerlendirilerek ürün tercihi yapılmalıdır (Terzi, 2009).

Yapı ürünlerinin üretim süreçlerinde zararlı maddelerin kullanılması konusunda bazı ülkeler birtakım yasaklamaları içeren düzenlemeler hazırlamıştır. Örneğin, lifli sıkıştırılmış ahşap levhalar için kullanılan bağlayıcı maddeler, tutkallar, ısı yalıtımında kullanılan köpükler, halı ve perde gibi dokuma ürünleri, boyalar, ahşap koruyucu maddeler içerdikleri formaldehit ile çevreyi kirletmektedir ve buna bağlı olarak İngiltere’de yapay ahşap üretiminde kullanılan formaldehit düzeyine sınırlama getirilmiştir (Dilaver, 2005).

3.7.4. Ürünün Uygulanması

Yapı ürününün çeşitli işlemlerden geçtikten ve üretim yerine taşındıktan sonra yapıya uygulama kısmında farklılık göstermektedir. Ürünün yapıya uygulanmasında da doğal kaynak ve enerji kullanımı, çevresel atık ve kirlilik oluşumu söz konusu olmaktadır. Yapı ürünlerinin yapıya uygulanmasında işçilik, ekipman, uygulama sırasında oluşan atıklar ve uygulama aşamasının tamamlanması için geçen süre gibi etkenlere çevrenin sürdürülebilirliği açısından dikkat etmek gerekmektedir. Su önemli bir doğal kaynaktır ve ürünün yapıya uygulanmasında su tüketimi fazla olmaktadır. Ürünün yapıya uygulanma evresinde suyun kullanımı denetlenmelidir. Boya ve cila işlerinde, döşeme ve duvar kaplamalarının yapıya uygulanmasında kullanılan kimyasallar çevreye yaydığı gazlar neticesinde çevresel kirlilik oluşmaktadır (Terzi, 2009). Yapıların sebep olduğu çevresel kirlilik oranları “Çizelge 3.10” da gösterilmiştir.

Çizelge 3.10. Yapıların Sebep Olduğu Çevresel Kirlilik Oranları (Terzi, 2009)

Kirlilik	Yapı ile İlişkisi
CFC / HCFC	%50
Küresel Isınmaya Yol Açan Gazlar	%50
İçme Suyu Kirliliği	%40
Şehirlerdeki Hava Kalitesi	%24
Yüzeysel Katı Atıklar	%20

Bu değerlerin belli bir kısmının ürünün yapıya uygulanması kısmında oluşan kirlilikten kaynaklanmaktadır. Ürünün yapıya uygulanmasında kırma, kaynak, lehim gibi ek işlemler gerektirmemesi oluşacak kirlilik açısından önemli bir özellik olmaktadır. Şantiye alanında oluşan ürün atıklarının dolgu malzemesi olarak kullanılmasıyla olumsuz çevre etkisi azaltılabilecektir (Terzi, 2009).

3.7.5. Ürünün Kullanımı

Yapı malzemelerinin yaşam döngüsü içerisinde en uzun zaman dilimi bu aşamadır, ancak bu aşamada doğal çevre üzerine doğrudan bir etkisi olmamakla birlikte yapı malzemesinin enerji etkililiğinin düşük ya da yüksek olmasına bağlı olarak yapılarda kullanılan enerjinin miktarına dolayısıyla çevre kirliliğine olumlu ya da olumsuz katkıda bulunacaktır. Bu bağlamda, çevresel etmenler, kullanıcı gereksinimleri, yapı ürünlerinin nitelikleri, uyulması gereken zorunluluklar doğrultusunda ölçüm işlemleri gerçekleştirilmeli ve seçeneklerin belirlenmesi sonrasında değerlendirme ve karşılaştırma yapılarak yapı ürünü seçilmelidir.

Bakım ve onarım, yapı ürününün kullanımı sırasında sürdürülebilirliği etkileyen en önemli aşamadır. Yapı ürünlerinin niteliklerine bağlı olarak işlevini yerine getirebilmesi veya ömrünün uzatılabilmesi için yapılan işler (boya, cila, onarım vb.) bakım onarım olarak tanımlanmaktadır. Ürünlerin bakım ve onarım işlerinde kullanılmayan malzemelerin birikmesi sonucu da yapısal atıklar ve çevresel kirlilik oluşmaktadır. Genellikle görülen yapısal atıklar ahşap, agrega, asfalt, plastik, metal, seramikler ve kâğıt ürünleri olduğu tespit edilmiştir.

Yapı malzemelerinin kullanım aşamasındaki en önemli etkisi iç hava kalitesi üzerine olmaktadır. Bu nedenle; mekanlarda zehirli gaz yaymayan malzemelerin kullanımı,

yaşamlarının büyük oranını iç mekanlarda geçiren kullanıcıların sağlıkları açısından büyük önem kazanmaktadır. Çünkü bazı yapı malzemeleri, üretiminde kullanılan bazı kimyasallar nedeniyle yıllar sonra bile açığa gaz çıkarabilmektedir. Örnek verilecek olursa lifli ürünlerden cam lifinin bünyesinde bulunan solunabilir lifler, polyester ve çözücüler sebebiyle ürün, kullanım aşamasında çevre ve insan sağlığına zarar vermektedir. Yine aynı şekilde bünyesinde buharlaşan maddeleri yayan sentetik reçine esaslı boyalar, kullanım evresinde çevreye zararlı gazlar yaymaktadır. İçeriğinde radon bulunan beton, granit, alçı ve tuğla gibi yapı ürünleri akciğer kanserine sebep olabilmektedir. Yapı ürünlerinden çıkan bu zehirli gazlar iç hava ortamı kirliliği oluşturmaktadır. Ürünün yapıda kullanımı süresince seneler boyunca çevresel etkileri göz ardı edilmemelidir ve ürünlerin yaşam döngüleri değerlendirildikten sonra bilinçli tercih yapılmalıdır. Ürünün yapıda kullanımı süresince yıllar süresince çevresel etkileri göz ardı edilmemelidir (Akın, 2018).

3.7.6. Yok Edilme Aşaması

Yok edilme aşaması, yapı malzemesinin kullanılabilir ömrünün ve yaşam döngüsünün sona erdiği aşamadır. Yapı malzemesinin yıkım sırasında çevreye minimum düzeyde partikül çıkarması sağlanarak hava kirliliğinin oluşumu azaltılmalıdır. Bunun yanı sıra malzemelerin kullanım ömrünü tamamladıktan sonra yıkımının veya sökülmesinin değiştirilmesinin kolay ve hızlı bir şekilde olması çevresel etkinin daha az olmasını sağlayacaktır. Yapı ürünlerinin yıkım sırasında kolay ayrışabilmesi geri dönüşümleri için önemlidir. Bundan sonra malzemenin başka işlevler için yeniden kullanımı veya malzemenin toplanarak geri dönüştürülmesi ve son olasılık olarak malzemenin tabiata bırakılarak zaman içerisinde ayrışmasının beklenmesi gerekecektir.

Hava emisyonları, katı ve sıvı atıklar, enerji süreci çıktıları oluşturmaktadır. Bu süreçte kullanılan teknoloji de önem kazanmaktadır. Çünkü kullanılan teknolojiye göre oluşan farklı atıklar çevre üzerinde olumsuz etkilere sahip olmaktadır. Yıkım sırasında kullanılacak ekipman ve tüketilen enerji miktarı ile birlikte ortaya çıkan görsel ve gürültü kirliliği ile atık miktarı ve özellikleri bu sürecin ekolojik olarak değerlendirme aşaması olarak önemli bir faktördür. 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 (Akın, 2018).

3.7.7. Yeniden Kullanım ve Geri Dönüşüm

Yapı malzemelerinin geri dönüşümleri için farklı seçeneklerin olması, çevre açısından en uygununun seçilmesine olanak sağlayacaktır. Yapı malzemesi öncelikle aynı veya farklı işlevlerde yeniden kullanım olanağının olması gerekmektedir. Yeniden kullanım olanağı yoksa tekrardan işlenerek aynı ya da farklı bir malzemeye dönüştürülerek kullanılması gerekmektedir. Yapı veya yapı malzemesinin ömrünü tamamladıktan sonra yıkım aşamasında oluşan maddelerin geri dönüşüm tesisine taşınması sırasında minimum enerji kullanılması için tesisin atık malzemenin olduğu yere yakın olması gerekmektedir. Bu da taşımacılık sırasında oluşacak çevre etkilerini azaltacaktır. Ayrıca malzemenin geri dönüşüm işlemleri sırasında enerji kullanımının düşük olması ve işleme sırasında çevreye fazla atık oluşturmaması gerekmektedir.

Yapı malzemelerini ve bileşenleri yeniden kullanma, geri dönüştürülerek kullanma şeklinde değerlendirildikten sonra arta kalan katı atıklar değişik yöntemlerle yok edilebilirler. Örneğin gereksinim duyulan yerlerde arazi ve deniz için dolgu malzemesi olarak kullanılabilir veya yakılabilir. Ancak bu yöntemler uygulanırken çevresel değerler ve insan sağlığı gözetim altında tutulmalıdır. Örneğin, dolgu sırasında habitat ve doğal arazi konturlarının bozulmamasına dikkat edilmeli ve toprak ve su kirliliğine sebep olacak atıklar ve yandığı zaman zehirli gaz çıkaran atıklar, zararlı olmayan farklı yöntemlerle bertaraf edilmelidir. Yıkım ve yeniden üretim arasındaki sürekli döngü, doğal kaynaklar ve enerji kullanımı üzerine büyük bir yük getirmektedir. Yıkım işleminde ve ürünün yeniden üretiminde enerji kullanımı fazla olduğu için sürdürülebilirlik tarafından yıkım, başvurulması gereken son çare olmalıdır. Ayrıca yapıyı üretirken kolay sökülüp monte edilebilen yapı ürünlerinin kullanılması geri dönüşüm aşamasında pozitif etkiler sağlamaktadır (Akın, 2018).

3.8. Yapı Malzemelerin Enerji Etkinliği

Yapı malzemelerinin hammadde çıkarılması, taşınması ve üretim işlemleri boyunca harcadığı toplam enerji o yapı malzemesinin enerji içeriği olarak tanımlanmaktadır. Çevreye olumsuz etkisinin az olması için bu enerji içeriğinin düşük olması gerekmektedir. Yapılarda en yoğun olarak kullanılan yapı malzemelerinin enerji içerikleri oldukça yüksektir. Bu malzemelerden vazgeçilemeyen malzemelerden olması nedeniyle alternatif olarak kullanılan enerji türünün değiştirilerek yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimin yapılması gerekmektedir.

Yapı malzemelerinin enerji etkin olması onlara önemli bir ekolojik özellik katmaktadır. Yapı malzemesinin; hammaddesinin çıkartılması, üretim tesisine taşınması, fabrikada üretimi yapılan malzemenin, montajının yapılacağı yere naklinin sağlanması, montajının tamamlanıp kullanıma açılması aşamasına kadar geçen işlemlerde enerjinin etkin ve verimli olarak kullanılması gerekmektedir (Onat, 2004).

Bir ürünün ömrünün tüm aşamalarında kullanılan enerji içerilmiş enerjiyi ifade etmektedir. Konutlarda, içerilmiş enerji toplam enerji tüketiminin %30 ile %100 arasında bulunmaktadır. İçerilmiş enerji genellikle megajoule (MJ) ya da gigajoule (GJ) cinsinden ifade edilmektedir. Birçok verinin bir araya getirilmesi gerektiğinden içerilmiş enerjiyi hesaplamak zor olmaktadır. Kaynak azalmasının çevresel sonuçlarına, sera gazlarına, çevresel tahribat ve biyolojik çeşitliliğin azalmasının sebeplerinden biri içerilmiş enerjiden kaynaklanmaktadır. Genel yapı malzemelerinin içerilmiş enerjileri “Çizelge 3.11” de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11. Genel Yapı Malzemelerinin İçerilmiş Enerjileri (Kaya, 2011).

Yapı Malzemeleri	Gömülü Enerji	
	MJ/kg	MJ/m ³
Agrega	0.10	150
Beton (30 Mpa)	1.3	3.180
Alüminyum	227	515.700
Polistiren Yalıtım	117	3.770
Boya	93.3	117.500
PVC	70.0	93.620
Çelik	32.0	25.1200
Cam Yünü Yalıtım	30.3	970
Tuğla	2.5	5170
Mineral Yün Yalıtım	14.6	139
Halı (Sentetik)	148	84.900
Alüminyum (Geri Dönüştürülmüş)	8.1	21.870

Çelik (Geri Dönüştürülmüş)	8.9	37.210
Alçı Levha	6.1	5.890

Yüksek içerilmiş enerjili ürünler enerji tüketimlerinden dolayı, küresel ısınmaya neden olarak çevreyi olumsuz yönde etkilemektedirler. Dayanıklı ürünler yaşam süreleri daha fazla olduğu için düşük içerilmiş enerjiye sahip olabilirler. Yaşam döngüsünde dayanıklı ürünler, hizmet ömürleri yüksek olduğundan dolayı hem maliyeti düşük olmakta hem de atık miktarını azaltmaktadır. Ayrıca geri dönüştürülen malzemeler düşük içerilmiş enerji içermektedir. Malzemeler seçilirken uzun ömürlü, dayanıklı, kolay korunabilir ve geri dönüştürülebilir özellikte olmasına dikkat edilmelidir (Kaya, 2011).

Dayanıklılık, yaşam döngüsü analizinde ve yapı malzemelerinin maliyetinin analizinde kilit bir faktördür. Uzun ömürlü malzemeler israfı azaltır ve genellikle ürünün yaşam döngüsü açısından ekonomiktir. Dayanıklılık için birçok ulusal standart geliştirilmiştir. Bu standartların değişen çevre ve yükleme koşulları altında yapı malzemelerinin gücünün artırılması amaçlanmıştır (Çevik, Damla, Grieken ve Akpınar, 2011).

3.9. Binalarda Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri

Türk Standartları TS 825 ve Alman DIN normu 4108'e göre; taş yünü, extrude polistren, expanded polistren, cam yünü, polietilen, poliüretan, cam köpüğü, fenol köpüğü gibi ısı iletkenlik değeri 0,0060 kcal/mhC değerinin altında olan malzemelere ısı yalıtım malzemeleri denilmektedir. Isı yalıtım malzemeleri farklı sıcaklığa sahip iki ortam arasında ısı geçişini azaltmak için kullanılan malzemelerdir. Diğer bir tarifleye; ısı kaybı ve kazançlarının azaltılmasında kullanılan, yüksek ısı direnci ve düşük ısı iletim katsayısına sahip özel malzemelere ısı yalıtım malzemeleri olarak da tanımlanabilmektedir. Isı yalıtım malzemelerinde iyi bir seçim yapabilmenin ilk şartı, kullanılacak malzemeyi bütün yönleriyle tanımak ve bu malzemenin uygulama özelliklerini iyi bilmekten geçmektedir. Bu sebeple, ısı yalıtım malzemelerinin performansı ısı iletkenlik ve ısı direnci katsayısı, basınç mukavemeti, çekme mukavemeti, buhar difüzyon direnci, su ve neme dayanıklı, yanmazlık ve alev geçirmezlik, yoğunluk, boyutsal kararlılık, kimyasal kararlılık gibi temel özelliklerine göre değerlendirilmektedir.

Isı yalıtım malzemeleri hemen hemen hepsi heterojen yapılıdır. Bunların ana amaçları ısı kayıplarının azaltılması ve yalıtım sağlamaktır. Bu malzemelerin ısı iletim katsayıları yalıtma özelliğini belirlemektedir. Isı iletim katsayısı ne kadar düşük olursa, o ürünün yalıtım özelliği o kadar artmaktadır. Isı iletim katsayısını belirleyen en önemli özellik ise malzemelerin gözenekli yapısı ve gözenek sayısıdır. Bununla beraber gözeneklerin çok artması ısı direnci değerini arttırmasına rağmen basınç dayanımını azaltmaktadır (Ögetürk, 2019).

Isı yalıtım malzemelerinin farklı yönlerine göre çeşitli şekillerde sınıflandırmak mümkündür. Isı yalıtım malzemeleri farklı içerik, fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip birçok ürün üretilmiştir. Genel olarak ısı yalıtım amacı ile kullanılan ürünleri “Çizelge 3.12” de gösterildiği gibi dört gruba ayırabiliriz.

Çizelge 3.12. Isı Yalıtım Malzemelerinin Yapıldığı Hammaddeye Göre Sınıflandırılması (Alkaya, Böğürücü ve Ulutaş, 2012).

Isı Yalıtım Malzemeleri			
Bitkisel ve Hayvansal Kökenli Malzemeler	Mineral Kökenli Malzemeler	Sentetik Malzemeler	Yüksek Performanslı Malzemeler
Mantar	Cam Yünü	Polietilen	Saydam Yapılı Yalıtkanlar
Ahşap	Taş Yünü	Polivinil Klorür Köpükleri (PVC)	Vakumlanmış Yalıtım Panelleri
Talaş ve Lif	Seramik Yünü	Genleştirilmiş Polistiren Köpük (EPS)	Komposit Yalıtkanlar
Hayvansal Dokumalık Lifler	Cam Köpüğü	Ekstrüde Polistiren Köpük (XPS)	Aerojel
Bitkisel Dokumalık Lifler	Fosil Silisler vb.	Poliüretan Köpük (PUR)	
Saman, Yosunlar vb.		Fenolformaldehit Köpükler vb.	

“Çizelge 3.12” de listelenen malzemelerden günümüzde en fazla kullanılan cam yünü, taş yünü, ekstrüde polistiren köpük (XPS) , genleştirilmiş polistiren köpük (EPS) ve poliüretan köpüktür. Yalıtım malzemeleri son zamanlarda inşaat sektöründeki gelişmeler ve enerji

kayıplarının önlenmesi amacıyla kullanımı giderek artmaktadır. Türkiye’de ve bazı Avrupa ülkelerindeki kullanılan kişi başı ısı yalıtım malzemeleri tüketimi “Çizelge 3.13” de gösterilmiştir.

Çizelge 3.13. Türkiye ve Bazı Avrupa Ülkelerinde Kullanılan Kişi Başı Isı Yalıtım Malzemeleri Tüketimi (Ögetürk, 2019)

Yalıtım Malzemesi	Türkiye	Almanya	İsveç	Fransa	İngiltere	Yunanistan
Tüketim (m ³ /kişi x yıl)	0,02	1,03	0,33	0,28	0,16	0,05

Türkiye’de kişi başına ısı yalıtım malzemesi kullanma miktarına bakıldığında bazı Avrupa ülkelerine göre çok düşük seviyededir. Ülkemizde, binalarda uygulanan ısı yalıtımının çok yaygın olmamasından dolayı, yapılarda ısı kaybı veya kazancı, benzer iklim koşullarına sahip Avrupa ülkeleriyle mukayese edildiğinde, çok daha fazladır.

4. YAPI SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL ETKİLERİN MEVCUT UYGULAMALAR ÜZERİNDEN İNCELENMESİ

4.1. Taş Yününün YDD İncelenmesi

Bazalt ya da diabez taşının yüksek sıcaklıklarda ergitilerek elyaf haline getirilmesiyle elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Elyaf haline getirme işleminde hammadde, kireç taşıyla karıştırılır ve 1600 °C’ de ergitilmektedir. Eriyik kaya çok hızlı dönen bir diskin üzerine damlatılır. Buradan çok uzun iplikler halinde çıkarak toplanır ve yapıştırıcı özellikteki sentetik reçine ve yağ ilavesiyle kaya yünü malzemeleri şilte haline getirilmektedir (Alyanak Kaya, 2010). Taş yününün fiziksel özellikleri “Çizelge 4.1” de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Taş Yününün Fiziksel Özellikleri (Alyanak Kaya, 2010)

Isıl İletkenlik Hesap Değeri (W/m.K)	0,040
Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Yüklenemez
Su Emme Değeri (%) Hacimce	%2-3 (5 cm kalınlık için)
Yoğunluk(kg/m ³)	30-150
Sıcaklık Dayanımı (°C)	650-1000
Su Buhar Difüzyon Direnç Katsayısı (μ)	1
Higroskopik Denge Nemi	≤0,2

Taş yününün envanter verilerine göre 6 tane çevresel etki kategorisine sınıflandırılmıştır. Bu etki kategorileri “Çizelge 4.2” de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Taş Yünü Envanter Verilerinin Seçilen Etki Kategorilerine Göre Sınıflandırılması (Alkaya vd., 2012)

Çevresel Etki Kategorisi	Envanter Verileri
Küresel Isınma	CO ₂
Enerji Tüketimi	Doğal gaz, Petrol, Kömür, Elektrik
Asitleşme	SO ₂ , NO _x , HCl, HF
Su Tüketimi	Su Miktarı (m ³)
Ötrofikasyon	NO _x , NH ₄ , COD
Foto Kimyasal Ozon Oluşumu	C _x H _x , CO

Taş yünü ve diğer kullanılan ısı yalıtım malzemeleri genellikle kullanılan 6 tane çevresel etki kategorisine göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Taş yününün yaşam döngüsü yaklaşımıyla incelenen envanter analizi “Çizelge 4.3” de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. 1m² K/W Isı Yalıtımı Sağlayan Taş Yününün Yaşam Döngüsü Boyunca Envanter Analizi (Schmidt vd., 2004)

Emisyonlar	Birim	Miktar	
Havaya salımlar	CO ₂	g	1.421
	CO	g	105,35
	N ₂ O	g	0,02
	NO _x	g	2,47
	SO _x	g	6,08
	Toz (PM10)	g	1,19
	VOC	g	0,70

Atık su	AKM	g	0,02
	KOİ	g	0,84
	Azotlu Bileşikler	g	0,01
Katı Atık	Tehlikeli Atık	g	1
	Tehlikesiz Atık	g	53

Taş yününün yaşam döngüsü değerlendirilmesinde hammadde temininden çok, üretim aşamasının daha fazla çevresel etki olduğu görülmüştür (Schmidt vd., 2004). “Çizelge 4.4”de taş yününden kaynaklı çevresel etkiler verilmiştir.

Çizelge 4.4. 1m² K/W Isı Yalıtımı Sağlayan Taş Yünü Kaynaklı Temel Çevresel Etkiler (Schmidt vd., 2004)

Çevresel Etki Kategorisi	Değer
Küresel Isınma	1.449 g CO ₂ eşdeğeri
Enerji Tüketimi	16,6 MJ
Su Tüketimi	3,9 kg
Asitleşme (Asidifikasyon)	12,3 g SO ₂ eşdeğeri
Ötrofikasyon	1,2 g PO ₄ ³⁻ eşdeğeri
Fotokimyasal Ozon Oluşumu	4,6 g C ₂ H ₄ eşdeğeri

Taş yününün en belirgin çevresel etkisi üretim kısmında kayaların ergitilmesi için kullanılan fosil yakıtlar neticesinde atmosfere salınan başta karbondioksit (CO₂) olmak üzere sera gazlarıdır. Bağlayıcı malzemelerin de üretimde az miktarda kullanılıyor olması sebebiyle enerji tüketimi dışındaki küresel ısınmaya etki edecek önemli miktarda bir sera gazı salınımindan söz etmek mümkün görünmemektedir. Yaşam döngüsünde fosil yakıtların diğer kısımlara oranla daha çok üretimde kullanılıyor olması asitleşme konusunda da taş yününün üretim aşamasını ön plana çıkartmaktadır. Bu kısımda yanma sonucu oluşan sülfür dioksit (SO₂) ve azotlu bileşiklerin (NO_x) atmosfere salınımları gerçekleşmektedir. Bu bileşikler asit

yağmurları başta olmak üzere ekosistemde asitleşmeye sebep olan çevresel etkileri tetiklemektedir. Taş yününün üretim süreçlerinde su ekosistemlerinde ötrofikasyona yol açabilen azot ve fosfor içerikli atık ve atık suların oluşumuna neden olmaktadır. Üretimin son aşamalarında ortaya çıkan amonyak, ötrofikasyon potansiyelinin yaklaşık olarak %75'lik payına sahiptir. Üretim aşamasında fosil yakıtların kullanımını sonucu yanmamış hidrokarbonlar, metan (CH₄) ve karbonmonoksit (CO), taş yününün fotokimyasal ozon oluşturma potansiyelini oluşturmaktadır. Bu maddeler arasında özellikle karbonmonoksit toplam etkinin yaklaşık olarak %80'ine denk gelmektedir (Schmidt vd., 2004).

4.2. Cam Yününün YDD İncelenmesi

İnorganik madde olan silis kumunun 1200 °C-1500° C sıcaklıkta elyaf hale getirilmesi sonucu yerli olarak üretilen bir ısı ve ses yalıtım malzemesidir. Cam yünleri yalıtım malzemesi olarak dış cephelerde, binalarda, giydirme cephe uygulamalarında kullanılabilir. Cam yünü ekonomik yapısıyla ve yüksek ısı yalıtım özelliğiyle genel olarak ekonomik olan ısı yalıtım malzemeleri içinde yer almaktadır (Alkaya, 2010). Cam yününün özellikleri “Çizelge 4.5” de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5.Cam Yününün Özellikleri (Alyanak Kaya, 2010)

Isıl İletkenlik Hesap Değeri (W/mK)	0,040
Sıcaklık Dayanımı (°C)	-50/ + 250 °C
Yoğunluk (kg/m ³)	14-100
Su Emme Değeri (%) Hacimce	%3-10 (5 cm kalınlık için)
Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı (μ)	1

Cam yününün yaşam döngüsü analizi incelendiğinde, taş yünü gibi çevresel etkilerin fazla olduğu kısmın üretim bölümü olduğu görülmektedir. Cam yününün yaşam döngüsü yaklaşımıyla incelenen envanter analizi “Çizelge 4.6” da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. 1 m² Cam Yünü İçin Yaşam Döngüsü Envanteri (Alkaya vd., 2012)

Emisyonlar		Birim	Miktar
Havaya salımlar	CO ₂	g	1.814
	CO	g	7,62
	N ₂ O	g	1,09
	NO _x	g	8,22
	SO _x	g	21
	Toz (PM10)	g	0,29
Atık su	AKM	g	0,583
	KOİ	g	0,429
Katı Atık	Toksik	g	6,70
	Nontoksik	g	62,2

Hammadde kaynak tüketimi yönünden, camyünü için kullanılan hammadde kaynakları oldukça fazla kullanılmaktadır. Ayrıca, hammaddeler arasında yer alan kalkar ve silis çıkarmaya bağlı olarak yerel toprak kalitesine olumsuz etkileri olabilmektedir. Cam yününün yaşam döngüsü boyunca çevresel etkileri “Çizelge 4.7” de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. 1 m² K/W Isı Yalıtımı Sağlayan Camyününün Yaşam Döngüsü Boyunca Temel Çevresel Etkileri (Alkaya vd., 2012)

Çevresel Etki Kategorisi	Değer
Küresel Isınma	2.200 g CO ₂ eşdeğeri
Enerji Tüketimi	47,3 MJ
Su Tüketimi	27 kg

Asitleşme (Asidifikasyon)	8,4 g SO ₂ eşdeğeri
Ötrofikasyon	1,3 g PO ₄ eşdeğeri
Fotokimyasal Ozon Oluşumu	2,5 g C ₂ H ₄ eşdeğeri

Camyününün çevresel etkileri değerlendirildiğinde diğer yalıtım malzemelerine oranla düşük yoğunluğa sahip olması sebebiyle üretimde daha az hammadde tüketimine sebep olmaktadır. Öte yandan taş yünü ile birlikte mineral yün sınıfında yer alan camyününün üretim süreçleri temelde taş yünü ile benzerlik göstermektedir. Bu neden camyününün yaşam döngüsündeki toplam enerji tüketiminin önemli bir bölümü silis kumu ve diğer hammaddelerin ergitilmesi kısmında oluşmaktadır. Cam yününün yaşam döngüsü boyunca tükettiği toplam enerji 47,3 MJ olarak hesaplanmıştır. Enerji tüketimi kaynaklı ortaya çıkan sera gazı üretimi 2,200g CO₂ eşdeğeridir. Cam yünü üretiminde %50-80'e varan oranlarda geri dönüştürülmüş cam kullanılarak enerji ve hammaddeden tasarruf etmek ve çevresel etkileri en aza indirmek mümkün olmaktadır (Alkaya vd., 2012).

4.3. Ekstrüde Polistiren (XPS) YDD İncelenmesi

XPS levha, polistiren hammaddesinin ekstrüzyonla levha halinde çekilmesiyle üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Üretim tekniği dolayısıyla kapalı gözenekli ve bünyesine su almayan bir ısı yalıtım malzemesidir. XPS'ler plastik esaslı olduğu için birçok kimyasal maddeye karşı duyarlıdır. Özellikle tiner gibi çözücü maddelerle ve bazı yapıştırıcılarla birlikte kullanılmamalıdır. XPS üretiminde şişirici gaz olarak hidrokloroflorokarbon (HCFC) kullanılmaktadır. Üretimde açığa çıkan HCFC ozon tabakasının incelenmesine neden olmaktadır EPS ve XPS, petrol türevi polistiren hammaddesi kullanılarak imal edilen yalıtım malzemeleri olup maksimum kullanım sıcaklıkları 75°C'dir (Alyanak Kaya, 2010). XPS'in fiziksel özellikleri "Çizelge 4.8" de gösterilmektedir.

Çizelge 4.8. XPS'in Fiziksel Özellikleri (Alyanak Kaya, 2010).

Isıl İletkenlik Hesap Değeri (W/mK)	0,030
Basınç Dayanımı (N/mm ²)	0,15-0,35

Sıcaklık Dayanımı (°C)	-50/ +70
Bükülme Dayanımı (N/mm ²)	60
Makaslama Dayanımı (N/mm ²)	60
Yoğunluk (kg/m ³)	25-43
Boyca Isısal Genleşme Katsayısı (1/°C)	0,07
Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı (μ)	80-225

Yaşam döngüsü analizi kapsamında XPS için oluşan katı atık bazında elde edilen envanter verileri “Çizelge 4.9” da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. 0,1 m³ XPS’in Yaşam Döngüsü Envanter Verileri (Alkaya vd., 2012)

		Yaşam Döngüsü Aşamaları				
		Birim	Üretim	İnşaat	Bertaraf	Geri Dönüşüm
Katı atık	Tehlikeli	g	11	-	5	-
	Tehlikesiz	g	7.149	18,7	1.769	-2.803
	Radyoaktif	g	4	-	-	-2

Homojendir, su emme direnci düşük olması en önemli özelliğidir. En fazla enerji üretim kısmında harcanmaktadır. XPS petrol türevi bir ürün olduğu için fosil kaynak tüketimi fazladır. XPS’in yaşam döngüsü boyunca neden olduğu çevresel etkiler “Çizelge 4.10” da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. 0,1 m³ XPS'in Yaşam Döngüsü Boyunca Neden Olduğu Temel Çevresel Etkiler (Alkaya vd., 2012)

Çevresel Etki Kategorisi	Birim	Yaşam Döngüsü Aşamaları			
		Üretim	İnşaat	Bertaraf	Geri dönüşüm
Küresel Isınma	CO ₂ g eşdeğeri	14.150	527	6.183	-3.591
Su Tüketimi	Litre	39	0,00005	10	-2
Enerji Tüketimi	MJ	323,7	7,4	5,2	-61,9
Asitleşme	SO ₂ g eşdeğeri	46	3	0,002	-9
Ötrofikasyon	PO ₄ ⁻³ g eşdeğeri	3	0,0005	0,0004	-0,0008
Ozon Oluşumu	C ₂ H ₄ g eşdeğeri	38	0,0003	0,0002	-0,0007

Yaşam döngüsünün diğer aşamalarıyla kıyaslandığında, XPS'in üretim aşamasında yüksek miktarda enerji ve su kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak üretim aşaması atık miktarının da en yoğun olduğu bölümdür. XPS yalıtım malzemelerinin petrokimyasallar, doğalgaz ve benzen ile üretiliyor olmaları hammadde olarak fosil kaynaklara bağlı olduklarını göstermektedir. Bu durumda üretim aşamasında tüketilen enerji de eklendiğinde polistiren yalıtım malzemelerinin en ciddi etkisinin sera gazı salınımı kaynaklı küresel ısınma riski olduğu söylenebilmektedir. Küresel ısınmaya etki eden diğer bir yaşam döngüsü aşaması ise bertaraf olarak öne çıkmaktadır. Ömrünü tamamlayan ekstrüde polistirenlerin bir kısmının yakılması nedeniyle sera gazı salımı gerçekleştiği ifade edilmektedir. Buna karşılık yakılan yalıtım malzemelerinden elde edilen enerjinin bir kısmı ısı veya elektrik olarak kullanılmaktadır.

XPS üretimi aşamasında kullanılan şişirici ajanların bir kısmı fotokimyasal ozon oluşumunda etkili olabilmektedir. Ayrıca daha önceleri üretiminde kullanılan kloroflorokarbon (CFC) oldukça büyük yıkıcı tesirlerine karşı kullanılması önerilen hidrokloroflorokarbon (HCFC) dahi ozon tabakasında tahribata neden olmaktadır. Son yıllarda, XPS sektöründe HCFC'lerden ozon tabakasına zarar vermeyen ve küresel ısınmaya neden olmayan alternatif gazlara dönüşüme yönelik çalışmalar yapılmakta ve yapılan bu çalışmaların malzemenin yaşam döngüsü analizi açısından önemli bir gelişme yaratacağı öngörülmektedir (Ülker, 2009).

4.4. Genleştirilmiş Polistiren (EPS) YDD İncelenmesi

EPS, petrolden elde edilen ve taneciklerin şişirilmesi ve füzyonu (yapışması) ile köpük halinde ürünler elde edilen, termoplastik, kapalı gözenekli, tipik olarak beyaz renkli ısı yalıtım malzemesidir. Petrolden elde edilen bir hidrokarbon olan EPS'in %98'i havadan oluşmaktadır. Stiren monomerin polimerizasyonu ile elde edilmektedir. Bir m³ stiropor yaklaşık olarak 3-6 milyar küçük gözenekli hücreler içermektedir. Bu gözenekli yapısı sayesinde ısı ve ses yalıtımı sağlamaktadır. Büyük bir kısmı havadan oluştuğu için çok hafif bir malzemedir. İşlenmesi ve taşınması kolaydır (Alyanak Kaya, 2010). EPS'nin fiziksel özellikleri "Çizelge 4.11" de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Genleştirilmiş Polistirenin (EPS) Fiziksel Özellikleri (Alyanak Kaya, 2010).

Yoğunluk (kg/m ³)	13-40
Isı İletkenlik Katsayısı (W/m.K)	0,035
Su Adsorbsiyonu (1yıl hacimce)	% 5,0- 3,5
Su Buharı Difüzyon Direnci (μ)	20/50- 40/100
Bükülme Dayanımı (N/mm ²)	0,16- 0,50
Basınç Gerilimi (N/mm ²)	0,1-0,4
Kullanılabilir Isı Sınır Değeri °C arası	-180°C, + 100°C

Yaşam döngüsü değerlendirilmesi kapsamında EPS için elde edilen envanter verileri "Çizelge 4.12" de hesaplanmış bir şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. 1 m² K/W Isı Yalıtımı Sağlayan EPS'nin Yaşam Döngüsü Envanter Verileri (Ülker, 2009)

Emisyonlar		Birim	Miktar
Havaya salımlar	CO ₂	g	2.298
	CO	g	6,20
	CxHy	g	13,18

	NO _x	g	11,97
	SO _x	g	13,38
	Toz (PM10)	g	2,31
Atık su	BOD	g	0,146
	KOİ	g	0,84
	Cl ⁻	g	2,53
Katı Atık	Endüstriyel Atık	g	2,25
	Kimyasal Atık	g	6,42
	Mineral Atık	g	30,91
	Cüruf/ Kül	g	5,92

Hammadde olarak petrol ürünlerinin kullanılmasından dolayı enerji tüketiminin yüksek ve çevreye oldukça zararı bulunmaktadır. Tüm polimer köpük malzemelerin üretimlerinde olduğu gibi, EPS üretiminde de klorlu organikler ve fenoller kullanılması nedeniyle fabrika atıkları yoluyla oluşacak su kalitesi etkisi daha büyük ölçekte ve zararlı etkiler yaratmaktadır (Alkaya vd., 2012). EPS'nin inşaat aşamasına kadar olan çevresel etkileri "Çizelge 4.13" de verilmiştir.

Çizelge 4.13. 1 m² K/W Isı Yalıtımı Sağlayan EPS' nin (0,64 kg) İnşaat Aşamasına Kadar Temel Çevresel Etkileri (Çamur, 2010)

Çevresel Etki Kategorisi	Değer
Küresel Isınma	4.380 g CO ₂ eşdeğeri
Enerji Tüketimi	71,9 MJ
Asitleşme (Asidifikasyon)	24 g SO ₂ eşdeğeri

Ötrofikasyon	2 g NO _x eşdeğeri
Fotokimyasal Ozon Oluşumu	3 g C ₂ H ₄ eşdeğeri

EPS'in yaşam döngüsünde, malzemenin binada kullanım aşamasına gelene kadar en önemli sera gazı salınımlarının hammaddenin üretim tesisine nakliyesi esnasında ve üretim süreçlerinde ihtiyaç duyulan buharın üretilmesi için kullanılan fosil yakıt tüketimi kaynaklı olduğu görülmektedir. 1 m² K/W ısı yalıtımı sağlayan EPS'nin (0,64 kg) nakliye ve üretim aşamalarında 71,9 MJ enerji tüketilmektedir ve buna bağlı olarak gerçekleşen sera gazı salınımı 4,380 g CO₂ eş değer seviyesindedir (Çamur, 2010).

Fosil yakıt ve elektrik kullanımına bağlı olarak doğrudan veya dolaylı olarak gerçekleşen azotlu bileşikler (NO_x) ve SO₂ salınımı ise asitleşme potansiyeline karşılık gelen en önemli faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. EPS üretimi kaynaklı klor (Cl) ve florlu (F) bileşikler ise az oranda da olsa asitleşmeye etkisi bulunan diğer maddelerdir. EPS üretim aşamasında atmosfere salınan uçucu organik bileşikler (VOC) özellikle kentsel bölgelerde fotokimyasal reaksiyonlara ve buna bağlı olarak hava kirliliğine katkıda bulunmaktadır (Alkaya vd., 2012)

4.5. Poliüretan YDD İncelenmesi

Poliol ve İzosiyanatlar arasında belli oran ve sıcaklıkta karışımıyla ve ekzotermik bir reaksiyonla kabarması sonucu ortaya çıkan köpüğe veya ürüne Poliüretan denilmektedir. Esnek ve esnemeyen köpükler, dayanıklı elastomerler ve yüksek performanslı yapıştırıcılar, sentetik fiberler, contalar, halıların alt kısımları ve sert plastik yapımında kullanılmaktadırlar. Poliüretan sarı renkli ve hücrelerinin %95'i kapalı gözeneklidir. Petrol türevi bir ürün olduğu için bu malzemeler kolayca tutuşabilen ve yanabilen malzemelerdir. Bu malzemelerin yanması esnasında oluşan ısı yayılımı, is, zehirleyici ve aşındırıcı emisyonlar ciddi zararlara neden olmaktadır. Bu problemler Poliüretanların yanmaya dirençlerinin arttırılmasıyla önlenmektedir. Bu nedenle üretiminde alev geciktirici maddeler ilave edilmektedir. Poliüretan, yapı ve inşaat sektöründe %26,8 ile en çok kullanılan uygulama alanıdır (Alyanak Kaya, 2010). Poliüretanın fiziksel özellikleri "Çizelge 4.14" de gösterilmektedir.

Çizelge 4.14. Poliüretan Fiziksel Özellikleri (Alyanak Kaya, 2010)

Isı İletkenli Değeri (W/m.K)	0,035
Sıcaklık Dayanımı (°C)	-200/ +110°C
Su buharı Difüzyon Direnci (μ)	30-100
Mekanik Dayanım	100-400kPa

Yaşam döngüsü değerlendirmesi kapsamında poliüretan için elde edilen envanter verileri “Çizelge 4.15” de hesaplanmış bir şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.15. 1 kg Poliüretan İçin Yaşam Döngüsü Envanteri (Ardente vd., 2008)

Emisyonlar		Birim	Miktar
Havaya salımlar	CO ₂	g	3.400
	CO	g	5
	C _x H _y	g	6,1
	NO _x	g	8,20
	SO _x	g	11
	Toz (PM10)	g	4,3
Atık su	AKM	g	23
	BOD	g	4,7
	KOİ	g	0,82
	Na ⁺ bileşikleri	g	280
	Cl ⁻	g	520

Katı Atık	Endüstriyel Atık	g	13
	Evsel Katı Atık	g	-13
	Mineral Atık	g	79

Poliüretan ısıtıldığında sertleşen ve bu halini sonsuza dek koruyan bir plastik olduğundan dolayı kullanım ömrü bittiğinde geri dönüştürülemez ve yeniden kullanılamazlar ama zemin dolgusu için uygun bir maddedir. Fosil kaynaklı bir tüketim mevcuttur. Poliüretanın yaşam döngüsü boyunca neden olduğu çevresel etkiler “Çizelge 4.16” da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. 1 m²K/W Isı Yalıtımı Sağlayan Poliüretanın Yaşam Döngüsü Boyunca Neden Olduğu Çevresel Etkiler (Ardente vd., 2008)

Çevresel Etki Kategorisi	Değer
Küresel Isınma	3.200 g CO ₂ eşdeğeri
Su Tüketimi	297,7 kg
Enerji Tüketimi	93,6 MJ
Asitleşme (Asidifikasyon)	27,9 g SO ₂ eşdeğeri
Ötrofikasyon	2,94 g PO ₄ eşdeğeri
Fotokimyasal Ozon Oluşumu	1,4 g C ₂ H ₄ eşdeğeri

Poliüretanın yaşam döngüsünde gerçekleşen çevresel etkilerin önemli bir bölümü ana ham maddeleri olan difenil metan diizosiyanat (MDI) ve polyester polyol üretimi ve nakliyesi kaynaklı gerçekleşmektedir. MDI ve polyester polyol maddelerinin petrokimyasal olmaları sebebiyle poliüretan bazlı yalıtım malzemelerinin fosil kaynaklı tüketime sebep olduğu söylenebilmektedir. MDI ve polyester polyol üretim süreçleri karbondioksit (CO₂) başta olmak üzere azot oksit (NO_x) ve metan (CH₄) salınımına sebep olarak poliüretan kaynaklı enerji tüketimi ve küresel ısınma potansiyelinin %90'dan fazlasına sebep olmaktadır. Küresel ısınma potansiyeline sahip bir diğer madde ise poliüretan üretim süreçlerinde kullanılan şişirici ajan olarak bilinen pentan gazıdır. Hammadde olarak kullanılan MDI ve polyester polyol kaynaklı bir diğer çevresel etkisi ise asitleşmedir. Bu hammaddenin üretimi ve poliüretan imalat tesisine

nakliyesi için kullanılan fosil yakıtlar asitleşmeye sebep olan SO₂ ve NO_x salınımlarına sebep olan en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Poliüretan üretiminde çok miktarda uçucu organik bileşikler (VOC) ortaya çıktığından dolayı foto kimyasal ozon oluşuma neden olmaktadır. Ayrıca termoset plastik yapıda olduğundan dolayı poliüretanlar yaşam döngülerini tamamladığında geri dönüştürülememektedir. Bu sebeple atık duruma gelen poliüretan dolgu malzemesi olarak yeniden değerlendirilmektedir. (Alkaya vd., 2012).

4.6. Maliyet Analizi

Binalardaki ısı kayıpları genel olarak dış duvarlardan, tavandan, pencerelerden, döşemelerden ve hava infiltrasyonu ile gerçekleşmektedir. Bu çalışmada sadece dış duvarlardan oluşan ısı kayıpları göz önüne alınmıştır. İmalat sırasında kullanılan sıva, dübel ve file gibi malzemeler ve işçilik giderleri hesaba katılmamıştır. Bina dış duvarı “Çizelge 4.17” de görüldüğü gibi 2 cm iç sıva, 13 cm yatay delikli tuğla, yalıtım malzemesi ve 3 cm dış sıvadan oluşan dıştan yalıtımlı duvardır. Ömür maliyet analizi kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 4.17. Dış Duvar Bileşenlerinin Özellikleri

Dıştan Yalıtımlı Duvar			
Malzeme	Kalınlık (m)	K (W/mk)	R (m ² K/W)
İç Sıva (Kireç Esaslı)	0,02	0,87	0,02299
Yatay Delikli Tuğla	0,13	0,45	0,28889
Dış Sıva (Çimento Esaslı)	0,03	1,4	0,02143
R _i			0,13
R _d			0,04
R _{duvar toplam} (Yalıtım Malzemesi Hariç Duvar Katmaları)			0,50331

Hesaplamalarda yalıtım malzemesi olarak taş yünü, cam yünü, XPS, EPS ve poliüretan kullanılmıştır. Yalıtım malzemelerine ait özellikler ve güncel fiyatları “Çizelge 4.18” de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri ve Güncel Fiyatları

Yalıtım Malzemeleri	λ (W/mK) (Isı Yalıtım Katsayıları)	C_y (TL/m ³) (Güncel Fiyatlar)
Taş Yünü	0,040	160
Cam Yünü	0,040	115
XPS	0,030	150
EPS	0,035	230
Poliüretan	0,035	650

Konutlarda işyerlerinde vb. yerlerde genellikle sonbahar aylarında başlayarak ilkbahar aylarına kadar devam eden ısıtmanın yapıldığı sürece “Isıtma Derece-Gün Sayısı” olarak adlandırılmaktadır. Derece gün sayıları temelde seçilen denge sıcaklığına bağlıdır. Geleneksel olarak ısıtma derece-gün sayıları 14° C, 16° C ve 18° C, soğutma derece-gün sayıları ise 22° C, 24° C ve 26° C denge noktası sıcaklıkları alınır. Çalışmada Edirne ili seçilmiş olup yakıt olarak doğal gaz kullanılması tercih edilmiştir (Bulut, Büyükalaca ve Yılmaz, 2007). Doğal gazın alt ısı değeri, güncel fiyatı, yakma sistemi verimi ve Edirne ilinin derece-gün sayısı “Çizelge 4.19” da paylaşılmıştır.

Çizelge 4.19. Doğal Gazın Alt Isıl Değeri, Güncel Fiyat, Yakma Verimi ve Edirne İlinin Derece Gün Sayısı

Yakıt	Hu (Alt Isıl Değeri)	Birim Fiyat (Vergiler Hariç) (İGDAŞ)	η (Isıl verimi)	Edirne İli Derece-Gün Sayısı
Doğal Gaz	34.536 k J/m ³	1,5234 TL/m ³	0,93	2224

Isı Yalıtım Katsayısı λ (W/m.K): Bir malzemenin fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak o malzemenin ısıyı ne kadar ilettiğinin ifadesidir. λ değeri ne kadar küçükse o malzeme ısıyı o kadar az iletmektedir.

Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m²K): Farklı malzemelerin arka arkaya dizilmesiyle oluşan bir yapı elemanının ısı geçişine göstermiş olduğu dirençtir. U, malzemelerin ısı iletim

katsayısı (λ) ve ısı geçiş yönündeki kalınlığına bağlıdır. U değeri ne kadar küçük olursa, ısı kaybı da o kadar az olmaktadır.

Alt ısı değer (H_u); tam yanmada, oluşan suyun buhar fazında olması durumunda açığa çıkan ısı enerji miktarını belirtmektedir (Ögetürk, 2019).

Geri dönüşüm süresi 10 yıl üzerinden, ısıtma ve soğutma derece gün sayısına göre yıllık enerji tasarrufları hesaplanmıştır. Bu hesaplama için kullanılan şimdiki değer faktörünün hesaplanmasında kullanılmak için ömür, güncel faiz ve enflasyon değerleri “Çizelge 4.20” de özetlenmiştir.

Çizelge 4.20. Güncel Faiz, Enflasyon Oranları ve Zaman

Faiz Oranı (i) % Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası Güncel Faiz Oranı (03.12.2019)	Enflasyon Oranı (g) TÜİK Kasım Ayı TÜFE Verilerine Göre Oranı (03.12.2019)	Zaman (N) (Yıl)
14	10,56	10

Bir duvar için toplam ısı geçiş katsayısı U;

$$U = \frac{1}{R_{iç} + R_{duvar} + R_{yalıtım} + R_{dış}} \quad (4.1)$$

Şeklinde hesaplanmaktadır. Burada $R_{iç}$ ve $R_{dış}$ sırasıyla iç ve dış ortamın ısı taşınım direncini, R_{duvar} duvar katmanlarının ısı yalıtımı olmadan ısı iletim direncini göstermektedir. $R_{yalıtım}$ ise yalıtım malzemesinin ısı direnci olup,

$$R_{yalıtım} = \frac{x}{k} \quad (4.2)$$

Şeklinde hesaplanmaktadır. Burada x ve k sırasıyla yalıtım malzemesinin kalınlığı ile yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısını göstermektedir. Yalıtımsız duvar tabakasının toplam direnci $R_{duvar\ toplam}$;

$$R_{duvar\ toplam} = R_{iç} + R_{duvar} + R_{dış} \quad (4.3)$$

Olduğuna göre buna bağlı olarak toplam ısı geçiş katsayısı U;

$$U = \frac{1}{R_{duvar\ toplam} + R_{yalıtım}} \quad (4.4)$$

Şeklinde ifade edilmektedir. Isıtma için gerekli olan yıllık enerji ihtiyacı $E_{yıl}$;

$$E_{yıl} = \frac{86400 \cdot DG}{(R_{duvar\ toplam} + R_{yalıtım}) \cdot \eta} \quad (4.5)$$

Şeklinde hesaplanmaktadır.

$$C_{yıl} = \frac{86400 \cdot U \cdot DG \cdot C_{yakıt}}{H_u \cdot \eta} \quad (4.6)$$

Eşitliği ile hesaplanmaktadır. Burada $C_{yakıt}$ yakıtın birim fiyatını, H_u yakıtın alt ısı değerini, η yakma sistemi ısı verimini göstermektedir. Yalıtım maliyeti ise;

$$C_{yalıtım} = C_y \cdot x \quad (4.7)$$

Yıllık enerji maliyeti, şimdiki değer faktörü ve belirlenen ömür süresine göre hesaplanmıştır. Şimdiki değer faktörü enflasyon ve faiz oranlarına bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$r = \frac{i-g}{1+g} \quad (4.8)$$

Burada PWF şimdiki değer faktörü, r gerçek faiz oranı, i faiz oranı, g enflasyon oranını ve N ömür süresini göstermektedir.

$$PWF = \frac{(1+r)^N}{r \cdot (1+r)^N} \quad (4.9)$$

Şeklinde hesaplanmaktadır. Burada C_y yalıtım birim fiyatıdır. Sonuç olarak yalıtılmış bir binanın ömür maliyet analizi metoduna göre toplam ısıtma maliyeti;

$$C_{yalıtım\ toplam} = C_{yıl} \cdot PWF + C_y \cdot x \quad (4.10)$$

Net tasarruf miktarı ise $A_{yıl}$;

$$A_{yıl} = C_{toplam} - C_{yalıtım\ toplam} \quad (4.11)$$

$C_{yıl}^1$ yalıtımsız durumdaki $C_{yıl}^2$ yalıtımlı durumdaki birim yüzey için ısıtmanın yıllık enerji maliyeti olmak üzere geri ödeme süresi;

$$pp \text{ (Geri Ödeme Süresi)} = \frac{C_{\text{yalıtım}}}{C_{\text{yıl}}^1 - C_{\text{yıl}}^2} \text{ eşitliğiyle hesaplanmaktadır.} \quad (4.12)$$

Bu çalışma kapsamında hesaplanmış ısı yalıtım malzemelerinin maliyet analizi “Çizelge 4.21” de sunulmaktadır.

Çizelge 4.21. Isı Yalıtım Malzemelerinin Maliyet Analizi

	Taş Yünü	Cam Yünü	XPS	EPS	Poliüretan
Geri ödeme süresi (Yıl)	6,2	4,5	8,4	8,6	2,4
Kullanılan Kalınlık (m)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Aylık Net Tasarruf miktarı (TL/m ²)	46,18	46,18	49,79	48,10	48,70
Enerji Tasarrufu (%)	%34,76	%34,76	%43,11	%38,74	%38,74

“Çizelge 4.21” de görüldüğü üzere 2019 yılı birim maliyetleri dikkate alındığında geri ödeme süresini bir sıralamaya sokarsak EPS > XPS > Taş Yünü > Cam Yünü > Poliüretan olarak görülmektedir. Poliüretan geri ödeme süresi olarak 2,4 yıl ile öne çıkmaktadır. Aylık net tasarruf miktarlarına bakıldığında XPS > Poliüretan > EPS > Taş Yünü = Cam Yünü olarak sıralanmaktadır. Aylık net tasarruf miktarı 49,79 TL/m² ile XPS en yüksek değere sahiptir. En düşük aylık tasarruf miktarı ise 46,18 TL/m² olarak taş yünü ve cam yünü malzemesinde sağlanmaktadır. Enerji tasarruflarına bakıldığında XPS > EPS = Poliüretan > Cam Yünü = Taş Yünü olarak öne çıkmaktadır. Enerji tasarrufları bakımından da XPS %43,11 ile öne çıkmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hazırlanan bu tez çalışmasında sürdürülebilir çevre anlayışını benimseyen bir görüşle, yapı ürünleri ve yapı kimyasalları üzerindeki çevresel etkiler incelenmiştir. Tezin amacı son yıllarda Türkiye’de gelişmekte olan inşaat sektöründen kaynaklanan çevresel etkilerinin ihmal edilmemesidir. Hem yapı hem de yapı malzemeleri sektörünün, ortaya çıkardığı katma değer ve istihdam açısından ülkemiz ekonomisinin önde gelen sektörlerindedir. Sürdürülebilir çevre tasarımı ve planlanması kaynakların verimli bir şekilde tüketilmesine ve çevreye en az zarar vereceğinden dolayı önem arz etmektedir. Doğal çevrenin zarar görmeden gelecek nesillere aktarılması sürdürülebilir çevre ölçütleriyle sağlanabilmektedir. Türkiye’de de çevresel sürdürülebilirlikle ilgili gelişmeler her geçen gün artmaktadır. Fakat ozon tabakasının incilmesi, sera gazı salınımı, küresel ısınma ve enerji tüketimi gibi çevresel konularla ilgili kamu kurum ve kuruluşları çeşitli faaliyetler yapmaktadır. Ne yazık ki ülkemizde son yıllarda gelişme kaydedilse de yapıların çevresel etkilerini belirlemede birçok ülkenin gerisinde kalmıştır.

Yapı ürünlerin hammaddenin çıkarılmasından yok edilip tekrar geri kazanılmasına kadar birçok aşamadan geçmektedir. Bu aşamalardan geçerken çevreyle doğrudan veya dolaylı olarak etkileşim halinde bulunmaktadır. Yapı sektöründe yapılan binalarının hizmet ömürlerinin fazla olmasından dolayı çevreye olan etkileri tam bilinmemektedir. Yapı ürünü kaynaklı çevresel sorunların azaltılması için yapı ürünü üreticilerinin, tasarımcılarının, uygulayıcılarının ve kullanıcılarının yapı ürünü kararını verirken çevreye etkilerini değerlendirmesi gerekmektedir. YDD bu konuda ortaya konulmuş yöntemlerden birisidir. Ancak bir yapı ürününün YDD’si yapılırken zorluklarla karşılaşmakta olduğu görülmektedir. Türkiye’de bu konuda yapılan faaliyetlerin sınırlı kaldığı ve geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Son yıllarda Türkiye’de kentsel dönüşüm ve altyapı yatırımları atıkların artmasına sebep olmaktadır. Atık yönetimi sistemiyle atıkların kaynağında bertaraf edilmesi gerektiği benimsenmelidir. Yeniden kullanım, enerji korunumu, yeniden üretim ve geri dönüşüm gibi atığın uygun şekillerde değerlendirilme şekilleri tercih edilmelidir. Dünyada birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de sürdürülebilir yapı malzemeleri ve yeşil bina konusunda çalışmalara başlanmıştır. Türkiye’de yapılan bilimsel çalışmalar ve yasal düzenlemelerin, gelişmiş ülkelerde yapılanlarla kıyaslandığında daha az olmasına rağmen sürdürülebilir bina tasarımı standart ve yönetmelikleri açısından, çevre konusunun doğrudan anayasasında yer aldığı birkaç

ülkeden biri olmuştur. Yeşil binaların yaygınlaşmasının en etkili yollarından biri binalara ‘yeşil etiket’ verilmesidir. Bu etiket belli standartlara bağlı olarak yapının yeşil bina olduğunu ve çevreye önem verdiğini tescillemektedir. Şirketler için sürdürülebilir yeşil binalar bir sosyal sorumluluk projesi olarak benimsenmekte ve görsel yayınlarda bu öne çıkarılmaktadır.

Yapılan bu çalışmayla dünyada ısı yalıtım malzemeleri üzerine çalışan güvenilir kurumlardan alınan envanter verileri ve YDD uygulamaları özetlenmiş ve yorumlanmıştır. Çalışmalar incelendiğinde amaç ve kapsamlarının farklı olmasından dolayı sağlıklı bir şekilde karşılaştırma yapılamamıştır. Malzemelerin üretim süreçlerindeki farklılıklar sebebiyle enerji verimliliği, kimyasal kullanımı vb. gibi süreçlere özel önlemler alınabilmektedir. Kullanılan envanter verilerinin ulusal ve bölgesel olabilmesi nedeniyle değerlerin genelleştirilmemesi gerekmektedir.

Örnek çalışmalara bakıldığında, hammadde edinimi ve üretim kısımlarından en çok enerji harcandığı ve çevreye etkisi fazla olduğu görülmüştür. Çalışma kapsamında çevresel etki sınıflarından küresel ısınma potansiyeli, asitleşme, enerji tüketimi, ötrofikasyon, su tüketimi ve fotokimyasal ozon oluşumu açısından değerlendirilmiştir. Bu etki sınıflarının içinden enerji tüketimi ve sera gazı salınımlarının bir hayli fazla olduğu görülmüştür. Asitleşme potansiyel etkisi, üretimde fosil yakıtların kullanılması sonucu sülfür dioksit ve nitrojen oksit salımlarından; besin birikimi potansiyel etkisi ağırlıklı olarak nitrojen oksit salımlarından kaynaklanmıştır. Fotokimyasal oksit oluşumu çoğunlukla VOC grubundan hidrokarbonlar neden olurken geri kalanı sülfür dioksit ve nitrojen oksit salımları oluşturmuştur. İnsan zehirlenme potansiyel etkisi incelendiğinde bütün ısı yalıtım malzemelerinde etkinin VOC grubu, hidrojen flüorür ve büyük oranda nitrojen oksit salımları nedeniyle ortaya çıktığı görülmektedir. Bu nedenle ‘temiz üretim’ yaklaşımı ve uygulamalarının yalıtım malzemelerinin yaşam döngüsü sürecine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Isı yalıtım malzemeleri her ne kadar enerji verimliliği için gerekli olsa da bu ürünlerin hammadde temininde ve üretiminde harcanan enerjinin ve fosil yakıtların ortaya çıkardığı çevresel etkiler unutulmamalıdır. Bu malzemelerin en çok bu süreçlerinde ortaya çıkan kirliliği minimize etmek için çalışmalar yapılmalıdır. Yapıların ömürleri düşünüldüğünde insanlara ve çevreye bu malzemelerin ne kadar etki edeceği tahmini olarak hesaplanmaktadır. Yalıtım malzemelerinin enerji verimliliğine yönelik önlemlerin alınması, üretim süreçlerinde geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması, üretim tesislerinin hammadde kaynaklarına yakın olması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve atık hale gelen malzemenin tekrardan

kullanılması malzemelerin yaşam döngüsüne yönelik çevresel etkilerin azaltılmasına büyük bir katkı sağlayabilecektir. Türkiye’de geri kazanım uygulamalarının teşvik edilmesi insanların bu konularda eğitilmesiyle ve farkındalığıyla sağlanabilir. Geri kazandırılan ürünler insanlara makul fiyatlara satılarak desteklenmesi gerekmektedir. Geri kazanılmış yapı malzemelerinin kullanımının yaygınlaştırılması çevresel ve ekonomik yükü hafifletmesi nedeniyle kaynak korunumu ve sürdürülebilirlik konularında olumlu katkılar sağlayacaktır.

Bu çalışmada çevresel etkilerin yanında yalıtım malzemelerinin maliyet analizi de yapılmıştır. Edirne ili seçilmiş olup derece-gün sayısı olarak 2224 belirlenmiş ve her bir yalıtım malzemesi 5 cm kalınlıkta alınmıştır. Geri ödeme süresi bakımından incelendiğinde poliüretan 2,4 yıl ile en az olarak öne çıkmaktadır. EPS ise 8,6 yıl ile en çok geri ödeme süresi olarak hesaplanmıştır. Taş yünü 6,2 yıl, cam yünü 4,5 yıl, XPS ise 8,4 yıl geri ödeme süresi olarak ortaya çıkmaktadır. Enerji tasarruflarına bakıldığında ise XPS %43,11 ile en çok tasarruf yapılan yalıtım malzemesi olduğu tespit edilmiştir. Yapı sektöründe kullanılan kimyasallara ilişkin çevresel etkiler esas olarak üretim ve hammadde elde edilmesinden kaynaklanmakta; en önemli etkiler arasında enerji tüketimi ve sera gazı salınımları bulunmakta, malzemeye bağlı olarak hammadde tüketimi ve atık oluşumu da önem arz etmektedir. Buna göre sera gazı salınımları bakımından CO₂ eşdeğeri dikkate alındığında: Poliüretan > EPS > XPS > Cam Yünü > Taş Yünü olarak ortaya çıkmaktadır. İrdelenen bu kimyasalların 2019 yılı birim maliyetleri dikkate alındığında ise; geri ödeme süresi 8,4 yıl ve aylık net tasarruf miktarı 49,79 TL/m² ile XPS en yüksek değere sahiptir. En düşük aylık tasarruf miktarı ise 48,18 TL/m² olarak taş yünü ve cam yünü malzemelerinden sağlanmaktadır.

Bu çalışma sonucunda Türkiye için öneriler ise yapı sektöründe yeşil bina sertifikasyonu yapılar arttırabilir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yeşil bina sertifikasyonu için yerli bir sertifika sistemi kurulmalı ve yurt içindeki yapılarda uygulanmalı ve denetimleri yapılmalıdır. Yerli sertifikasyon yurtdışı ile bağlantılı olup son gelişmeleri takip etmeli ve sürekli kendisini yenilemelidir. Sürdürülebilir olarak tasarlanan bu yapılar inşa aşamasından itibaren daha az doğal kaynak ve enerji kullanmayı hedefleyerek tasarlandıkları için çevresel etkilerin en aza indirilmesinde büyük bir adım olarak görülmektedir. Yapı sektöründen çıkan atıkların bertarafı hakkında işverenlere ve çalışanlara eğitimler düzenlenmeli ve farkındalık yaratılmalıdır. Geri dönüştürüme uygun malzemelerin kullanılması teşvik edilmelidir. Yapılarda kullanılan malzemeler yeşil etiket uygulamasına geçilmelidir. Belirli standartların altında olan ürünler kullanılmamalıdır. Oluşturulan ürünlerin hammadde ediniminde ve

üretiminde en çok enerji harcadığı için bunları minimize edecek projeler desteklenmelidir. Yenilenebilir enerji kaynakların kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Türkiye’de yapı malzemelerinin geri kazanım uygulamalarının teşvik edilmesi bu tür malzemelerin uygun fiyatlarla piyasaya sunulması, teknik, estetik ve dayanıklılık konularındaki sıkıntılar çözülmelidir. Geri kazanılmış malzemelerin kullanımının artması hem çevresel hem de ekonomik olarak olumlu bir adım ve sürdürülebilirlik konusuna katkı sağlayacaktır. Son yıllarda hızla kullanımı yükselen hazır betonların artan miktarları gelişigüzel doğaya bırakılması engellenerek yol kaplaması, tretuvar bloğu ve dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Daha az bakım onarım gerektiren yapı ürünleri tercih edilmelidir. Enerji ormancılığı, enerji tarımı ve modern çevrim teknikleri ile genel enerji ihtiyacı biyokütleden sağlamaya yönelik sistemler oluşturulmalıdır. Kamu kurum ve kuruluşlarında güneş enerji sistemleri kullanımı artırılarak enerji sarfiyatı düşürülebilir. Türkiye’de geri kazanım ile ilgili yerel yönetimler desteklenmeli ve dünyadaki son gelişmeleri takip etmek için bir kuruluş kurulmalıdır. Yeşil dostu ürünlerin üretilmesi için şirketlerin ar-ge bölümü oluşturulması desteklenmelidir. Ürün geliştiricilerin, tasarımcıların ve kullanıcıların çevre dostu ürünleri tercih ve talep etmeleri ve bu yönde bir piyasa oluşmasının sağlanması gerekmektedir. Tüm bireylere çevre bilincini aşılacak eğitimlerin organizasyonu yapılmalıdır. Atık yönetimi ve kaynakta atıkların yapılması sağlanmalıdır. Avrupa birliği tarafından desteklenen “karbon ayak izi” ve CO₂ ve sera gazları salınımını sınırlandıran “eko-etiket”, “eko-tasarım”, gibi “çevre dostu ürün” kullanımının teşvik edilmesi ve bu yönde seçimler yapılması sağlanmalıdır. Tüm sanayi kuruluşları temiz üretim yaklaşımlarına yönlendirilmeli ve bu alanda yapılacak yatırımlar desteklenmelidir. Ülkemizde sınırlı sayıda yapı sektörüyle alakalı YDD çalışmaları vardır. Bu tip çalışmalar çevreci yaklaşımların artmasına böylelikle çevrenin ve geleceğimizin korunmasına sebep olacağı gibi refah seviyesi yüksek ve sağlıklı bireylerin yetiştirilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Akın N (2018) *Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesine yönelik seçilen bir modelin tuğla örneği üzerinden irdelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alkaya, E., Böğürcü, M. ve Ulutaş, F. (2012) Yaşam döngüsü analizi ve bina ısı yalıtım malzemeleri için uygulamalar. *Çevre Bilim&Teknoloji*, 3(4), 261-274.
- Alyanak Kaya F (2010) *Binalarda ısı yalıtım kurallarına uygun yapı üretiminde duvar malzemesi seçimine yönelik öneriler*. (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Ardente, F., Beccali, M., Cellura, M. ve Mistretta, M. (2008). Building energy performance: A LCA case study of kenaf-fibres insulation board. *Energy and Buildings* 40 (1), 1–10.
- Balanlı A (1997) Yapıda ürün seçimi. *Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Yayını*, 4.
- Bozkurt E (2007) *Life cycle assessment (LCA) based home rating model for İzmir (HRM-İZMİR)*. (Doktora Tezi), İzmir Teknoloji Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Buhurcu K (2016) *Yapı kimyasalları sektöründe iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Bulut, H., Büyükalaca, O. ve Yılmaz, T. (2007, 30 Mayıs-2 Haziran) *Türkiye için ısıtma ve soğutma derece-gün bölgeleri*, 16. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Kayseri. Erişim adresi: <http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/ULIBTK07a.pdf>
- Cengiz Yılan T (2008) *Yapı ürünlerinden kaynaklanan yapı içi hava kirliliğinde risk yönetimi*. (Doktora Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Collinge, W., Landis, A., E., Jones A., K., Schaefer, L., A. ve Bilec, M., M. (2013). Indoor environmental quality in a dynamic life cycle assessment framework for whole buildings: Focus on human health chemical impacts. *Buildig and Environment*, 62, 182-190.
- Çamur C (2010) *Isı yalıtım malzemelerinin yaşam döngüsü değerlendirme yöntemiyle çevresel etkilerinin değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çevik U, Damla N, Grieken, R. ve Akpınar M. V. (2011). Chemical composition of building materials used in Turkey. *Construction and Building Materials*, 25, 1546- 1552.

- Demirer G. N (2017) *Yaşam döngüsü analizi*. Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Dilaver D (2005) *Yapı ürünlerinin çevre ile ilişkisi kapsamında çevre dostu üretimi*. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Domone, P. ve Illston, J., (2010). *Construction Materials; Their nature and behaviour*, Spon Press, Taylor & Francis Group, New York, ABD.
- Erdin N (1995) Malzeme seçiminde ekolojik kriterler. *Yapı Dergisi*, 164, 95-97.
- Filik İ (2015) *Konutlarda kullanılan yapı malzemelerinin enerji verimliliği ve çevresel etkilerinin incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Geçim G (2018) *Yapı yaşam döngüsünde sürdürülebilir yapı değerlendirme sistemlerin karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gomes R., Silvestre, J., D. ve Brito, J. (2019). Environmental life cycle assessment of the manufacture of EPS granulates, lightweight concrete with EPS and high-density EPS boards. *Journal of Building Engineering*, 28, (101.031).
- Gültekin A (2006) *Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi kapsamında yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model önerisi*. (Doktora Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Günaydın G (2011) *Sürdürülebilirlik kapsamında çevresel ürün bildirelerinin yapı sektöründe uygulanması: Türkiye için öneri*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gürer C, Akbulut H ve Kürklü G (2004) İnşaat endüstrisinde ger dönüşüm ve bir hammadde kaynağı olarak farklı yapı malzemelerinin yeniden değerlendirilmesi. *5.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 28-36, 13-14 Mayıs, İzmir.
- Hasik, V., Escott, E., Bates, R., Carlisle, S., Faircloth, B. ve Bilec, M., M. (2019). Comparative whole-building life cycle assessment of renovation and new construction. *Building and Environment*, 161, (106.218).
- İğdaş, (2019). *Doğal gaz birim fiyatları*. 03.12.2019, Erişim adresi <https://akillitarife.com/enerji/rehber/tarife/dogalgaz/birim-fiyat>

- İpekçi C., Coşgun, N. ve Esin, T. (2015) İnşaat sektöründe geri kazanılmış malzeme kullanımının sürdürülebilirlik açısından önemi. *Türk Bilim Araştırma Vakfı (TÜBAV)*, 10 (2), 43-50.
- 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, Environmental Issues Series*, 6.
- Jeong, K., Ji, C., Kim, H., Hong, T., Cho, K. ve Lee, J. (2019). An integrated assessment of the environmental, human health and economic impacts based on life cycle assessment: A case study of the concrete and steel sumps. *Journal of Clean Production*, 239.
- Karaman Öztaş S (2014) *Türk yapı malzemesi sektörü için yaşam döngüsü etki değerlendirilmesine yönelik bir model önerisi*. (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaya K (2011) *Sürdürülebilir binalar için çevresel ürün bildirimine sahip yapı malzemeleri konusunda Türkiye’de mevcut durumun irdelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Klöppfer, W. (2006). The role of setac in the development of LCA, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 11 (1), 116-122.
- Kokulu N (2016) *Sağlıklı yapı tasarımında malzeme seçim kriterlerinin değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- KMPG (2019) *İnşaat sektörel bakış 2019*. İstanbul. Erişim adresi <https://home.kpmg/tr/tr/home/gorusler/2019/01/sektorel-bakis-2019-insaat.html>
- Nwodo, M. N., ve Anumba, C., J. (2019). A review of life cycle assessment of buildings using a systematic approach. *Building and Environment*, 162, (106.290).
- Onat M (2004) *Yapı malzemelerinin ekolojik bir yaklaşımla değerlendirilmesine yönelik bir çalışma*. (Yüksek Lisans Tezi), Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Ögetürk İ (2019) *Binalarda ısı yalıtım malzemelerinin enerji verimliliği üzerine etkisinin araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi), Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman.
- Özçuhadar T (2007) *Sürdürülebilir çevre için enerji etkin tasarımın yaşam döngüsü sürecinde incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Schmidt, A., C., Jensen., A., A., Clausen, A., U., Kamstrup, O. ve Postlethwaite, D. (2004). A comparative life cycle assessment of building insulation products made of stone wool, paper wool and flax: Comparative assessment, *The International Journal of Life Cycle Assessment* 9 (1), 53-66.
- Seven A., Topbaşı B. ve Dursun B. (2014) Yeşil Yapı Konseptine Genel Bakış. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 99-109.
- Su, S., Li, X. ve Zhu, Y. (2019). Dynamic assessment elements and their prospective solutions in dynamic life cycle assessment of buildings. *Building and Environment*, 158, 248-259.
- Taşkın Ö (2009) *Yapı sektörüne sağlık, emniyet ve çevre ile ilgili yönetim sistemlerinin uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi), Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Terzi S (2009) *Sürdürülebilir çevre açısından uygun yapı ürünlerinin seçimi*. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tufan, M. ve Özel, C. (2018) Sürdürülebilirlik kavramı ve yapı malzemeleri için sürdürülebilirlik kavramı. *Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Bilgisi*, 1(2) 9-13.
- Tuğlu U (2005) *Ekolojik Açıdan Sürdürülebilir Yapılar ve Malzeme*. (Yüksek Lisans Tezi), Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tuna Taygun G (2005) *Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesine yönelik bir model önerisi*. (Doktora Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tuna Taygun G. ve Balanlı A (2005) Yaşam döngüsü süreçlerinde yapı ürünü- çevre etkileşimi. *YTÜ Mimarlık Fakültesi e-Dergisi* 1(1), 40-50.
- Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (2019) *Para politikası kurulu toplantı kararı 24 Ekim 2019*. Ankara. Erişim adresi tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/tr/tcmb+tr/main+menü/duyurular/basin/2019/duy2019-42
- Türkiye İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği (2019) *Türkiye inşaat malzemesi sanayicileri derneği yapı sektörü raporu 2018*. İstanbul. Erişim adresi https://www.imsad.org/Uploads/Files/Turkiye_IMSAD%20Yapi_Sektoru_Raporu_2018_web.pdf

Türkiye İstatistik Kurumu (2019). *Tüketici fiyat endeksi istatistikleri raporu*. Ankara. Erişim adresi tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist

Ülker S (2009) *Isı yalıtım malzemelerinin uygulamaya etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ünal H (2011) *Kimyasal risklerin sınıflandırılması ve işaretlenmesi, işaret sistemleri (NFPA VB.)*. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, İstanbul.

Yudelson, J., (2007). Green building a to z, understanding the language of green building. *New Society Publishers*, Kanada.



ÖZGEÇMİŞ

Caner ÖZERCAN, Edirne'nin İpsala ilçesinde 05.06.1993 yılında doğmuştur. İlk, orta ve lise öğrenimini Keşan'da yaptı. 2015 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. 2016-2017 yılları arasında Yıldız Teknik Üniversitesinde İş Sağlığı ve Güvenliği üstüne yüksek lisans yapmıştır. Aynı zamanda B sınıfı iş güvenliği uzmanıdır. 2017-2019 seneleri arasında Trans Anadolu Doğal Gaz Projesi (TANAP) kapsamında çevre mühendisi ve iş sağlığı ve güvenliği uzmanı olarak Türköz İnşaatta çalışmıştır.

