

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA CEPHE TASARIM
SÜRECİNDE ÇEVRE DOSTU YAPI MALZEMELERİNİN
KULLANIMI: ALÜMİNYUM ÖRNEĞİ

HALİL KONAK

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Çiğdem Belgin DİKMEN

YOZGAT-2023

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA CEPHE TASARIM
SÜRECİNDE ÇEVRE DOSTU YAPI MALZEMELERİNİN
KULLANIMI: ALÜMİNYUM ÖRNEĞİ

HALİL KONAK

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Çiğdem Belgin DİKMEN

YOZGAT-2023

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan eder, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

HALİL KONAK

14/02/2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA CEPHE TASARIM SÜRECİNDE ÇEVRE DOSTU YAPI MALZEMELERİNİN KULLANIMI: ALÜMİNYUM ÖRNEĞİ

HALİL KONAK

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. ÇİĞDEM BELGİN DİKMEN

Sanayi Devrimi sonrasında teknolojik gelişmeler, nüfus artışı, yeni yaşam ve üretim biçimi ve kentleşme nedeniyle gerçekleştirilen yapısal faaliyetler doğal kaynakların ve yenilenmeyen enerji kaynaklarının kullanılması, enerji, çevre ve atık sorunlarına, doğal çevrenin bozulmasına ve insan sağlığını tehdit ederek yaşam kalitesinin azalmasına neden olmuştur. Bu süreçte bugünün gereksinimlerinin gelecek kuşakların yaşam koşullarına zarar vermeden karşılanmasını hedefleyen bir dünya görüşü olarak ortaya çıkan sürdürülebilirlik kavramı; yaşadığımız çevrenin korunmasını önemseyen bir olgu olarak kabul görmüş ve mimarlık ile birlikte pek çok disiplinin ilgi alanına girmiştir. Yapı sektörünün ve yapı malzemesi seçiminin dünyada üretilen enerjiden büyük ölçüde sorumlu olması; enerji korunumu sağlayan, atıkları azaltan, uzun hizmet ömrüne sahip, sık bakım-onarım gerektirmeyen, geri dönüştürülebilen, kaynak kullanımına duyarlı ve insan sağlığı ve konforuna uygun, çevre dostu yapı malzemelerinin tercih edilmesinin gerektiği anlaşılmış ve yapı malzemelerinin çevresel etkilerini yaşam döngüsü boyunca değerlendiren, insan konforunu ve sağlığını önemseyen, kullanıcının yaşam kalitesini yükselten bir yöntem olarak Yaşam Döngüsü Değerlendirme-YDD yaklaşımı gündeme gelmiştir. Bu çalışma sürdürülebilirlik kapsamında cephe tasarım sürecinde çevre dostu yapı malzemelerinin kullanımını alüminyum örneğinde araştırmayı amaçlamaktadır. İşlevsel, estetik, dayanıklı, çevre dostu ve ekonomik olması ve cephe tasarımında tercih edilmesi yapı malzemesi olarak alüminyumun seçiminde belirleyici olmuştur. Yapılarda ısı kayıplarının en çok cephedeki açıklıkların boyutlarından, kullanılan yapı malzemesinden kaynaklanması ve alüminyum ve cam malzemenin büyük oranda geri dönüşüm sağlayabilmesi nedeniyle giydirme cephelerde kullanılan alüminyum ve camın türü ve niteliği enerji korunumu açısından önemli görülmektedir. Bu kapsamda sürdürülebilir yapı tasarımı, cephe tasarım süreci, çevre dostu yapı malzemeleri ve alüminyuma yönelik literatür araştırılmış, giydirme cephe sitemleri Dünyada ve Türkiye'deki ofis yapı örnekleri ile incelenmiş, alüminyumun yaşam döngüsü boyunca çevresel etkileri YDD yöntemi ile değerlendirilmiş ve giydirme cephelerde kullanımına yönelik öneriler geliştirilmiştir.

2023, 96

ANAHTAR KELİMELER: Sürdürülebilir mimarlık, Yaşam döngüsü Değerlendirme-YDD, Çevre dostu yapı malzemesi, Giydirme cephe, Alüminyum

ABSTRACT

MASTER THESIS

USING ECO-FRIENDLY BUILDING MATERIALS IN THE FACADE DESIGN PROCESS WITHIN THE SCOPE OF SUSTAINABILITY: ALUMINUM EXAMPLE

HALİL KONAK

**YOZGAT BOZOK UNIVERSITY
SCHOOL OF GRADUATES STUDIES**

ARCHITECTURE SUB-DEPARTMENT

SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. ÇİĞDEM BELGİN DİKMEN

The use of natural resources and non-renewable energy resources due to technological developments, population growth, new life and production style and urbanization after the Industrial Revolution caused energy, environmental and waste problems, deterioration of the natural environment and a decrease in the quality of life by threatening human health. In this process, the concept of sustainability emerged as a world view that aims to meet the needs of today without harming the living conditions of future generations; It has been accepted as a phenomenon that cares about the protection of the environment we live in and has entered the field of interest of many disciplines together with architecture. The construction industry and the choice of building materials are largely responsible for the energy produced in the world; It has been understood that environmentally friendly building materials that save energy, reduce waste, have a long service life, do not require frequent maintenance and repair, are recyclable, sensitive to resource use and suitable for human health and comfort, should be preferred. The Life Cycle Evaluation-LCA approach has come to the fore as a method that cares about the comfort and health of the user and increases the quality of life of the user. This study aims to investigate the use of environmentally friendly building materials in the façade design process within the scope of sustainability in the example of aluminium. The fact that it is functional, aesthetic, durable, environmentally friendly and economical and preferred in facade design has been decisive in the selection of aluminium as a building material. The type and quality of aluminium and glass used in Curtain Walls are considered important in terms of energy conservation, since heat losses in buildings are mostly caused by the dimensions of the openings on the facade, the building material used, and the aluminium and glass materials can provide a large amount of recycling. In this context, the literature on sustainable building design, facade design process, environmentally friendly building materials and aluminium has been researched, curtain wall systems have been examined with office building examples in the world and in Turkey, the environmental effects of aluminium throughout its life cycle have been evaluated by the LCA method, and suggestions for its use in Curtain Walling developed.

2023, 96

KEYWORDS: Sustainable architecture, Life Cycle Assessment-LCA, environmentally friendly building material, Curtain Wall, Aluminium

ÖNSÖZ

Yapısal faaliyetler doğal kaynakların bilinçli tüketilmemesi ve yenilenmeyen enerji kaynaklarının kullanılması; enerji, çevre ve atık sorunlarına, çevrenin geri dönüşü olmayacak biçimde tahrip edilmesine, insan sağlığını tehdit ederek yaşam kalitesinin azalmasına neden olmaktadır. Enerji tüketiminde yapı sektörünün ve yapı malzemesi seçiminin önemli oranda belirleyici olması, sürdürülebilirlik kapsamında; kaynak kullanımı ve enerji korunumuna duyarlı, atıkları azaltan, uzun hizmet ömrüne sahip, sık bakım-onarım gerektirmeyen, geri dönüştürülebilen, insan sağlığı ve konforuna uygun, çevre dostu yapı malzemelerinin tercih edilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Yaşam Döngüsü Değerlendirme-YDD yaklaşımı yapı malzemelerinin çevresel etkilerini yaşam döngüsü boyunca değerlendiren, insan konforunu ve sağlığını önemseyen, kullanıcının yaşam kalitesini yükselten bir yöntemdir. Yapı cephelerinde enerji tüketiminin cephedeki açıklıkların boyutları ve kullanılan yapı malzemelerinden kaynaklanması nedeniyle çalışmada örneklem seçiminde; giydirme cephe tasarım sürecinde büyük oranda geri dönüşüm sağlayabilen ve işlevsel, estetik, dayanıklı, çevre dostu ve ekonomik olması nedeniyle alüminyum tercih edilmiştir. Çalışma konusunda sürdürülebilirlik, çevre dostu yapı malzemelerine yönelik araştırmalar bulunmakla birlikte, giydirme cephelerde kullanılan yapı malzemelerinin yaşam döngülerini inceleyen araştırmaların olmaması, çalışmanın disiplinler arası geçerliliği ve güncelliği, Türkiye için bilim üretilebilecek yeni bir çalışma alanı olarak görülmektedir. Çalışmam boyunca her koşulda bana yol göstererek desteğini esirgemeyen çok değerli tez danışmanım Doç. Dr. Çiğdem Belgin DİKMEN başta olmak üzere, katkıları ile çalışmama katkı koyan değerli tüm hocalarıma çalışma sürecimde daima yanımda olan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen babam Mehmet KONAK ile annem Asuman KONAK'a ve biricik kardeşim Harun KONAK'a teşekkürü bir borç bilirim.

HALİL KONAK

14/02/2023

İÇİNDEKİLER

TEZ BEYANI.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
RESİMLER LİSTESİ	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR	x
1.GİRİŞ.....	1
2.KURAMSAL ÇERÇEVE.....	13
2.1.Tasarlanan Mekânların Sürdürülebilirlik İlkelerine Uygunluğu	15
2.2. Yapının Özelliklerine Uygun Malzeme Seçimi.....	15
2.3. Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) Yönteminin Ortaya Çıkışı	19
2.4. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi ve Sürdürülebilir Yapım Süreci.....	20
2.5. Yapı Malzemesinin Sürdürülebilir Çevre Ölçütleri Açısından İncelenmesi	23
3. MATERYAL ve YÖNTEM	25
3.1. Alüminyum Türleri, Alüminyumun Yaşam Döngüsü, Alüminyumun Çevresel Etkileri	25
3.1.1. Alüminyumun Tarihçesi	25
3.1.2. Alüminyum Malzemenin Eldesi, Teknik Özellikleri ve Üretim Teknikleri	26
3.1.3. Alüminyum ve Alaşımlarının Özellikleri	27
3.1.4 Üretim Teknikleri	31
3.1.5. Dünyada ve Türkiye’de Alüminyum Üretim ve Tüketimi	31
3.1.6. Alüminyum Malzemenin Yapı Sektöründe Kullanım Alanları	34
3.1.7. Yapı Sektöründe Alüminyum Malzemenin Yeri ve Önemi	36
3.1.8. Alüminyumun İnsan Sağlığına, Çevreye Etkileri ve Geri Dönüşümü.....	36
3.2. Cam Türleri, Camın Yaşam Döngüsü, Camın Çevresel Etkileri	41

3.2.1. Cam Tanımı ve Camı Oluşturan Maddeler	41
3.2.2. Tarihsel Süreçte Cam Malzemenin Yapısal Kullanımı ve Gelişimi.....	42
3.2.3. Mimari Tasarımda Kullanılan Cam Türleri	47
3.2.4. Mimarların Tasarımlarında Cam Kullanımı	54
3.3. Alüminyum ve Cam Malzemesinin Birlikte Kullanıldığı Cephe Örnekleri	57
3.3.1. Burç Halife, Dubai	58
3.3.2. Taipei 101 Kulesi, Tayvan.....	59
3.3.3. Petronas İkiz Kuleleri, Malezya.....	60
3.3.4. Commerz Bankası, Almanya	61
3.3.5. Çin Merkezi Televizyon Binası Kulesi, Çin	62
3.3.6. Turning Torso Kulesi, İsveç	63
3.3.7. Sabancı Center	64
3.3.8. Tekfen Tower.....	65
3.3.9. Metrocity.....	65
3.3.10. Maya Akar Center.....	66
4. DEĞERLENDİRME, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR	72

TABLÖLAR LİSTESİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1. Tez Akış Şeması.	12
Tablo 3.1. Türkiye’de Alüminyumun Sektörde Dağılımları.....	33
Tablo 3.2. Alüminyumun Yapı Sektöründe Kullanım Alanlarından Örnekler.....	35
Tablo 3.3. Alüminyumun Yapı Sektöründe Kullanım Alanlarına Göre Üretim Biçimleri.	36
Tablo 3.4. Avrupa’da Alüminyum Geri Dönüşüm Oranları (%).	40

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.2. Sürdürülebilir Mimarlık	3
Şekil 2.2. Sürdürülebilir Gelişme Venn Şeması	14
Şekil 2.3. Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Süreçleri, Süreçlerin Birbirleri ve Çevre ile İlişkileri	17
Şekil 2.4. Yaşam Döngüsü	19
Şekil 2.5. Ürünün Yaşam Döngüsü Sürecinde Çevre ile Etkileşimi	23
Şekil 3.1. Dünya İşletilebilir Boksit Rezervi Dağılım Grafiği.	26
Şekil 3.2. Alüminyum Üretim Zinciri	30
Şekil 3.3. Alüminyumun Yaşam Döngüsü.	30
Şekil 3.4. Dünya Birincil Alüminyum Üretiminin Dünya Üzerinde Dağılımı.....	32
Şekil 3.5. Dünya Alüminyum İhracatının Kullanılan Ürün Türlerine Göre Dağılımı	32
Şekil 3.6. Alüminyum Ürünlerinin Üretim Çeşitlerine Göre Dağılımı.	33
Şekil 3.7. Türkiye’de Yıllara Göre Alüminyum Tüketimi (kg/kişi).....	34

RESİMLER LİSTESİ

<u>Resim</u>	<u>Sayfa</u>
Resim 3.1. The Crystal Palace.....	44
Resim 3.2. Makine Galerisi.....	44
Resim 3.3. Galerie d’Orleans	44
Resim 3.4. Hallidee Binası	45
Resim 3.5. Cam Gökdelen Projesi.....	46
Resim 3.6. Seagram Binası.....	46
Resim 3.7. Willis Faber & Dumas Binası	47
Resim 3.8. Rüzgâr Kırıcı Pavyonu.....	48
Resim 3.9. Reina Sofia Ulusal Sanat Müzesi	48
Resim 3.10. Mies van der Rohe Cam Gökdelen Projesi, 1922	49
Resim 3.11. Yurakucho Metro Giriş Saçağı.....	50
Resim 3.12. Cam Ahşap Ev.....	51
Resim 3.13. Louvre Müzesi Atölye Bölümü.....	51
Resim 3.14. Apple Bilgisayar Showroom	52
Resim 3.15. İç Mekânda Cam Tuğla Duvar	53
Resim 3.16. Maison Hermes	53
Resim 3.17. Barselona Pavyonu	54
Resim 3.18. Farnsworth Evi	55
Resim 3.19. Şelale Evi	56
Resim 3.20. Maisons Jaoul Evi	57
Resim 3.21. Villa Savoye	57
Resim 3.22. Çöl Çiçeği ve Tasarım Konsepti	58
Resim 3.23. Burç Halife Cephesi	59
Resim 3.24. Çin’in Putperest Mabnet Yapı ve Bambu Bitkisi.....	60
Resim 3.25. Taipei 101 Kulesi Cephesi	60
Resim 3.26. Petronas İkiz Kuleleri Cephesi.....	61
Resim 3.27. A.Commerzbank Headquarters, B.C. Commerzbank Headquarters Dış Cephe Kaplama Sistemi.....	62
Resim 3.28. Çin Merkezi Televizyon Binası Kulesi A. Genel Görünüm, B. Yapı Formunda Katların Dağılımı	62
Resim 3.29. Çin Merkezi Televizyon Binası Kulesi Cepheleri	63
Resim 3.30. Turning Torso Konsept	63
Resim 3.31. Turning Torso Cephesi.....	64
Resim 3.32. Sabancı Center Cephesi.....	64
Resim 3.33. Tekfen Tower Cephesi.	65
Resim 3.34. Metrocity Cephesi.	66
Resim 3.35. Maya Akar Center Cephesi	66

SİMGELER ve KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

Al_2O_3	: Alüminyum Oksit
$Al_2O_3Nh_2$	: Alüminyum Boksit
AlO_3	: Alümina
$NaAlO_2$	: Sodyum Alüminat
$NaOH$	: Sud-Kostik
SiO_2	: Silis

Kısaltmalar

Açıklamalar

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AD	: Alzheimer Demansı
CAD	: Computer Aided Design
ÇÜB	: Yöntemi ve Çevresel Ürün Beyannamesi
EAA	: European Aluminium Association
IAI	: International Aluminium Institute
LCA	: Life Cycle Assessment
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
SETAC	: The Society for Environmental Toxicology and Chemistry
TALSAD	: Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UIA	: International Union of Architects
YDD	: Yaşam Döngüsü Değerlendirme
YMY	: Yapı Malzemeleri Yönetmeliği

1.GİRİŞ

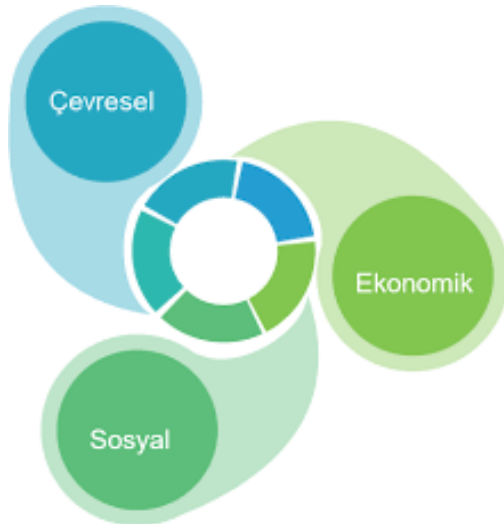
Sanayi Devrimi'nden sonra teknolojik gelişmeler ve kırsal alandan kente yaşanan göçlerle artan nüfusun yeni yaşam ve üretim biçimi ile kentleşmeye koşut olarak gerçekleştirilen yapısal faaliyetlerde doğal kaynakların bilinçsiz tüketimi, sera gazı salımına sebep olan fosil yakıtların kullanımı; enerji, çevre ve atık sorunlarına, doğal çevrenin bozulmasına ve tüm canlı türleri ile birlikte insan sağlığını tehdit ederek yaşam kalitesinin azalmasına neden olmuştur. Süreç içerisinde enerji gereksiniminde kullanılan yenilenemez fosil yakıtların çevre dostu olmadığına anlaşılmaması, yapısal faaliyetlerin dünyada üretilen enerjinin büyük bölümünü kullanması ve toprağın, suyun, havanın kirlenmesinden sorumlu olması çevre sorunlarının daha fazla hissedilmesine neden olarak gelecek açısından tehdit oluşturmaya başlamıştır. Bu nedenle çevresel, toplumsal ve ekonomik gereksinimlerin gelecek nesillerin yaşam standartlarına tehlike oluşturmayıp, zarar vermemesini hedefleyen bir dünya görüşü olarak ortaya çıkan sürdürülebilirlik kavramı; ekonomik, ekolojik, sosyal ve kültürel boyutları ile ele alınması, toplumların ulusal stratejiler geliştirmesi ve uluslararası politikalar ile bir bütün içinde değerlendirilmesi gereken ve yaşadığımız çevrenin korunmasını önemseyen bir olgu olarak pek çok disiplinin ilgi alanına girmiştir.

Sürdürülebilirlik; pek çok sözlükte üretkenliğin devamlılığı ile birlikte çeşitlilik sağlanabilmesi, devamlılığını koruyup daimî olabilme olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle sürdürülebilirlik; kendi ihtiyaçlarımızı karşılarken, gelecek nesillerin ihtiyaçlarından ödün vermeden sağlanmasıdır. Sürdürülebilirlik kavramı; gelecek nesillere ekolojik, ekonomik ve sosyal koşulları devam ettirilebilen bir dünya bırakmak için kullanılmaktadır. Bu bağlamda sürdürülebilirlik, toplum ile doğa arasında oluşan her türlü etkileşimde gelecek nesillere karşı sorumluluklarını da düşünerek ekosistemlerin devamlılığının sağlanması ve geleceğe aktarılması olarak tanımlanabilir.

Sürdürülebilirlik kavramı ilk olarak 1972 yılında Stockholm'de yapılan İnsan Çevresi Konferansında kullanılmış, Stockholm Çevre Bildirgesi'nde yayımlanmıştır. Sürdürülebilirlik kavramı ilk kez Barcelona Sözleşmesi (1976) sonrası gerçekleşen Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından Ortak Geleceğimiz (Our Common Future) Brundtland Raporu'nda (1987) sürdürülebilir gelişme tanımında kullanılmıştır (Gültekin vd., 2018). Brundtland Raporu'na göre sürdürülebilir gelişme *“Günümüzün ihtiyaçlarını karşılarken, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama olanaklarını tehlikeye atmadan yapılan sürdürülebilir kalkınmadır.”* Brundtland Raporu ile toplantıya katılan ülkelerden ulusal ve uluslararası düzeyde sürdürülebilir kalkınma politikalarını ve stratejilerini

belirlemeleri istenmiştir (Bozlağan, 2005). Daha sonra pek çok disiplin tarafından önemsenen ve her disiplin için farklı konu başlıkları ile çeşitli stratejiler oluşturulan bir süreç başlamıştır. 20. yüzyılın yarısına kadar insanoğlunun çevre sorunlarına yönelik bilincinin azlığı gelişen teknolojiyle birlikte doğaya müdahalenin artması çevre sorunlarının da daha fazla hissedilmesine neden olmuştur. Bu boyutu ile sürdürülebilirlik yaşadığımız alan ve çevreyi korumak, hayatımızı devam ettirebilmemiz için önemli bir gereklilik olarak algılanmıştır. Brundtland Raporu sürdürülebilir kalkınma yaklaşımının benimsenmesine ve artan çevre sorunlarına çözüm üretilebilmesi için ülkelerin farkındalıklarının gelişmesine ve ulusal, uluslararası ve küresel ölçekte sürdürülebilir politikaların oluşturulmasına zemin hazırlamıştır.

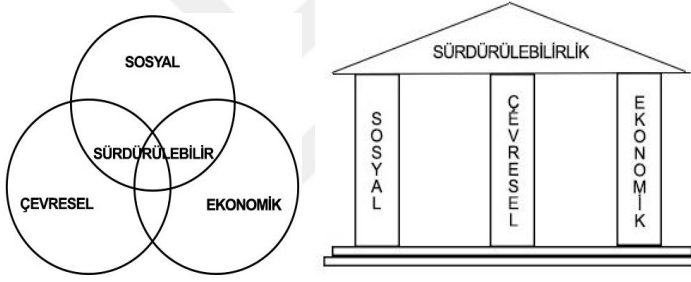
Sürdürülebilir kalkınma kavramı sosyal, ekonomi ve çevre boyutlarıyla geniş bir alanı içine alan disiplinler arası yapısı ve aynı zamanda çözümüyle gelen faydacı politikaların ve stratejilerin belirlenmesini gerektirmektedir (Şekil 1.1.). Sürdürülebilirliğin asıl amacı, insana yaşam alanı sunan ekosistemin kapasitesini aşmadan ve ekolojik dengeyi bozmadan gelişme sağlamaktır. Sürdürülebilirlik kavramı; farklı kaynaklarda ve çeşitli tanımlarla, insan sağlığını azaltmadan ve doğal sistemlerin üretkenliğini sağlayarak insan ihtiyaçlarını sağlamaya yönelik bir sistemsel dengeyi temsil etmektedir. Ekonomi, çevre ve sosyal olmak üzere üç sistemin kesişiminde tanımlanan sürdürülebilirlik; tüm sistemlerin ihtiyaçları karşılanırken, bu sistemlerin her biri için tehdit oluşturmamasını hedeflemektedir.



Şekil 1.1. Sürdürülebilir Kalkınmanın Üçlü Yapısı (Google Görseller, Sürdürülebilir Kalkınmanın Üçlü Yapısı)

Mimarlık disiplini için sürdürülebilirlik; ekonomik, sosyo-kültürel ve ekolojik boyutlarla bütün halinde ekolojik sorunlarla yakından ilişkili düşünülmesini gerekli bir konu

haline gelmiştir (Şekil 1.2.). 1992’de Mimarlık alanında sürdürülebilirliğin uluslararası platformdaki ilk etkinliği olan Rio Dünya Zirvesinde Gündem 21’i (Agenda 21) oluşturan bir bildirge yayımlanmış ve her ülkenin ulusal gündemini oluşturacak stratejileri benimsemiştir. Gündem 21; Dünya üzerinde çevresel mesajını destekleyerek, tüm ulusların kendi politikalarını ve sürdürülebilir gelişmesini belirlemeyi amaçlamaktadır. Sürdürülebilirlik kavramı, insanlığın çalışma ve yaşam çevrelerinin sosyal, çevresel ve ekonomik kalitesini geliştirmek üzerine odaklanan sekiz ilke ile belirlenmiştir. Gündem 21 amaçları; kentsel yerleşimlerin yönetimini geliştirmek, sürdürülebilir arazi-kullanımı planlaması ve yönetimini desteklemek, uygun barınma koşulları sağlamak, çevresel mesajı desteklemek amacıyla olanaklar oluşturmak, enerji-etkin teknoloji, doğal afetlere eğilimli uluslar için bir plan oluşturmak, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları ve sürdürülebilir ulaşım sistemleri, endüstri ile sürdürülebilir yapım sistemleri ile insan kaynaklarını geliştirmek (International Union of Architects, 1993) şeklinde sıralanmaktadır.



Şekil 1.2. Sürdürülebilir Mimarlık (Süzer, 2020)

Avrupa’da 1992 Rio Zirvesi’ni destekleyen 1992 Avrupa Birliği Maastricht Antlaşması planlama politikası, hükümet politikaları ve yapı düzenlemelerindeki değişiklikleri yönlendirerek ekolojik tasarım tartışmalarının önemine işaret etmektedir. Sürdürülebilir Mimarlık adına gerçekleştirilen önemli bir diğer buluşma ise, Dünya Mimarlar Birliği’nin (UIA-Union of International Architects) Chicago’da 1993 yılında gerçekleştirdiği Uluslararası Mimarlık Kongresi’dir (World Congress of Architects). Kongre ile yakın zamanda ve benzer amaçla yapılan bir diğer toplantı da ABD’de profesyonel bir meslek odası olarak kurulan ve mimarlara; resmi makamlarla iş birliği yapmak, eğitim çalışmaları sunmak, mimarların saygınlığını korumak, mimarlık mesleği ile ilgili gerekli tanıtım ve kampanyaları düzenlemek, diğer meslek kuruluşları ve odaları ile iş birliği çalışmaları yürütmek gibi görevler üstlenen Amerikan Mimarlar Enstitüsü’nün (AIA-American Institute of Architects) sürdürülebilir mimarlık adına gerçekleştirdiği toplantıdır (Amerikan Mimarlar Enstitüsü, 2021).

Kentleşme sonucu artan nüfus, gelişen teknoloji ve yapılaşma; üretim ve tüketim dengesini bozmakta, ulaşım, hava, su ve toprak kirlenmesi, su kaynaklarının azalması ve atıkların artması gibi çeşitli çevre sorunlarına da yol açmaktadır. Öte yandan dünya nüfusunun büyük bir bölümü kentlerde yaşamaktadır (United Nations, 2019). Sürdürülebilir kalkınma; günümüzde sosyal, ekonomi ve çevre ölçütlerini içerisine alan bir disiplinler arası alan olarak tanımlanmaktadır (Schmandt ve Ward, 2000). Sürdürülebilir kalkınma farklı disiplinlerin birlikte çalışmasını gerektiren bir alan olmanın ötesinde, karşılaşılan çevre sorunlarına bir çözüm üretmeyi amaçlamaktadır. Sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilirlik günümüzde pek çok disiplin ve sektör ile birlikte mimarlığın da ilgi alanına girmektedir.

Sürdürülebilir mimarlık ilkeleri ile ilgili olarak Amerikan Peyzaj Mimarları Kurumu, Eko Turizm Kurumu, Milli Parklar ve Koruma Birliği, Atmosferik Yönetimi ve Greenpeace arasında yapılan bir iş birliği sonucu 120 sayfadan oluşan Guiding Principles of Sustainable Design (Sürdürülebilir Tasarım İlkeleri) olarak bilinen, 1991 yılında Virgin Adaları'nda yapılan konferansı takiben sürdürülebilirlik ilkelerini tanımlamak amacıyla bir belge hazırlanmış ve yayımlanmıştır (Ekim, 2004).

Çevre, atık, enerji ve insan sağlığı konularında en önemli sorunların ortaya çıkmasından sorumlu olan yapı sektörü ve mimarlık disiplini de sürdürülebilirlik kavramının önemsenmesine ve sürdürülebilir yapı tasarım ilkelerini belirlenmesine yönelik çalışmalar başlatılmıştır. Sürdürülebilir yapı tasarım ilkeleri:

- Yapı alanının aktif kullanımı (bulunduğu yaşam biçimine, iklime, çevreye uygun tasarım),
- Yeni, yenilenebilir, temiz ve çevreci enerji kaynaklarının araştırılması ve kullanımı,
- Çevre dostu ve yenilenebilir ulaşım politikalarının benimsemesi,
- Enerji korunumu (ısı yalıtımı, pasif ve aktif enerji sistemlerinin kullanılması ile enerji ihtiyacının, yapıların ısıtma ve soğutma yüklerinin azaltılması, tükettiğinden fazla enerji üreterek karbon ayak izinin azaltılması, sıfır karbon bina tasarımı vb.),
- Su korunumu (doğal su kaynakları ile yeraltı sularının korunumu, tarım ilaçları ve kimyasallar ile doğal su kaynaklarının özelliklerinin ve verimliliğinin azalması ve dolaylı olarak insan sağlığının bozulması, kullanım suyunun arıtılarak kullanılması, yağmur suyu kullanımı vb.),

- Toprağın korunumu (topografyanın ve doğal arazi korunması, yapısal faaliyetler ile gerçekleşen katı, sıvı atıklarla, tarım ilaçları ve kimyasallar ile toprağın özelliklerinin ve verimliliğinin azalması ve dolaylı olarak insan sağlığının bozulması)

- Havanın korunması (Tasarımda alınacak kararlar ile yapay havalandırma ve iklimlendirme yerine doğal havalandırma ve iklimlendirmenin tercih edilmesi, hava kirletici sigara, parfüm, kimyasal kullanımının azaltılması, iç hava kalitesinin korunması)

- Malzemenin korunumu, iş gücü ve yerel malzeme kullanımı (iş gücünün ve yerel malzemelerin tercih edilmesi ile enerji ve kaynak korunumu sağlanması)

- Yapı malzemelerinin seçiminde çevreci politikaların geliştirilmesi ve uygulanması (az bakım-onarım gerektiren, yapı ekonomisini önemseyen, enerji kullanımına duyarlı çözümler sunan yapı malzemelerinin seçilmesi ve çevresel etkilerin yapı ürününün yaşam döngüsü boyunca değerlendirilmesi),

- Geri dönüştürülebilir malzeme kullanımının teşvik edilmesi ve yaygınlaştırılması ve atık yönetiminin desteklenmesi.

Dünyada tüketilen enerji en çok yapı sektörü tarafından yapım öncesi, yapım ve yapım sonrası evrelerde kullanılmaktadır. Bu nedenle yapı sektörü; kullandığı enerji ve ortaya çıkardığı atıklar nedeniyle sürdürülebilir politikalar izlemek, enerji kullanımını etkin ve verimli kılmak, kaynak korunumu sağlamak, insan sağlığına uygun, kolay bakım-onarım gerektiren, hizmet ömrü uzun, geri dönüştürülebilir, yaşam döngüsü boyunca az atık oluşturan ve çevre dostu yapı malzemeleri seçmek için çeşitli stratejiler belirlemek durumunda kalmıştır. Bu bütünün bir parçası olarak mimarlık disiplininde de önemli boyutta enerji ve kaynak tüketen yapı üretiminin her evresinde kaynak kullanımına, atık sorunlarına ve yapı malzemelerinin çevresel etkilerine çözüm arayışlarına yönelik sürdürülebilir yapı tasarımı kavramı dünyada ve Türkiye’de etkili bir yaklaşım olarak kabul görmüştür. Yapılı çevrenin korunumu için doğa, kültür ve teknolojinin birlikteliği ile insan sağlığı ve konforunun korunması, yaşanabilir çevrelerin oluşturulması kaçınılmazdır. Sürdürülebilirlik kavramı ve mimarlık arasındaki ilişki; yerel, ulusal ve küresel ölçekte değerlendirilmektedir. Sürdürülebilir yapı tasarımı yerel yapı malzemesi kullanımını, yerel iklimsel ve kültürel değerlerin desteklenmesini ve yapının bağlamına uygun biçimde tasarlanmasını önemsemektedir. Bu nedenle sürdürülebilir mimarlık; doğaya uyum stratejiler üzerine kurulu basit ilkeler ile oluşturulmuş yapıların yanı sıra, daha kompleks ilişkiler içeren

teknolojik destek gerektiren, kültürel anlamı önemseyen, teknolojiyi toplumsal sorumluluk ve sürdürülebilir mimarlık hareketi için kullanan (Ekim, 2004: 2) yapılar yapmaktan sorumludur.

Sürdürülebilirlik; politik, ekolojik, toplumsal, ekonomik ve ekolojik olarak değerlendirilmesi gereken bir kavramdır. Bu bağlamda sürdürülebilirlik için gereken çözüm yollarının üretilmesi, kendi içinde karmaşık görünen sosyal, kültürel, ekonomik, ekolojik sistemlerin birbirleriyle dengeli bir şekilde ele alınması ile mümkün olabileceği anlaşılmaktadır (Strange ve Bayley, 2008, s.16). Çevresel sorunlara çözüm önerileri, sürdürülebilir tasarımın ana konusudur. Yapılı çevreler üretim, uygulama, kullanım ve atık aşamalarında enerji tüketmektedir. Yapılı çevrenin korunumu teknoloji, doğa ve kültürün tüm canlı ve cansız çevre unsurları ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Sürdürülebilirlik kavramı ile mimarlık arasındaki ilişki, kültürel, iklimsel ve yerel değerleri de desteklemektedir.

Sürdürülebilirliğin bir şemsiye kavram olarak yerel, ulusal ve uluslararası platformlarda kabul görmesi; yapı sektörünün doğal kaynakların önemli bir bölümünü kullanması ve atıklar oluşturması ile ortaya çıkan çevre ve enerji sorunları, alternatif enerji kaynaklarından etkin biçimde yararlanmak, çevre dostu yapı malzemeleri ile sağlıklı ve yaşanabilir yapılar üretmek konularında ülkeleri sürdürülebilir politikalar üretmeye yöneltmiştir. Bu bağlamda sürdürülebilirlik kavramı mimarlık, şehir ve bölge planlama ve mühendislik disiplinleri için yapı üretiminin vazgeçilmez bir parçası olmuştur.

Henri Laborit, 'İnsan ve Kent' kitabında, çağımız insanı için asıl sorunun çevre kirlenmesine yol açan sanayiye insan ve çevre lehine çevirmek için bir sanayi kolunun atıklarının başka bir sanayi kolunun enerji kaynağına dönüştürmek gerektiğini belirtmiştir. Laborit gibi düşünen ve 'atık' kavramını bütünüyle ortadan kaldırmak isteyen mimar William McDonough, kimyager Michael Braungart tarafından atıkların bertaraf edilmesi konusunda önemli adımlar atılmıştır (McDonough and Braungart, 2002). 1977'de öğrenci olduğu Yale Üniversitesi'nde İrlanda'da güneş enerjisi ile ısıtılan ilk evi tasarlayan ve uygulayan McDonough, sürdürülebilir gelişme hareketinin öncülerindendir. McDonough'ın 1991 yılında Hannover kenti özelinde geleneksel üretim ve geleneksel çevreciliği canlandırabilecek bakış açısı ile atık kavramını bütünüyle ortadan kaldırmaya yönelik bildirisi, sürdürülebilir tasarım ilkelerini ortaya koyan bir rehber niteliğindedir. 1999'da Time Dergisi'nin McDonough ve Alman kimyager Dr. Michael Braungart'ın birlikte

hazırladıkları ve günümüzde Almanca, İtalyanca, İspanyolca, Çince ve Korece çevirileri de bulunan ‘Beşikten Beşiğe/Cradle to Cradle’ kitabı tanıtması, yapı malzemelerinin yaşam döngüleri boyunca ele alınmasını gündeme getirmiştir (McDonough and Braungart, 2002). 1977’de geri dönüşümün daha sonra kullanılamayan ve düzeltilemeyen biyolojik ve teknik karma besinleri oluşturan bir düşük döngü (downcycling) olduğunu ifade eden kitap; yaşam döngülerinin son aşamalarında gömülen veya araziye boşaltılan ‘beşikten mezara’ kavramının kullanıldığı ürünler tasarlamak yerine, kullanılan malzemeleri kapalı döngüler içerisinde olup sürekli olarak dolaşan ürünler üreterek ‘beşikten beşiğe’ kullanımının mümkün olduğunu savunmaktadır. McDonough ve Braungart’ın endüstriyi bütünüyle değiştirmeyi ve dönüştürmeyi amaçlayan bu yaklaşımı sürdürülebilir mimarlıkta hizmet ömrü sonlanan ve atık hale gelen yapı malzemesinin yaşam döngüsü boyunca incelenmesinin önemini göstermiştir. Bu durum yapı ürünleri ve yapı malzemelerinin beşikten mezara diye bilinen yaşam döngüsünün, süreç içerisinde beşikten beşiğe olarak değerlendirilmesini öneren Life Cycle Assessment [(LCA)-Yaşam Döngüsü Değerlendirme-YDD)] kavramını ortaya çıkarmıştır.

1.1 Problem durumu

Yapısal faaliyetlerle insan sağlığını tehdit eden atıklar ve kimyasallar yer altı ve yer üstü su kaynaklarına, toprağa ve havaya salınarak kirletmekte ve hava, toprak ve suyun yapısını değiştirerek sağlığa olumsuz etki etmektedir. Yapıların ısıtma, iklimlendirme ve havalandırılmasında kullanılan fosil yakıtların yenilenemez ve çevre dostu olmadığı anlaşılmıştır; doğal, yenilenebilir, ekonomik ve çevre dostu alternatif kaynakların aranmasına ve kullanılmasına zemin hazırlamıştır. Yapı sektörü yapım sürecinin tüm aşamalarında enerji kullanmaktadır. Öte yandan Dünya nüfusunun %55’i kentsel alanlarda yaşamaktadır (Orsini vd., 2013). Kentlerde doğal ortamların kırsal alana kıyasla kısıtlılığı nedeniyle günümüzde kentte yaşamın önemli bir kısmı yapılarda geçmektedir. Yapı üretiminde yapı malzemesi kararlarının doğru seçilmemesi Hasta Bina Sendromu’na (Sick Building Syndrome) sebep olmaktadır. Bu durum yapı üretiminde yapı malzemelerinden kaynaklanan çevresel etkilerin değerlendirilmesini gerektirmiştir. Bundan başka yapı sektöründe en çok enerji kullanımı yapı malzemelerinin seçimi, imalatı, uygulanması, kullanılması, gerekli bakım-onarımlarının yapılması ve yenilenmesi sürecinde olmaktadır. Bu nedenle yapı malzemesi üretim, uygulama, kullanım ve atık olma aşamalarında enerji kullanımını azaltmak için süreç boyunca malzeme üretiminin yeniden ele alınarak var olan problemin

çözümü için yapılması gerekenlerin tartışılmasına, sürecin yönetilmesine ve yeniden değerlendirilmesine gereksinim doğmuştur.

Alüminyum; yapı sektöründe özellikle çok katlı ve giydirme cepheli yapılarda yaygın olarak tercih edilen bir malzemedir. Sürdürülebilir yapı tasarımı kapsamında bu çalışmanın ana problemleri alüminyumun yapıda kullanım alanlarını incelemek, doğru seçilmiş yapı malzemesinin süreç içerisinde yapının hizmet ömrünü uzattığını, yapısal faaliyetlerle ortaya çıkan sorunları azalttığını ve yapı malzemelerinin seçiminin yapı için önemini vurgulamak, YDD yöntemi ile alüminyumun yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini sorgulamak olarak belirlenmiştir.

1.2 Araştırmanın amacı

Kentleşme, nüfus artışı sonucunda artan yapısal faaliyetlerin büyük ölçüde enerji tüketmesi ve çevre sorunlarına sebep olması; yenilenebilir ve çevreci enerji kaynaklarının, enerjinin etkin ve verimli kullanımı (Lakot, 2007; Uygun, 2012), suyun, toprağın, havanın ve doğal kaynakların korunumu, atık kontrolü, iç hava kalitesi, yapı malzemelerinin yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerinin araştırılması ve insan yaşamı için konforlu ve sağlıklı yapı üretilmesi amacıyla sürdürülebilirlik kavramı gündeme gelmiştir. Yapı sektörü tükettiği doğal kaynaklar ve ortaya çıkardığı atıklarla önemli çevre sorunlarına yol açmaktadır. Yapay çevrenin bir bileşeni olarak yapı ile yapının alt bileşenleri yapı malzemeleri de insan eylemleri ve doğal süreçler yoluyla çevresel etkilere neden olmaktadır. Yapı sektöründe çevresel etkilerin önemli bir bölümü yapı malzemesi seçim sürecinde ortaya çıkmaktadır. Öte yandan yapı sektörünün en önemli aktörlerinden biri olarak mimarlar sürdürülebilir yapı tasarım ölçütlerine uygun (Çelebi vd., 2008; Uygun, 2012), çevresel duyarlılığa sahip, enerji verimliliğini arttırmayı hedefleyen yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına özen gösteren ve tasarımların üretilmesinden sorumludur.

Sürdürülebilir bağlamında yapılarda kullanılan enerjinin büyük ölçüde yapı malzemesi seçiminden kaynaklandığı ve çevre dostu, uzun hizmet ömrüne sahip, sık bakım-onarım gerektirmeyen, geri dönüştürülebilen, kaynak kullanımına duyarlı ve insan sağlığı ve konforuna uygun yapı malzemelerinin tercih edilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Bu amaçla yapı malzemelerinin başlangıçta beşikten mezara olarak değerlendirilen yaşam döngülerinin beşikten beşiğe kabulü ve çevresel etkileriyle değerlendiren Yaşam Döngüsü Değerlendirme-YDD yaklaşımı (Life Cycle Assessment-LCA) yaygın olarak kullanılmaktadır.

Dünyada tüketilen enerji en çok yapı sektörü tarafından yapım öncesi, yapım ve yapım sonrası evrelerde kullanılmaktadır. Bu nedenle yapı sektörü kullandığı enerji ve ortaya çıkardığı atıklar nedeniyle sürdürülebilir politikalar izlemek, enerji kullanımını etkin ve verimli kılmak, kaynak korunumu sağlamak, insan sağlığına uygun, kolay bakım-onarım gerektiren, hizmet ömrü uzun, geri dönüştürülebilir, yaşam döngüsü boyunca az atık oluşturan ve çevre dostu olan yapı malzemeleri seçmek için çeşitli stratejiler belirlemek durumunda kalmıştır. Bu kapsamda yapı sektörünün neden olduğu çevre sorunlarını azaltmak amacıyla tasarım sürecine işleve uygunluk, sağlamlık, ekonomi ve estetik gibi ölçütlerin yanı sıra, sürdürülebilirlik ölçütleri de sürece dahil edilmiştir. Bu nedenle yapısal faaliyetlerde çevreye duyarlı ve çevresel etkileri düşük yapı malzemelerinin seçilmesinde yarar görülmektedir.

Günümüzde alüminyum çeşitli amaçlarla kullanılan bir yapı malzemesi olmanın ötesinde; yapı sektöründe özellikle giydirme cephe uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Teknolojik gelişmelerle kullanımı giderek artan ve çok çeşitli sektörlerde farklı kullanım alanlarına sahip bir malzeme olan alüminyumun; çağın metali olarak kabul görmesi, pek çok sektörle birlikte mimarlık disiplini içerisinde de pek çok farklı amaçla kullanımı ve son yıllarda giydirme cephe tasarımlarında da tercih ediliyor olması çalışmada örnek yapı malzemesi olarak alüminyumun seçilmesine neden olmuştur (Gür, 2001; Atalay, 2006; Güvenli, 2006; Demirkale, 2017). Alüminyumun yapı sektöründe yaygın kullanımı çalışmanın çerçevesini oluşturmuş ve örneklenmesinde belirleyici olmuştur. Bu çalışma sürdürülebilirlik kapsamında yapılarda çeşitli işlevler ile kullanılan yapı malzemelerinin çevresel etkilerini yaşam döngüleri boyunca sorgulayan YDD yaklaşımı ile çok katlı yapıların giydirme cephe tasarımlarında kullanılan alüminyumun (Erdoğan, 2007; Erturan, 2010) yaşam döngüsünü irdelemeyi ve çevresel etkilerini tartışmayı amaçlamaktadır.

1.3 Araştırmanın önemi

Yapı cephelerinde enerji tüketiminin cephedeki açıklıkların boyutları ve kullanılan yapı malzemelerinden kaynaklanması nedeniyle çalışmada örneklem olarak; giydirme cephe tasarım sürecinde büyük oranda geri dönüşüm sağlayabilen ve işlevsel, estetik, dayanıklı, çevre dostu ve ekonomik olması nedeniyle tercih edilen alüminyum seçilmiştir. Çalışma konusunda sürdürülebilirlik, çevre dostu yapı malzemelerine yönelik araştırmalar bulunmakla birlikte, giydirme cephelerde kullanılan yapı malzemelerinin yaşam döngülerini ve alüminyumun yapı malzemesi olarak kullanımını inceleyen araştırmaların olmaması,

çalışmanın disiplinler arası geçerliliği ve güncelliği, Türkiye için bilim üretilebilecek yeni bir çalışma alanı olarak görülmesi örneklem seçiminde belirleyici olmuştur.

1.4 Araştırmanın Hipotezleri

Ana Hipotez: YDD yöntemi yapı malzemesi seçim sürecinde enerji korunumu sağlayan, atıkları azaltan, az bakım-onarım gerektiren ve hizmet ömrü uzun malzemenin belirlenmesi açısından önemlidir. Sürdürülebilir yapı tasarımı ilkeleri kapsamında çok katlı yapıların giydirme cephelerinde alüminyumun kullanımı ile büyük oranda geri dönüşüm sağlanabilir. Yapı malzemesi olarak alüminyumun; üretim ve geri dönüştürülerek yeniden üretim evresinde insan sağlığına ve çevreye vereceği zararlar kontrol edilebilir ve düşük düzeyde olduğu söylenebilir.

Alt Hipotez 1: Yapı malzemesi belirlemede doğru malzemenin seçimi yapının hizmet ömrü boyunca insan sağlığının önemsenmesine ve yaşam kalitesinin yükseltilmesine katkı sağlayacaktır. YDD yapılı çevrede insan konforunu ve sağlığını önemseyen ve kullanıcının yaşam kalitesini yükselten bir yöntemdir. Çok katlı, farklı ve karma işlevlerle kullanılan yapılarda malzemenin doğru seçilmesi kaynak korunumu da sağlayacaktır.

Alt Hipotez 2: Yapılarda ısı kayıpları en çok cephe, pencere ve kapı gibi açıklıkların yer seçiminden, boyutlarından ve kullanılan yapı malzemesinden kaynaklanmaktadır. Çok katlı yapıların tasarımında konsept olarak tek veya tüm cephelerin giydirme cephe anlayışı ile üretildiği örnekler giderek yaygınlaşmaktadır. Bu bağlamda cephede açıklıklar için seçilen alüminyum, cam vb. malzemelerin türü ve niteliği enerji korunumu açısından önemlidir.

Yapı sektörünün doğal kaynakların önemli bir bölümünü kullanması ve atıklar oluşturması, ortaya çıkan çevre ve enerji sorunları, alternatif enerji kaynaklarından etkin biçimde yararlanmak, çevre dostu yapı malzemeleri ile sağlıklı ve yaşanabilir yapılar üretmek birçok ülkenin politikalarında yer almaya başlamıştır. Bu bağlamda sürdürülebilirlik kavramı mimarlık, şehir ve bölge planlama ve mühendislik disiplinleri için yapı üretiminin vazgeçilmez bir parçası olmuş ve yapı üretiminin yapım öncesi, yapım ve yapım sonrası olarak tanımlanabilecek yaşam döngüsü boyunca değerlendirilmesini zorunlu kılmıştır.

Yapılarda kullanılan enerjinin büyük ölçüde yapı malzemesi seçiminden kaynaklandığı ve çevre dostu, uzun hizmet ömrüne sahip, sık bakım-onarım gerektirmeyen,

geri dönüştürülebilir, kaynak kullanımına duyarlı ve insan sağlığı ve konforuna uygun yapı malzemelerinin tercih edilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Bu amaçla yapı malzemelerinin yaşam döngüsü içerisinde çevresel etkilerinin beşikten beşiğe değerlendirilmesini önemseyen Yaşam Döngüsü Değerlendirme-YDD yaklaşımı (Life Cycle Assessment-LCA) yaygın olarak kullanılmaktadır. Sürdürülebilirlik kapsamında cephe tasarım sürecinde çevre dostu yapı malzemelerini Alüminyum örneği üzerinden araştırmayı amaçlayan bu çalışmada 21. yüzyılda teknolojik gelişmelerle kullanımı giderek artan ve çok çeşitli sektörlerde farklı kullanım alanlarına sahip bir malzeme olan alüminyumun; çağın metali olarak kabul görmesi, pek çok sektörle birlikte mimarlık disiplini içerisinde de farklı kullanımlar bulmasının yanı sıra, cephe tasarımlarında da yaygın olarak tercih edilmesi çalışmada yapı malzemesi olarak alüminyumun seçilmesine neden olmuştur.

1.5 Sınırlılıklar

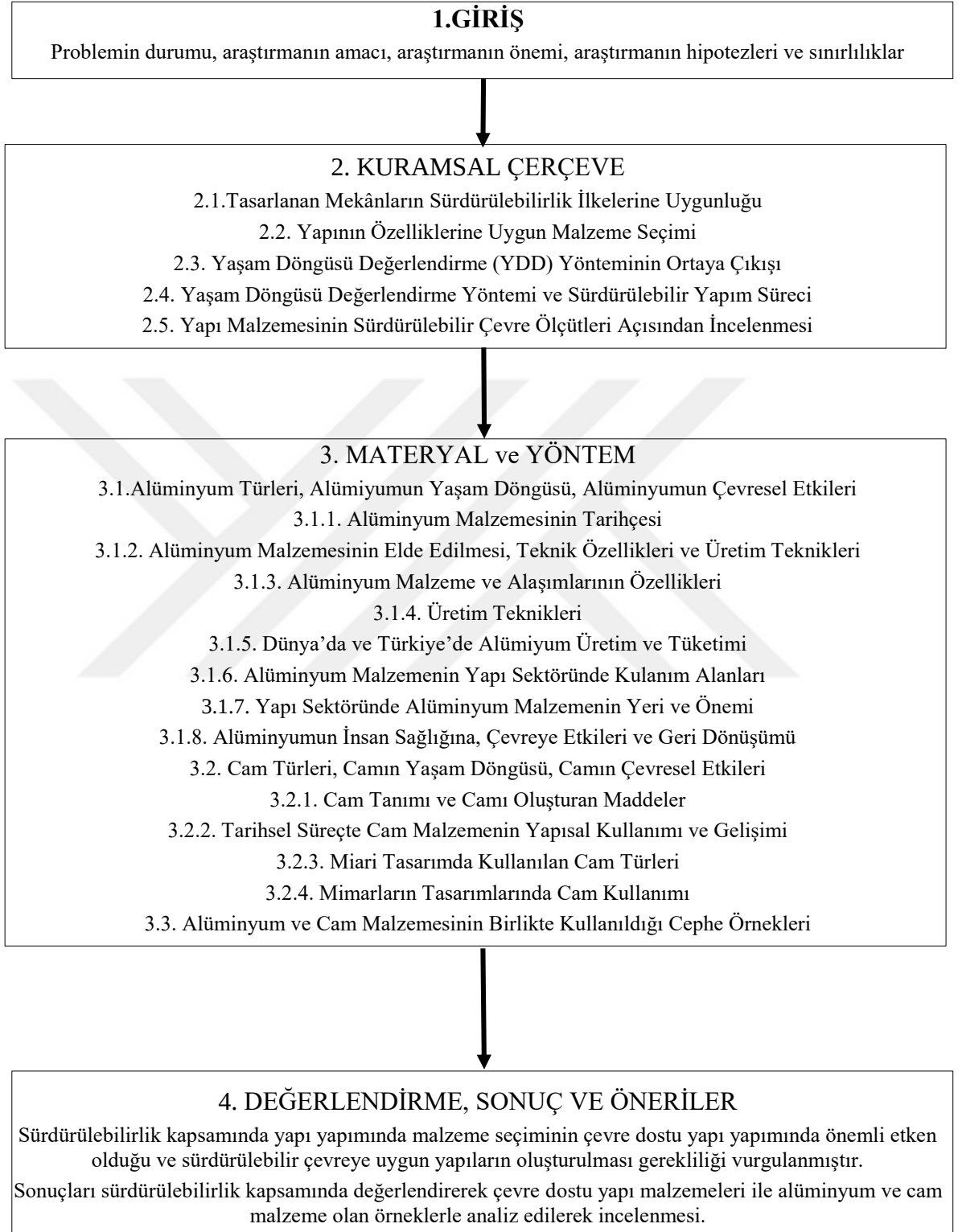
Çalışmada çok katlı giydirme cepheli yapıların cephe tasarımında kullanılacak alüminyumun yaşam döngüsü boyunca çevresel etkileri; giydirme cephe tasarımında kullanılan sistemler, alüminyum ve cam malzemenin türü ve niteliği ile sınırlandırılmış, bu sınırlamalar ile giydirme cepheyi oluşturan alüminyum ve cam malzemenin enerji verimlilikleri detaylar üzerinden tartışılmıştır.

Çalışmanın Kuramsal Çerçeve başlığı ile verilen ikinci bölümünde tasarlanan mekanların sürdürülebilirlik ilkelerine uygunluğu, yapının özelliklerine uygun malzeme seçimi, Yaşam Döngüsü Değerlendirme-YDD yönteminin ortaya çıkışı, YDD yöntemi ve sürdürülebilir yapıım süreci ve sürdürülebilir çevre açısından yapı malzemeleri incelenmiştir.

Çalışmanın Materyal ve Yöntem başlığı ile verilen üçüncü bölümünde çok katlı giydirme cephelerde kullanılan alüminyum ve cam malzeme ile ilgili araştırmalara yer verilmiştir. Bu kapsamda alüminyum türleri, alüminyumun yaşam döngüsü ve çevresel etkileri, cam türleri, camın yaşam döngüsü ve çevresel etkileri; alüminyum ve camın birlikte kullanıldığı çok katlı yapıların cephe örnekleri üzerinden incelenmiştir.

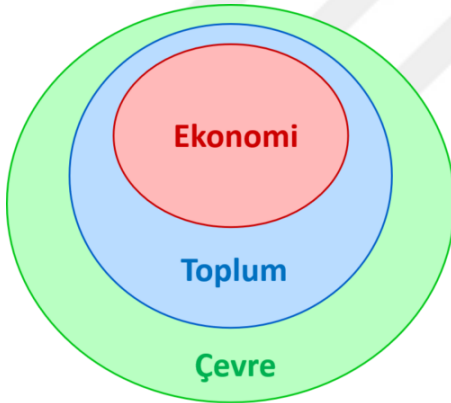
Çalışmanın sonuç bölümünde çok katlı yapılarda giydirme cephe tasarımında yaygın olarak kullanılan alüminyumun çevresel etkileri, farklı işlevlerle kullanımları nedeniyle insan sağlığı ve çevre üzerinde oluşabilecek olası çevresel etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmanın akışı aşağıda sunulmuştur (Tablo 1.1.).

Tablo 1.1. Tez Akış Şeması (Yazar tarafından hazırlanmıştır).



2.KURAMSAL ÇERÇEVE

Sürdürülebilirlik; insan yaşam kalitesinin bozulmaması için buna olanak sağlayan ekosistemlerin taşıma kapasitesini aşmadan geliştirmek olarak tanımlanmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramının bir diğer anlamı da devam eden bir süreç ve harekete geçme çağrısıdır. Bu nedenle bazı tanımlarda ortak değerler ve hedeflerin önemi vurgulanmaktadır. Sürdürülebilirlik, günümüzde ve gelecekte bütün türler için yaşanılabilir bir gezegen gerçekleştirmek için, çevreyle ilgili adalet, ekonomik refah, esneklik ve kültürel canlılık arasındaki dengeyi koruyan ve olumsuz etkiyi minimuma indiren, yenilikçilik ve karar verme anlamında da kullanılmaktadır. Yaşanılabilir bir gezegen ve geleceğimiz ile ilgili endişeler sonucunda 2005 yılında gerçekleştirilen Dünya Sosyal Gelişme Zirvesi'nde sosyal gelişim, ekonomik gelişim ve çevre koruma gibi sürdürülebilir kalkınma hedefleri belirlenmiştir. Zirvede alınan kararlarda sürdürülebilirliğin ekonomi, toplum ve çevre olarak belirlenen üç boyutunun gerçekte birbirlerinden bağımsız olmadığı ve birbirlerini bağlayıcı ve etkileyebildikleri fikri kabul görmüş ve sürdürülebilirliğin boyutları birbiri içine geçmiş üç daire ile ifade edilmiştir (Şekil 2.1.).

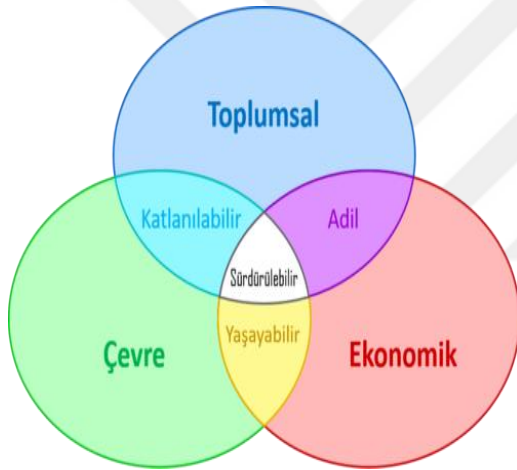


Şekil 2.1. Sürdürülebilirliğin Boyutları (Google Görseller, Sürdürülebilirliğin Boyutları)

Sürdürülebilirliğin tüm boyutlarının birbirleriyle etkileşim içinde olması; bir anahtar kavram olarak öneminin anlaşılmasını, dünya ülkelerinin gelecekte var olabilmek, kaynaklarını etkin ve verimli kullanabilmek, sürdürülebilir gelişme gösterebilmek amacıyla ulusal ve uluslararası politikalar ile stratejiler oluşturmakla yükümlü olduklarının farkına varmalarını sağlamıştır. Bu nedenle sürdürülebilirlik; ortak geleceğimiz için son derece önemli ve hemen hemen tüm sektörleri ilgilendiren ve bir şemsiye kavram olarak kabul görmektedir. Sürdürülebilirlik yapı sektörü ve mimarlık disiplini içerisinde de doğru yapı malzemesinin seçimi ve yapı malzemesi üretim süreçlerinde çevreyle dost işlemlerin

gerçekleştirilmesi kadar, çevre ile ilgili çeşitli standartların çıkartılmasına ve yeşil bina kapsamında sertifikalandırma sistemlerinin oluşturulmasına da zemin hazırlamıştır.

Birleşmiş Milletler (BM) Binyıl Beyanı; sosyal gelişme, ekonomik kalkınma ve çevre koruma dahil olmak üzere sürdürülebilir gelişme ile ilgili ilkeleri ve anlaşmaları; 2005 yılında Dünya Sosyal Gelişme Zirvesi'nde belirtilen üç boyut (ekolojik, ekonomik, sosyal ve kültürel sürdürülebilirlik) üzerinden tanımlanmıştır. Son yıllarda bir etki alanı modeli olarak kullanılan sürdürülebilirlik kavramında farklı üç boyutun kesişim kümelerinin de okunmaya başladığı görülmektedir (Şekil 2.2.). Bu yaklaşım Birleşmiş Milletler ve Unesco, toplantılarından sonra Gündem 21 toplantısında kültürün sürdürülebilir gelişmenin dördüncü boyutu olarak belirlenmesi Gündem 21 ile uyum içinde olan bu modelin günümüzde BM Şehirler Programı gibi kurumlar tarafından kullanılmasını sağlamıştır (Gedik, 2020).



Şekil 2.2. Sürdürülebilir Gelişme Venn Şeması (Google Görseller, Sürdürülebilir Kalkınmanın Üçlü Yapısı)

Bir sistemin veya malzemenin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilebilmesi için çevresel, ekonomik, sosyal ve kültürel etkilerinin yaşam döngüsü kapsamında incelenmesi gerekmektedir. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi [(YDD) Life Cycle Assessment (LCA)], süreçlerin ya da ürünlerin, (ham maddenin elde edilmesinden başlayıp; üretim, nakliye, kullanım ve atık olarak bertaraf edilmesiyle) yaşam döngüsü boyunca oluşan çevresel etkilerini değerlendiren bütünsel bir döngüdür. YDD süreçlerin ya da ürünlerin çevresel etkilerini Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO-International Organization for Standardization) tarafından ISO 14040 ve ISO 14044 standartları ile değerlendirmekte ve insan sağlığı ve konforu için sürdürülebilir yapı malzemesi kullanımını önemsemektedir.

2.1.Tasarlanan Mekânların Sürdürülebilirlik İlkelerine Uygunluğu

Mimari tasarımda tasarlanacak mekânların çalışma sisteminin sürdürülebilirlik ilkelerine uygunluğu gerekmektedir. Planlama yapılırken; yapının sirkülasyon sistemi (merdivenler ve asansör), ıslak hacimler (banyo, duş, wc) ve servis mekanlarını (kiler, depo vb.) ve yaşam alanlarını iklim ve işlev açısından uygun yönlerde tasarlanması önem kazanmaktadır. Bu durum yapının kullanımında güney cephede tasarlanan yaşam alanlarının ısıtma, soğutma ve havalandırılması için kullanılan enerjinin, kuzey cephede tasarlanan servis mekânlarına kıyasla daha düşük olmasını ve kullanıcılar güney cephenin sunduğu iklimsel konfordan yararlanabilmesini sağlamaktadır (Tönük, 2001).

2.2. Yapının Özelliklerine Uygun Malzeme Seçimi

Sürdürülebilir yapı yapımında seçilen malzemelerin de önemli olduğu bilinmektedir. Tasarımcılar amaçlanan işlevi ön planda tutan, kullanıcı gereksinimlerine cevap veren ve göze hoş gelen yapı tasarlamaktadır. Tasarımcı yapısal faaliyetlerde kullanıcıların ihtiyaçlarına uygun özellikte olduğu kadar; yapım öncesi, yapım ve yapım sonrası evrelerde kullandığı enerji miktarı ve buna koşut olarak çevresel etkileri az olan, çevre dostu yapı malzemelerinin seçiminden sorumludur. Yapı malzemesi seçiminde doğru karar verilmemesi, doğal ve yapay çevrenin ve dolayısıyla insan sağlığı ve ülke ekonomisinin zarar görmesine neden olmaktadır. Bu nedenle sağlıklı çevrelerin doğru yapı malzemesi kararının verilmesi ile oluşturulabileceği söylenebilir.

Yapının oluşumunda en önemli faktörlerden biri yapı malzemesidir. Doğada her amaca uygun malzeme bulunmadığı gibi, çoğu kez yapı malzemesi için kullanılan hammadde, yapıya doğadaki biçimi ile katılmamaktadır. Bundan başka doğal ve çevre dostu yapı malzemesi (environmental friendly) kullanımı tükenbilir doğal kaynakların korunumunun sağlanmasını güçleştirebilir. Bu nedenle doğal malzemelerin yapı malzemesine dönüşümü sürecinde olabildiğince dikkatli kullanılması, korunması, sürecin tüm aşamalarında çevreye zarar vermeyecek işlemlerden geçirilmesi ve kaynakların verimli kullanılmasına özen gösterilmesine dikkat edilmelidir.

Sürdürülebilir tasarım pek çok ölçüt ile doğal, doğaya saygılı ve çevre dostu olarak tanımlanan yapı malzemelerinin seçimini gerektirmektedir. Doğal ve doğaya saygılı malzemeler söylemi, doğal malzemelerin seçiminde az doğal kaynakların zarar görebilmesinin söz konusu olduğunu vurgulamaktadır. Bu nedenle sınırlı olan doğal

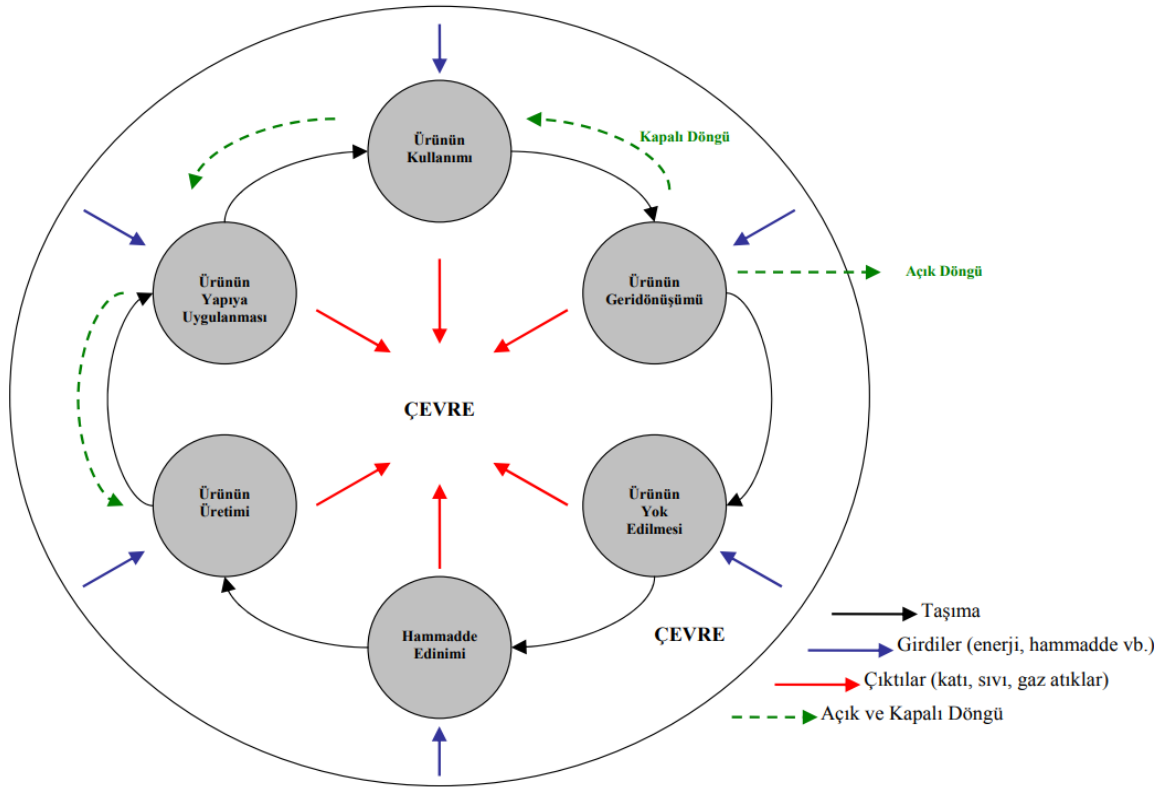
kaynakların yerine, kullanım amacı ve yoğunluğuna bağlı olarak yapay malzemelerin kullanımı öncelik kazanmaktadır. Eskiden yapılarda %30-40 oranında, ahşap, saman, saz gibi organik malzemeler ve %60-70 oranında kerpiç, kiremit, kireç, taş gibi inorganik malzemeler kullanılırken, günümüzde %90-100 oranında yapay malzemeler kullanılmaktadır. Kullanılan malzemelerle çevre ve insan konforu açısından sağlıklı mekânlar oluşturulmamaktadır. Bu nedenle yapay malzemelerin üretimine; çevre dostu, doğaya saygı için önem verilmelidir (Akman, 1999). Yapıda kullanılacak yapay malzemelerde de yapının tüm aşamalarında (yapım öncesi, yapım ve yapım sonrası) doğaya saygılı ve minimum oranda zarar verecek madde içeren, dayanıklı, az enerji kullanan, bakım-onarım maliyeti düşük, geri dönüşüme olanak veren ve hizmet ömrü uzun yapı malzemeleri olmalıdır.

Yapı malzemeleri, üretiminden, kullanıma ve atık durumuna kadar geçen aşamalarda geçirdikleri işlemlerin adımları ile doğru orantılı olacak şekilde enerjiye gereksinim duymakta ve pek çok atık ortaya çıkarmaktadır (Ayaz, 2002). Yapı malzemelerinin çevreye olan etkisi çoğunlukla gömülü enerji (embodied energy) bağlamında değerlendirilmektedir. Gömülü enerji, birim yapı malzemesinin hammaddelerin çıkarılması, işlenmesi, imalatı, nakliye, şantiyeye teslimi, montaj ve üretim süreçlerini içeren, ömrünü tamamlayıp atık hale gelmesine kadar ihtiyaç duyulan bakım-onarım dâhil yaşam döngüsü boyunca kullanılan toplam enerji miktarıdır. Gömülü enerji aynı zamanda atmosfere salınan CO₂ gazı oranlarıyla da büyük ölçüde uyum sağlamaktadır. Sürdürülebilir yapılarda kullanılacak yapı malzemelerinin seçiminde; yerel ve kolay bulunabilmesi, az bakım-onarım gerektirmemesi veya bakım-onarım maliyetlerinin düşük olması ve uzun hizmet ömrüne ve düşük gömülü enerji değerine sahip olması gibi ölçütler belirleyici olmaktadır (Yılmaz ve Marşoğlu Algur, 2021). Bir yapıda kullanılan yapı malzemelerinin, yapının bulunduğu çevreden elde ediliyor olması, yörenin çevre ve iklim koşullarına uyumlu doğal malzemeler olarak, yapının işleyişinde ve çevreyle etkileşiminde daha sağlıklı sonuçlar vermektedir.

Yapı sektöründe çevre ile olan ilişkilerin doğru kurulabilmesi bakımından yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesini sağlayan yasal düzenlemeler veya yöntemler bulunmaktadır. Bu düzenlemeler ve yöntemlerden Yapı Malzemeleri Yönetmeliği (YMY), Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi (YDD) ve Çevresel Ürün Beyannamesi (ÇÜB) şemaları Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. YMY yapı malzemelerinin taşınması gereken temel gerekleri belirlemekte,

ancak bu malzemelerle ilgili çevresel bilgi sağlayacak konuları kapsamamaktadır. Bu bilgileri derlemek üzere, AB yapı sektöründe ÇÜB şemaları düzenlenmektedir. Bu şemalar, yapı malzemelerinin çevresel performanslarının tüm yaşam döngüleri boyunca dikkate alındığı YDD yöntemine dayanmaktadır. Yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için bu yasal düzenlemeler ve yöntemlerin her birine ayrı ayrı ihtiyaç duyulmaktadır (Gültekin vd., 2007).

Yapı ürünlerinin hammaddelerinin elde edilmesi, üretimi, yapıya uygulanması, kullanılması ve ürünün kullanımının sona ermesi ile geri dönüşümü veya imha edilmesi gibi süreçleri içine alan bir döngü boyunca oluşmuş ve olası çevre etkilerinin değerlendirilmesi; Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi olarak tanımlanmaktadır. Yapı malzemelerinin yaşam döngüsü açık veya kapalı olabilir. Açık döngü; ürünün, farklı bir ürün üretiminde kullanılmak üzere geri dönüştürülmesi, kapalı döngü ise ise kullanımı sona eren ürünün, aynı ürünün üretiminde kullanılmak üzere geri dönüştürülmesi olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.3).



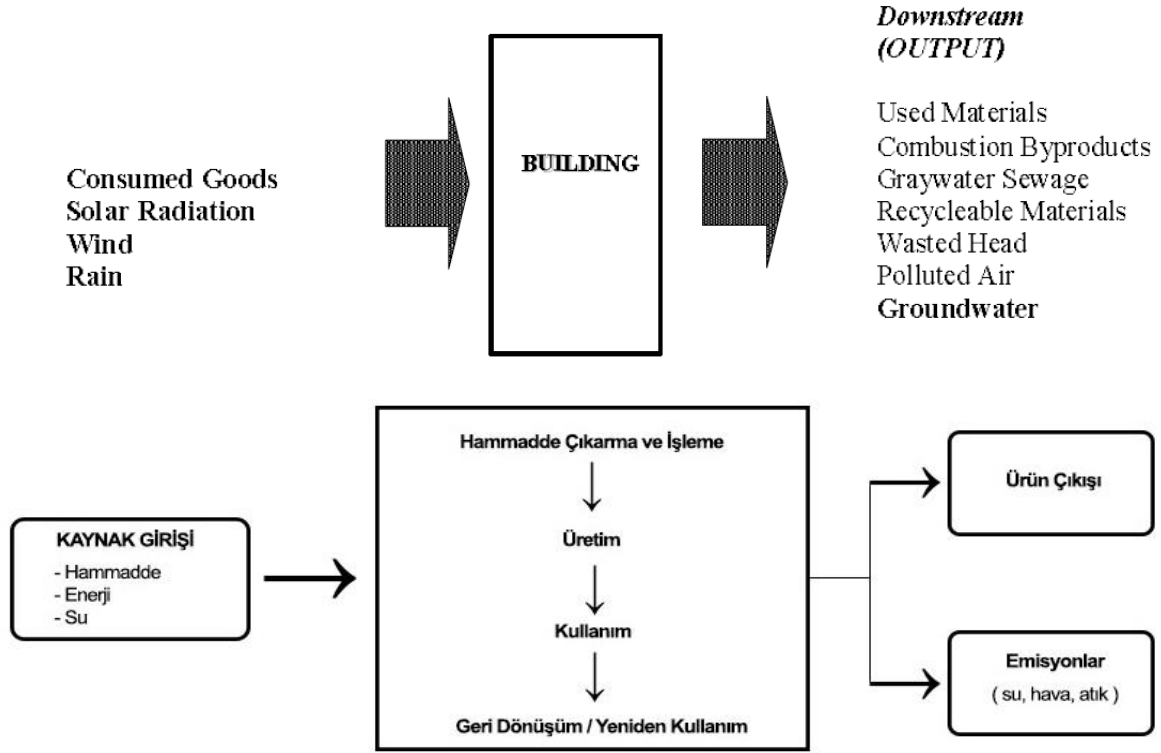
Şekil 2.3. Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Süreçleri, Süreçlerin Birbirleri ve Çevre ile İlişkileri (Tagun, 2005)

Yapı üretiminde; üretim aşamalarında kullanılan teknolojilerde, yapım yöntemi seçiminde, malzeme kullanımında, nakliye ve montaj ile ilgili işlemlerde mevcut enerji kaynakları ve doğal dolaşım sistemleri göz önüne alınmalıdır. Çevre dostu yapı malzemesi için yapının tüm evrelerinde enerji korunumu sağlayan yapım yöntemleri tercih edilmesi, taşıyıcı sistem ve yapı kabuğunu oluşturan yapım yöntemlerinin yüksek dayanımlı olması gerekmektedir. Bundan başka yapıda güneş, rüzgâr, jeotermal vb. temiz, yenilenebilir ve çevreci enerji kaynaklarının kullanılması, pasif ve aktif güneş enerjisi sistemleri ile yapısal ve mimari elemanların yapının gelişimine açık ve uyumlu olması da önemsenmelidir. Enerji ve yapı teknolojileri alanındaki geliştirilmiş yeni ürünler ve sistemler yapılara basit bir şekilde uygulanabilmeli, mevcut sistemler kolayca yenileriyle yenilenebilmeli veya değiştirilebilmelidir (Tönük, 2001). Geri dönüştürülmüş malzemelerden veya yenilenebilir kaynaklardan üretilmiş yapı elemanlarının kullanımı; yapı-kullanıcı etkileşimleri, yapı-çevre ve ülke ekonomisi için gerekli konfor koşullarını sağlayan mekânların tasarlanması gibi hususlarda önem taşımaktadır. Bu bağlamda YDD yöntemi ile çevre dostu yapı malzemesi seçimi; yapıda kaynak korunumu sağlama, atık ve kirliliğin azaltılması, insan sağlığı ve konforu için sağlıklı mekanlar tasarlanması, yapının işlevsel-teknik-ekonomik ve estetik performansının yükseltilmesi ve yapı ekonomisi için önemli görülmektedir.

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi; yapı üretiminde kullanılan ürünlerin, yapı malzemesi üretim sürecinin her aşamasında doğal çevrede oluşturdukları etkileri incelemek ve azaltmak için enerji ve malzeme akışlarını, malzemenin yaşam döngüsü boyunca (hammadde elde edilmesinden atık veya geri dönüşüm oluncaya kadar geçen süreçte nitelendirmekte) kullanılan bir araç olarak tanımlanmaktadır. YDD ile;

- Çevresel kirliliğin önlenmesi,
- Doğal kaynakların korunması,
- Çevresel eşitliğin sağlanması,
- Çevre ile ilgili yasa ve yönetmeliklerin gelişmesi,
- Çevreye duyarlı ürünlerin üretiminin sağlanması, ürün gelişimi ve kullanımı sonucu oluşan çevresel etkilerin azaltılması ve
- Çevre yönetim sistemlerinde çevresel performans değerlendirmesinin gelişmesi amaçlanmaktadır.

Şekil 2.4.'de bir yapı malzemesinin kaynak girişinden ürün çıkışı ve atık aşamasına kadar süreci kapsayan yaşam döngüsü şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Yaşam Döngüsü (Çelebi, 2003)

2.3. Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) Yönteminin Ortaya Çıkışı

Sürdürülebilirlik ve enerji tüketimi bağlamında yapıların ve yapıda kullanılan ürün ve malzemelerin çevresel etkilerinin araştırılması ve bu yönde yapı üretilmesi konusu ilk kez 1960'lı yıllarda gündeme gelmiştir. YDD'nin altyapısını oluşturan bu süreçte artan dünya nüfusunun enerji ve hammadde kullanımının etkilerini ve fosil yakıtların kullanımına yönelik olası iklim değişikliklerinin modellenmesi konuları tartışılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda gelişen teknoloji ile 1990'lı yıllardan sonra YDD yöntemi kabul görmüş ve çevre ile ilgili ISO 14000, ISO 14044 ve ISO 14040 standartları geliştirilmiştir. YDD yöntemi; enerji kullanımı ve malzemelerin çevresel etkileri dışında kapsamlı bir karar verme aracı olarak kullanılmaktadır.

YDD yönteminin en yaygın kullanımı yapı malzemelerinin yaşam döngülerini beşikten beşiğe değerlendirmektir. Yapı; üretim sürecinin her aşamasında önemli ölçüde enerji kullanılmaktadır. Bu süreçte YDD yöntemi; doğal çevreyi dikkate alarak ve yapı malzemelerinin bilinçli seçilmesi ve kullanılması ile çevresel etkilerin azaltılmasının mümkün olduğunu göstermektedir. Bu nedenle yapı malzemelerinin seçiminde malzemenin yaşam döngüsü boyunca karşılaşılabilecek işlemlerin sürdürülebilir politikalar kapsamında değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle;

- Bir yapı malzemesinin/ürününün yaşam döngüsünün beşikten beşiğe anlayışı ile işlem göreceği aşamaların tümünde karşılaşılabilecek olası çevresel etkilerin bilinmesi,
- Yapı malzemesinin/ürünün seçiminde ekosisteme etkileri ve bu etkilerin sonuçlarının da bilinmesi ve değerlendirilmesi ile
- Yapı tasarımında bir yapı malzemesinin/ürünün tercihinde çevrenin kazanç ve kayıp boyutlarının değerlendirilmesi çevrenin korunumu anlamında önemlidir.

2.4. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi ve Sürdürülebilir Yapım Süreci

Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi, yapıları hizmet ömrü boyunca geçirdikleri aşamaları inceleyerek, bu aşamaların her birinde olası çevresel etkilerini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. YDD yapı malzemesinin hammaddenin çıkarılması ile başlayan ve atıklarının imhası ve bertaraf edilmesine kadar süren yapının hizmet ömrü boyunca sürecin her aşamasının değerlendirilmesini dikkate almaktadır.

YDD; sürdürülebilirlik yaklaşımı ile yapı malzemesinin süreç içerisindeki her aşamasında çevresel etkileri azaltacak tedbirlerin alınmasına ve uygulamanın önemsenmesine işaret etmektedir. YDD yöntemi ile değerlendirme sonucunda elde edilen bulgular çevresel ürün ilanlarında, ISO 14000, ISO 14040 ve ISO 14044 standartlarında bir araç olarak kullanılabilir.

2.4.1. Hammaddenin Elde Edilmesi

Bu aşama yapı malzemesi için gereken hammaddenin çıkarılması ve çıkarıldığı yerden işleneceği yere ulaşımı için gereken işlemleri tanımlamaktadır. Bu süreçte işgücü ve enerji tüketilmekte, süreç sonunda ise katı ve sıvı atıklar ile gaz salımları oluşabilmektedir (Çelebi vd., 2008). Hammadde elde edilirken, hammadde çıkarılması sırasında topografyaya müdahaleler doğal çevrenin bozulmasına neden olduğu gibi, bu çevrede yer alan biyolojik çeşitliliğe zarar vererek çevre üzerinde pek çok olumsuz etki oluşturmakta ve bu etki doğal çevreye telafi edilemeyecek boyutta zarar verebilmektedir. Çıkarılan hammaddenin işleneceği yere taşınması sırasında enerji tüketilmekte ve bu tüketim süreci de çevresel etkilere neden olmaktadır. Hammaddeye olan ihtiyacın minimuma düşürülmesi ile doğal kaynaklar ve çevrenin zarar görmesi engellenebilir, yenilenemeyen kaynakların kullanımı ile doğal kaynaklar gelecek kuşaklara aktarılabilir ve yapı malzemesinin hammaddesinin elde edilmesi sürecinde ortaya çıkan çevresel etkiler azaltılabilir.

2.4.2. Ürünün Üretimi

Bu aşama; hammaddenin üretim yerine taşınmasını takiben işlenmesi, paketlenmesi ve uygulanabilecek bir yapı ürününe dönüşmesini kapsamaktadır. Yapı ürünlerinin üretim sürecinde sermaye, işgücü ve enerji tüketilmekte, araç ve hammaddeler kullanılmakta ve pek çok işleme tabi tutulan yapı malzemeleri çevresel etkilere neden olabilmektedir. Yapı malzemelerinin üretimi için seçilen alanın uygun ve yapının inşa edileceği alana yakın konumda olması ve doğru ekipmanların kullanımının nakliye kolaylığı sağlayacağı, nakliye için harcanan süre ile enerjiyi ve dolaylı olarak çevresel etkileri azaltacağından yapı malzemesi seçiminde yerel malzemenin tercih edilmesi önemli görülmektedir.

2.4.3. Ürünün Yapıya Uygulanması

Bu aşama çeşitli işlemlerden geçerek şantiye alanına ulaşan yapı ürünlerinin uygulanmasını kapsamaktadır. Bu aşamada da iş gücü ve enerji kullanılmakta, katı, sıvı atıklar ve gaz salımları açığa çıkmaktadır. Yapı malzemesinin uygulanması aşamasında malzemeden kaynaklı etkenlerle işçi sağlığı da etkilenebilmektedir ve süreç içerisinde çevresel etkiler de çevre ve halk sağlığını etkileyebilecek boyutta olabilmektedir (Dilaver, 2005). Yapı malzemelerinin uygulanması birbirinden farklılık göstermektedir ve uygulamanın nasıl yapılacağı Yapı Malzemesi Yönetmeliklerinde, standartlarda ve Çevresel Ürün Beyannamesinde detaylı olarak aktarılmaktadır. Sürdürülebilirlik açısından tasarıma uygun yapı malzemesi seçilmeli, seçilen ürün belirli tasarımlar için kullanılmalıdır. Uygulamadan kaynaklı hataların ve çevresel etkilerin azaltılması için yapı malzemesi standartlarda belirtilen kurallara uygun olarak uygulanması ve denetlenmesi önemlidir. Standartlar uygulamadan elde edilen dönütlerle revize edilebilir veya kaldırılabilir. Şantiyede uygulama için gerekli koşulların sağlanması, kullanılacak ekipmanların niteliği ve uygulamayı gerçekleştirecek ekibin tecrübesi uygulamanın niteliğini etkileyecek ve olası çevresel etkileri azaltabilecektir. Ürünün yapıya uygulanması sürecinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması, gürültü ve hava kirliliği gibi sorunlar önemszenmesi ve çözüm üretilmesi, atıkların ve çevresel etkilerin azaltılması ve yapı ekonomisinin dikkate alınması için uygulama sırasında oluşacak fire ve kayıpların da azaltılmasına çalışılmalıdır. Bu süreçte yapı malzemesinin çevresel etkileri kadar, ortaya çıkan atıklar için de önlem alınması, geri dönüştürülebilir atıkların değerlendirilmek üzere ayrıştırılması, geri dönüştürülemeyecek atıklar ile toksik atıkların bertaraf edilmesi gerekmektedir.

2.4.4. Yapı Ürününün Kullanımı, Bakımı ve Onarımı

Bu aşama yapı malzemelerinin kullanımı, bakım-onarımı, kullanılmayan veya hizmet ömrü tamamlanan yapı malzemesinin yıkımı, yeni malzeme ile uygulama yapılması ve yıkım ile ortaya çıkan atıkların bertaraf edilmesini kapsamaktadır. Bu aşamada da iş gücü, enerji tüketilmekte, kullanım, bakım-onarım sürecinde çeşitli kimyasallar ile su kaynakları kullanılmakta, kullanılmayan yapı malzemesinin yıkımı ile atıklar açığa çıkabilmekte ve bu süreç birçok çevresel etkiye neden olabilmektedir. Ürünün kullanacağı enerji miktarına bağlı olarak çevresel etkiler de değişkenlik göstermektedir. Kullanım aşamasında yapı ürünlerinin bakım-onarımında su ve enerji kullanılmakta ve atıklar açığa çıkmaktadır. Bu süreçte su kaynaklarının korunumu, katkı maddesi ve kimyasal gibi insan sağlığına zararlı ürünlerin kullanılmaması, bakım-onarım veya hizmet ömrü tamamlanan malzemenin yenilenmesi sırasında iç ve dış ortam hava kalitesi ile iş sağlığı ve güvenliğine dikkat edilmelidir. Hizmet ömrü tamamlanan ve yenilenecek yapı malzemesinin seçiminde çevresel etkiler ve yapı ekonomisi dikkate alınarak ve karşılaştırma yapılarak yeni malzeme veya ürün seçilmelidir. Yapı ürünlerinin bakım-onarımında çevresel etkilerin azalması ve ürünün daha verimli kullanılabilmesi için düzenli olarak bakım-onarım yapılmalıdır. Sürdürülebilirlik kapsamında yapı malzemesi seçimi hakkındaki araştırmalar yaşanabilir, insan sağlığı ve konforuna uygun, sağlıklı çevreler için yapıda kullanılacak yapı malzemeleri ve yapı bileşenlerinin de değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

2.4.5. Malzemenin Geri Dönüşümü

Bu aşama yeniden kullanım ve ek bir üretim işlemi gerektirmeden geri dönüştürülerek kullanılan ürünleri kapsamaktadır. Bir ürünün yeniden işlenip aynı tür malzemeler kullanılarak yeni bir ürün oluşturma süreci olarak tanımlanabilecek geri dönüşüm ile kaynak ve enerji kullanımı denetlenebilmekte, enerji, atıklar ve koştut olarak çevresel etkiler de azaltılmaktadır. Yapı malzemelerinin geri dönüşümü için, aynı veya farklı işlevlerde yeniden kullanımını araştırmak ve farklı seçenekler arasından çevre için en uygun, çevresel etkisi en düşük olan yapı malzemesini seçmek gerekmektedir. Malzemenin yeniden kullanım olanağı yoksa, yeniden işlenip aynı veya farklı bir ürüne dönüştürülüp kullanımı sorgulanmalıdır. Geri dönüşüm işlemlerinin zor, karmaşık ve yüksek maliyetli olması ve bu süreçte gereken işgücünün ve enerjinin fazlalığı çevresel etkileri olumsuz etkilemektedir. Geri dönüşüm; doğal kaynakların, hava, su ve toprağın korunumu ile kullanılacak enerji miktarını azaltarak gelecek kuşaklar için sürdürülebilir çevre sağlayabilecektir.

2.4.6. Yıkım ve Atıkların Bertaraf Edilmesi

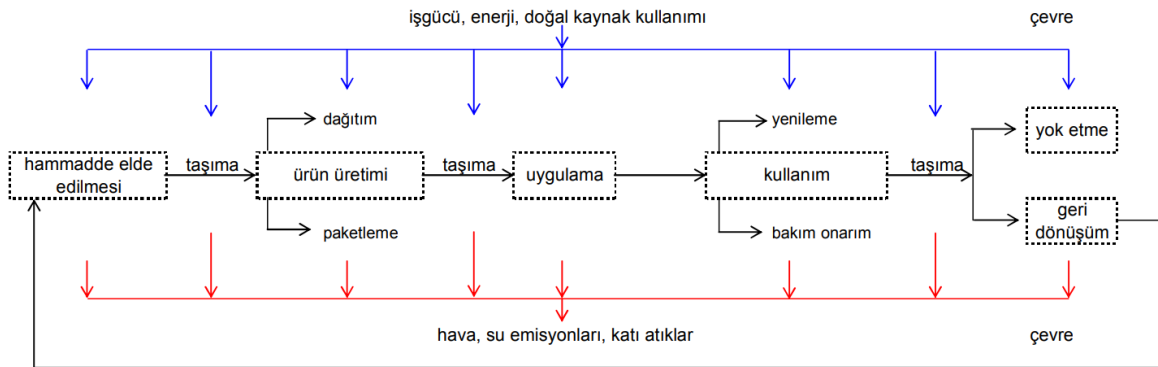
Bu aşama hizmet ömrü sonlanan yapının yıkımı ve atıkların bertaraf edilmesini kapsamaktadır. Bu süreç yapının olduğu kadar yapıda kullanılan yapı malzemelerinin de hizmet ömrünün ve yaşam döngüsünün sona erdiği anlamına gelmektedir. Atıkların yeniden kullanım ve geri dönüşümü için değerlendirilmek üzere çevresel etkilerini azaltmak ve engellemek için ayrıştırılması ve imha edilecek malzemelerin Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre bertaraf edilmesi gerekmektedir.

2.5. Yapı Malzemesinin Sürdürülebilir Çevre Ölçütleri Açısından İncelenmesi

Yapı malzemeleri, yaşam döngüsü boyunca çevre ile etkileşim içerisinde. Yapı malzemeleri yaşam döngüleri boyunca;

- Yapı ürünü ve malzeme tasarımcısı, üreticisi, uygulayıcısı ve kullanıcılarının bilinçsizliği,
- Çevre ile ilgili zorunluluklarla ilgili denetim ve yaptırımların yetersiz olması,
- Yapı ürünü seçiminde doğru karar verilememesi,
- Yapı ürününün çevre ile ilgili bilgilerine ulaşımının zor olması ve
- Yapı ürünlerinin yaşam döngüsünde bulunan süreçlerde çevresel etkilerini değerlendiren bir model bulunmaması gibi nedenlerle çeşitli çevresel etkilere sebep olabilmektedir.

Yapı malzemelerinin yaşam döngüsü boyunca çevresel etkileri yapıların çevresel etkilerini de etkilemektedir. Bunun önlenmesi başta mimarlar olmak üzere yapı sektöründe etkin olan aktörlerin sürdürülebilir politikalar benimsemesi, enerji, çevre ve atık konularına duyarlılık gösterilmesi ve çevre dostu yapı malzemelerinin kullanılması ile mümkündür (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Ürünün Yaşam Döngüsü Sürecinde Çevre ile Etkileşimi (Taygun, 2005)

Sürdürülebilirlik kapsamında gelecek nesillere sağlıklı ve yaşanabilir bir çevre sağlayabilmek için yapı malzemelerinin yaşam döngüleri boyunca çevresel etkilerinin azaltılması, ekosistem dengelerinin bozulmaması, doğal kaynakların sınırlı kullanımı ve daha bilinçli kaynak tüketimi, yaşam döngüsü boyunca daha az enerji tüketen ve geri dönüştürülebilir yapı malzemelerinin seçilmesi hedeflenmelidir.

Sürdürülebilirlik bağlamında yapı ürünlerinin ve yapı malzemelerinin çevresel etkilerini Yaşam Döngüsü Değerlendirme kapsamında inceleyen akademik çalışmalar giderek yaygınlaşmaktadır. Jacquemin, Pontalier ve Sablayrolles (2012) Life Cycle Assessment (LCA) Applied to the Process Industry: A Review başlıklı çalışmalarında LCA yöntemi ile ekolojik endüstriyel süreçinde çevresel etkilere odaklanmış ve çalışma koşullarının çevresel etkiler üzerindeki etkisinin optimize edilmesinin ekolojik endüstri sürecine katkı sağlayacağına işaret etmişlerdir (Jacquemin, Pontalier ve Sablayrolles, 2012).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde alüminyum türleri, alüminyumun yaşam döngüsü ve çevresel etkileri, alüminyumun tarihsel süreçte gelişimi, alüminyum malzemenin eldesi, teknik özellikleri ve üretim teknikleri, alüminyum ve alaşımlarının özellikleri, Dünyada ve Türkiye’de alüminyum üretim ve tüketimi, alüminyum malzemenin yapı sektöründe kullanım alanları, yapı sektöründe alüminyum malzemenin yeri ve önemi ile alüminyumun insan sağlığına ve çevreye etkileri ve geri dönüşümü konuları irdelenmiştir.

3.1. Alüminyum Türleri, Alüminyumun Yaşam Döngüsü, Alüminyumun Çevresel Etkileri

Teknoloji, insanların gereksinimlerinin karşılanması amacıyla; araştırma, geliştirme çalışmaları sonucunda elde edilen tekniklerin üretimde kullanılmasına fayda sağlamaktadır. Teknolojik değişim, malzemelerin üretim şekli ile üretilen ürünlerin teknik özelliklerinin ve üretim düzeninin değiştirilmesi anlamına gelmektedir. Özellikle 1980’li yıllardan itibaren dünya bir teknolojik değişim sürecine girmiştir. Bu süreçte bilgisayar teknolojisinin gelişimiyle birlikte, bilgisayar destekli üretim teknolojileri (Computer Aided Manufacturing-CAM) ve yapı malzemelerinin üretiminde bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design-CAD) önemli hale gelmiştir. Teknolojik gelişmeler ile yapıya özel üretimin mümkün hale gelmesiyle, mimaride biçimsel farklılık oluşmuş ve mimarların tasarım özgürlüğü artmıştır. Yapım teknikleri ve yapı malzemelerinin çeşitlenmesi metal alaşım ve malzeme üretim tekniklerin de farklılaştırmış, mimaride metal malzemenin önemi ve kullanım alanı artmıştır.

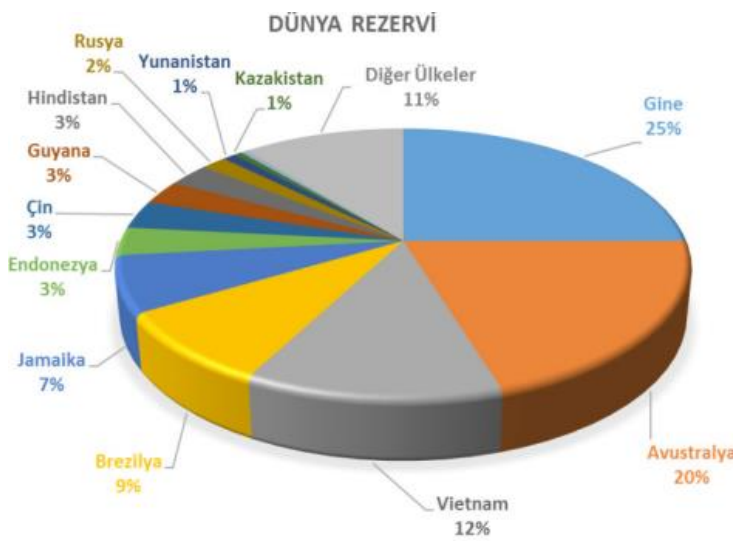
3.1.1. Alüminyumun Tarihçesi

Alüminyum; 19. yüzyıla kadar bilinmeyen, demir alaşımının bir bileşeni olarak Humphry Davy tarafından fark edilen ve o tarihten itibaren günümüzdeki ismi ile anılmaya başlanan bir metaldir. Alüminyumun endüstriyel üretimi 1886 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nde (ABD) Charles Martin Hall ve Fransa’da Paul T. Heroult’un birbirlerinden habersiz olarak yaptıkları elektroliz yöntemi ile başlamıştır. Yöntemin günümüzde halen kullanılması nedeniyle 1886 yılı alüminyum endüstrisinin başlangıç yılı olarak kabul edilmektedir. 1886 yılında Werner Von Siemens’in dinamoyu keşfi ve 1892 yılında K. J. Bayer’in, boksitten alümina eldesini sağlayan Bayer prosesini bulması ile alüminyumun endüstriyel çapta üretimi çok kolaylaşmış ve üretimde demir ve çelikten sonra dünyada en

çok kullanılan metal olmuştur. Tarihsel süreçte alüminyumun hammaddesi Boksitin araştırılması, saf alüminyumun elde edilmesi, elektrolit yöntemi ile ayrıştırılması ve teknolojik gelişmeler ile ekonomik olarak üretilmesine olanak veren erimiş tuzlu elektroliz üretiminin bulunması alüminyumun farklı sektörlerde farklı biçimlerde ve işlevlerde kullanımına zemin hazırlamıştır. Alüminyum, günümüzde günlük yaşam alanlarında mühendislik, havacılık, otomotiv ve yapı gibi pek çok sektör tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapı sektöründe de alternatif kullanım alanları bulması, hafif, dayanıklı, kolay işlenebilen, geri dönüştürülebilir ve ucuz bir malzeme olması ve 1980'li yıllarda Avrupa'da başlayan geri dönüştürülmüş alüminyum ve ikincil alüminyum üretiminin yaygınlaşması süreç içerisinde alüminyumun demir ve çelikten sonra en çok kullanılan metal olmasını sağlamıştır.

3.1.2. Alüminyum Malzemenin Eldesi, Teknik Özellikleri ve Üretim Teknikleri

Alüminyum, doğada alüminyum boksit ($Al_2O_3 \cdot H_2O$) olarak bulunmaktadır. Dünyada özellikle tropikal iklim bölgelerinde yoğun olarak bulunan boksit, alüminyum malzemenin özünü oluşturmaktadır. Alüminyum, yer kabuğunda diğer metallerden daha fazla bulunmasına rağmen, alüminyum boksit bileşiğinin alüminyuma indirgenmesinin yüksek düzeyde enerji gerektirmesi nedeniyle, ancak 19. yüzyılın ilk yarısında metal olarak elde edilebilmiştir (Frisch and Frisch, 1998). Şekil 3.1'de alüminyumun hammadde bileşiği olarak doğada var olan boksitin Dünya işletilebilir rezerv olarak dağılım grafiği görülmektedir.



Şekil 3.1. Dünya İşletilebilir Boksit Rezervi Dağılım Grafiği (Eroğlu ve Şahiner, 2018).

Alüminyum üretimi; hammadde bileşiği olan boksit cevherinin çıkarılması ve saf alüminanın eldesi (1. Aşama), boksitin basınç ve ısı altında reaksiyonu sonucunda alüminyum hidrat alümina eldesi (2. Aşama), elektroliz yöntemi ile sıvı alüminyum eldesi (3. Aşama), alüminyumun katkı malzemeleri ile değişik ölçü ve boyutlarda dökülmesi (4. Aşama) ve kullanım alanına bağlı olarak şekillendirilmesi (5. Aşama) olmak üzere beş aşamada gerçekleştirilmektedir. Alüminyum doğada saf halde bulunmadığından üretiminde birinci aşamayı, alüminyumca zengin silikat kayaçlarının aşınması, yıkanması sonucu oluşan, içerisinde alüminyum hidroksit içeren ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{H}_2$) ve alüminyumun hammadde bileşiği olarak kullanılan boksitin maden işletmeleri tarafından çıkarılması oluşturmaktadır. Bu aşamada gerçekleştirilen işlemler alüminyum eldesi ve işlenmesi için bilinen en ekonomik yöntemdir (İnşaat Sektöründe Alüminyum, 2007).

Alüminyumun üretiminde ikinci aşamayı, cevherden saf alüminanın eldesi oluşturmaktadır. Farklı örnekleri olmakla birlikte genelde alümina üretimi için en yaygın yöntem olan Bayer Prosesi uygulanmaktadır. Bayer Prosesi öğütülmüş boksit cevherinin basınç ve ısı etkisinde sud-kostik (NaOH) ile reaksiyona sokulmasıyla başlamakta, işlem sonucunda elde edilen (NaAlO_2) sodyum alüminat çözeltisi yabancı maddelerden arındırılarak ayrıştırılmaktadır. Bu işlemlerden sonra alüminyum hidrat, alümina haline getirilmektedir (Frisch ve Frisch, 1998).

Alüminyumun üretiminde üçüncü aşamayı elektroliz işlemi oluşturmaktadır. Bu işlem, alüminadan (AlO_3) doğru akım yardımıyla sıvı alüminyum elde edilmesini kapsamaktadır.

Üretimde dördüncü aşama, sıvı alüminyuma çeşitli katkı malzemelerinin eklenmesiyle kullanım amacına göre değişik ölçü ve boyutlarda dökümün gerçekleştirilmesi işlemleridir.

Alüminyumun üretiminde beşinci ve son aşamayı, alüminyum malzemenin kullanım yerinin gerektirdiği özellikler doğrultusunda şekillendirilmesine yönelik işlemler oluşturmaktadır. Bu aşama levha, folyo, tel, profil ve çeşitli ürünlerin elde edilmesini kapsamaktadır.

3.1.3. Alüminyum ve Alaşımlarının Özellikleri

Alüminyumun; bakır, çelik ve diğer metallere göre daha hafif olması, yapı strüktüründe ölü yükleri azaltırken, aynı ağırlıktaki diğer metallere kıyasla daha büyük

alanların kaplanması sağlamaktadır. Hafifliği nedeniyle nakliye, üretim ve işçilik giderlerinin de diğer metallere kıyasla daha düşük olması alüminyumun diğer avantajlardandır. Yapıların dış cephelerinde ve bölme duvarlarında alüminyum malzeme kullanılmasıyla, taşıyıcı sistemin ve hatta temele aktarılan yükün büyük oranda hafifletilmesi mümkün olmaktadır (Sebestyen, 2003).

Yapı malzemesi olarak alüminyumun, korozyon direncinin yüksek olduğu bilinmektedir. Alüminyumun üzerinde oluşan oksidasyon tabakası korozyon direncinin yüksek olmasını sağlamakta ve oksidasyon tabakasının kalınlığının artması ile orantılı olarak alüminyumun dış etkenlere karşı aşınma ve diğer kimyasal etkilere karşı dayanımını da artırmaktadır. Alüminyumun korozyona karşı direncinin yükseltilmesi; oksidasyon tabakasının kalınlığının elektrolitik işlemlerle artırılması ile mümkün olmaktadır (Arduç, 1996).

Alüminyumun elastik olma özelliği, malzemenin ani darbelere karşı dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Alüminyumun mekanik dayanımı saf haldeyken düşük olmasına karşın, malzemenin saflık derecesinin artması, mekanik dayanımını ve sertliğini azaltırken, şekil alma ve korozyon direncini artırmaktadır. Bu özellik malzemenin kolay işlenebilir olmasını sağlamaktadır. El aletleriyle kolaylıkla kesilebilen, delinebilen, rendelenebilen alüminyum malzeme bu özellikleriyle mimaride çeşitli kullanım alternatifleri sunmaktadır (Bell ve Rand, 2006). Alüminyumun ısısal genleşmesinin, ısı ve elektrik iletkenliğinin yüksek olması, strüktürel tasarım ve mimari tasarımı etkileyen özellikleridir. Alüminyum ürünlerinin bir kısmı çelik üretimine benzer esaslarla üretilirken, bir kısmı ekstrüzyon yöntemiyle üretilmektedir. Bu yöntemin imalatla kullanılması, farklı yüzey ve doku özelliklerinde alüminyum üretimine sağladığı katkılar nedeniyle, tasarım açısından geniş bir çeşitliliğe olanak vermektedir (Sebestyen, 2003).

Alüminyum alaşımlandırma sürecinde hafiflik özelliğini büyük ölçüde korumakta, alüminyumdan üretilen bazı alaşımlar, alüminyumdan da daha hafif olabilmektedir. Alüminyum alaşımlarının üretiminde yaygın olarak kullanılan manganez, silisyum, magnezyum, çinko ve bakır gibi metaller üretimde istenilen bileşimi elde etmek için tek veya birleşik halde alüminyuma ilave edilmektedir.

Alaşımlandırma sürecinde alüminyumun yüzeyinde oluşan Al_2O_3 neme, sıcaklığa ve diğer kimyasallara karşı alüminyum alaşımın mukavemetini ve sertliğini önemli ölçüde arttırmaktadır. Döküm ve soğuk işlem olarak üretilen alüminyum alaşımlarda ısı iletkenliği

ve süneklik ile üretim kolaylığı açısından farklılık görülmekle birlikte, malzemenin çekme mukavemetinin önemli ölçüde arttığı gözlemlenmektedir. Alüminyumun retimi aşamasında döküm, dövme, haddeleme, ekstrüzyon ve çekme gibi yöntemler uygulanarak düz, eta ve gofrajlı yüzeyde (dokulu levha), çeşitli kalınlıkta ve erit, disk, levha, rulo şeklinde alüminyum elde edilmektedir (Türkiye Demir ve Demir Dışı Metaller Meclisi Raporu, 2021).

Alüminyum malzemenin tüm üretim süreçlerinde açığa çıkan boksit tozu çevreyi olumsuz etkileyebilecek bir atık olarak görülmekle birlikte, birincil alüminyumdan üretime kıyasla alüminyumun geri dönüştürülmesi ve hurda alüminyumdan üretim yapılması durumunda (ikincil üretim) açığa çıkan boksit tozu büyük ölçüde azalmaktadır. Bu açıdan alüminyumun ikincil üretiminin, enerji ve malzeme korunumu açısından birincil üretime kıyasla daha ekonomik ve çevreci olduğu söylenebilir. İkincil retimde 1 ton atık alüminyumda, 4.000 kg kimyasal ürün, 6.000 kg boksit madeni, 14.000 kWh elektrik enerjisi, 860 litre proses suyu, 15.000 litre soğutma suyu ile 11 kg SO₂ ve 2.000 kg CO₂ salımı azalmaktadır. Benzer şekilde ikincil alüminyumun geri dönüştürülmesi ve yeniden üretilmesi, hammaddeden alüminyum üretimine göre %95 daha az enerji harcamakta, üretim sürecinde sera gazı salımı %95 ve atık su %97 oranında azalmaktadır (Türkiye Demir ve Demir Dışı Metaller Meclisi Raporu, 2020). Avrupa Alüminyum Birliği (EAA European Aluminium Association) tarafından EN ISO 14040 standardında (evre Yönetimi-Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi-İlkeler ve ereve, 2021) tanımlanan ve yaşam döngüsü dikkate alınarak hazırlanmış olan evre rn Deklarasyonu'nda alüminyumun birçok malzemeye göre daha etkin geri dnm özelliğine sahip olduğu, %100 geri dnm sağlanabileceği ve fiziksel yapısının değişmeyeceği vurgulanmaktadır (Aluminium & Sustainability A Cradle to Cradle Approach, 2008). Alüminyumun geri dnmyle; hava kirliliğinde %90, baca gazı salımında %99, enerji tüketiminde %95, su kirliliğinde ise %97 oranında azalma olacağı, bu sayede alüminyumun hammaddesi olan boksit madeninin rezervlerinin de korunacağı ve mevcut boksit maden ocaklarının iyiletirilebileceği söylenebilir. Uluslararası Alüminyum Enstitüsü (International Aluminium Institute-IAI) 2010 yılı verilerinde bu şekilde dünyadaki boksit maden Ocaklarının %97'sinin rehabilite edildiği ve boksit maden ocaklarının daha verimli ve etkin kullanıldığı ifade edilmektedir (International Aluminium Institute, 2010). Ayrıca alüminyumun geri dönüştürülmesi, çoğunlukla ormanların yakınlarında olan maden ocaklarının evre için yarattığı erozyon riskini ve boksit tozundan ve katı atıklardan kaynaklanan evre kirliliğini önemli ölçüde azaltacaktır (ztrk, 2005;

Boksit

Alümina

Enerji

Birincil Alüminyum (Külçe)

İkincil Alüminyum (Külçe)

Geri Dönüşüm (Hurda)

Nihai Kullanım

Sanayi Kullanımı (Otomotiv, Ambalaj, Yapı İnşaat, v.s.)

Yarı Mamül Alüminyum (Ekstrüzyon, Yassı Ürünler, Folyo, İletken, Diğer)

The flowchart illustrates the aluminum production and recycling process, categorized into three stages:

- Yapım Öncesi Evresi (Production Before Stage):** Includes 'Boksit' (Bauxite) and 'Boksit Madeni İşletmeciliği' (Bauxite Mining Operation).
- Yapım Evresi (Production Stage):** Includes 'Hammaddenin Çıkarılması' (Raw material extraction), 'Hammaddenin Depolanması' (Raw material storage), 'Hammaddenin Taşınması' (Raw material transport), 'Alüminadan Elektroliz Yolu İle Birincil Alüminyum' (Primary aluminum production via electrolysis), 'Birincil Alüminyumun Alaşımlandırılarak Dökülmesi' (Casting of primary aluminum), 'Ekstrüzyon ve Haddeleme İşlemleriyle Yarı Ürün veya Uç Ürün Üretim' (Production of semi-finished or finished products via extrusion and rolling), 'Kullanım Alanlarının Belirlenip Üretim Yapılması' (Determination of application areas and production), and 'Alüminyum Malzemenin Pazarlanması' (Marketing of aluminum products).
- Yapım Sonrası Evresi (Production After Stage):** Includes 'Atmosfer' (Atmosphere), 'Farklı Amaçlarda Kullanılan Yapı Malzemeleri' (Construction materials used for different purposes), 'Alüminyum Yapı Malzemesinin Geri Dönüşüm İşlemleri' (Recycling processes of aluminum construction materials), 'Geri Dönüştürülmüş Alüminyum' (Recycled aluminum), 'Kullanım Ömrü Sona Ermiş Alüminyum Malzemenin Söküm İşlemi' (Dismantling of aluminum construction materials at the end of their service life), 'Tehlikeli Atıklar' (Hazardous waste), 'Kızıl Çamur' (Red mud), 'CO2 SO2 Salımları' (CO2 SO2 emissions), 'Atık Su' (Wastewater), and 'Proses' (Process).

The flowchart shows the following process flow:

- Production Before Stage:** Boksit → Hammaddenin Çıkarılması → Boksit Madeni İşletmeciliği → Boksit Madeninden Alümina → Boksit.
- Production Stage:** Hammaddenin Çıkarılması → Hammaddenin Depolanması → Hammaddenin Taşınması → Hammaddenin İşlenmesi → Alüminadan Elektroliz Yolu İle Birincil Alüminyum → Birincil Alüminyumun Alaşımlandırılarak Dökülmesi → Ekstrüzyon ve Haddeleme İşlemleriyle Yarı Ürün veya Uç Ürün Üretim → Kullanım Alanlarının Belirlenip Üretim Yapılması → Alüminyum Malzemenin Pazarlanması.
- Production After Stage:** Alüminyum Malzemenin Pazarlanması → Kullanım Ömrü Sona Ermiş Alüminyum Malzemenin Söküm İşlemi → Geri Dönüştürülmüş Alüminyum → Alüminyum Yapı Malzemesinin Geri Dönüşüm İşlemleri → Farklı Amaçlarda Kullanılan Yapı Malzemeleri → Atmosfer.

The flowchart also includes a legend for the stages:

- Yapım Öncesi Evresi:** Represented by a dark gray box.
- Yapım Evresi:** Represented by a medium gray box.
- Yapım Sonrası Evresi:** Represented by a light gray box.

The flowchart is divided into three main sections by dashed lines:

- Yapım Öncesi Evresi:** The top section, containing the initial extraction and mining processes.
- Yapım Evresi:** The middle section, containing the production and processing steps.
- Yapım Sonrası Evresi:** The bottom section, containing the recycling and waste management processes.

30

3.1.4 Üretim Teknikleri

Üretimi sırasında alüminyuma farklı metallerin katılmasıyla özelliklerinin geliştirilmesi mümkün olmaktadır. Alüminyum alaşımlarında kullanılan magnezyum ve silisyum elementleri, alüminyum malzemenin yüksek uzama yeteneği ve korozyona olan dayanıklılığını olumsuz yönde etkilemeden, malzemenin akma sınırını yükseltmektedir. Dünyada mimari uygulamalarda genellikle silisyum ve magnezyumlu alüminyum alaşımları kullanılmaktadır (Bell ve Rand, 2006). Çeşitli özelliklere sahip alüminyumun üretiminde ekstrüzyon, silindirme, döküm, sürekli döküm, levha üretim yöntemi ve tel üretim yöntemi gibi metotlar uygulanmaktadır. Mimaride kullanılan alüminyum profillerin üretiminde en çok kullanılan yöntem ekstrüzyon yöntemidir (Arduç, 1996, İnşaat Sektöründe Alüminyum, 2007). Bu nedenle bu çalışmada, ekstrüzyon yönteminin özelliklerine ve ekstrüze ürün çeşitlerine yer verilmektedir.

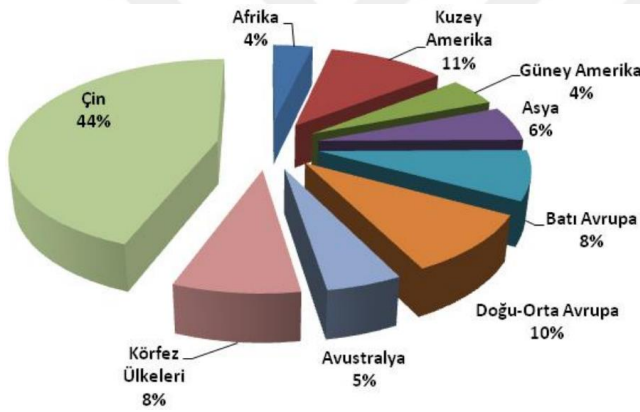
3.1.5. Dünyada ve Türkiye’de Alüminyum Üretim ve Tüketimi

Silisyum ve oksijenden sonra doğada en çok bileşiği bulunan, bileşikler halinde yer kabuğunun %8’ini oluşturan alüminyum; berilyum ve magnezyumdan sonra en hafif metaldir. Saf halde oldukça yumuşak bir malzeme olan alüminyumun yeryüzünde en önemli hammadde bileşiği boksittir ($Al_2O_3 \cdot H_2O$). Boksitin öğütülerek çeşitli işlemlerden geçirilmesi ile alümina, alüminanın yine çeşitli kimyasal işlemlerden geçirilmesi ile alüminyum üretilmektedir. Alüminyum üretim aşamalarında 4 kg boksitten 2 kg alümina ve 2 kg alüminadan 1 kg işlenmemiş (sıvı) alüminyum elde edilmektedir. Elde edilen alüminyum birincil alüminyum olarak tanımlanmaktadır (Bakar ve Baba, 2009).

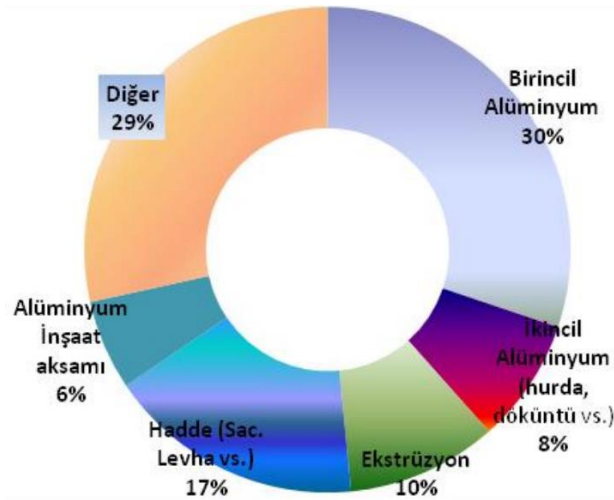
Boksitin bilinen rezervleri, tüketim hızının çok üstündedir, bununla birlikte yeni boksit rezervleri bulunmasına yönelik araştırmalar sürdürülmektedir. Günümüz tüketimine göre 3000 yıl yetecek düzeyde boksit bulunmaktadır. Ayrıca kaolin esaslı cevherlerden alüminyum elde etmeye yönelik çalışmalar da sürdürülmektedir. 1886 yılında Amerikalı Charles Martin Hall ve Fransız Paul Heroult’ın birbirine yakın zamanlarda alüminyum elde etmesi ve 1892’de patent almaları ile; Eski Roma ve Eski Yunan dönemlerinde kanamaları durdurmada ve boyaların renklerini sabitleştirmede kullanılan alüminyumun ticari olarak üretime geçişi mümkün olmuştur. Aynı yıl K. J. Bayer’in, boksitten alüminyum elde etmeye yarayan yöntemi (Bayer Prosesi) alüminyumun endüstriyel çapta üretimini kolaylaştırmıştır.

21. yüzyılda teknolojik gelişmelerle kullanımı giderek artan ve çok çeşitli sektörlerde farklı kullanım alanlarına sahip bir malzeme olan alüminyum çağın metali olarak kabul görmüş ve yapı sektörü tarafından da çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır (Kasaplar, 2007).

Uluslararası Alüminyum Enstitüsü'nün verilerine göre Dünya'da birincil alüminyum üretiminin bölgesel dağılımı incelendiğinde; %44 oranında Çin, %11 oranında Kuzey Amerika ve %8 oranında Körfez Ülkeleri'nin pazara hâkim olduğu (Şekil 3.4.) ve ürün türlerine göre Dünya alüminyum ihracatının dağılımı incelendiğinde; %30 oranında birinci alüminyum, %29 oranında diğer ve %17 oranında Hadde (sac, levha vb.) üretiminin kullanıldığı (Şekil 3.5.) görülmektedir (International Aluminium Institute, 2010). Türkiye'de alüminyum üretiminin sektörlerde dağılımı incelendiğinde ise %25 oranında yapı, %24 oranında ulaşım ve %15 oranında ambalaj amaçlı kullanıldığı söylenebilir (Tablo 3.1.).



Şekil 3.4. Dünya Birincil Alüminyum Üretiminin Dünya Üzerinde Dağılımı, (International Aluminium Institute, 2011)

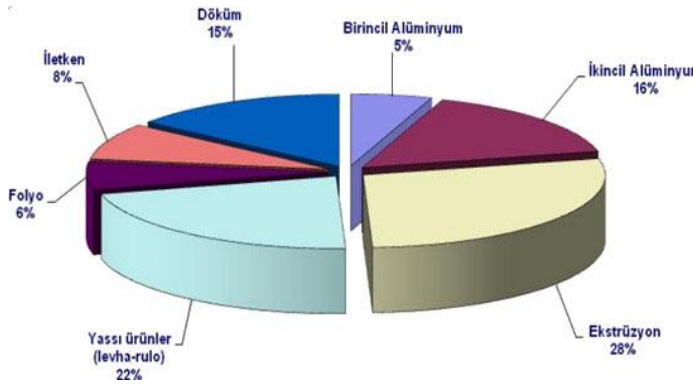


Şekil 3.5. Dünya Alüminyum İhracatının Kullanılan Ürün Türlerine Göre Dağılımı (International Aluminium Institute, 2010)

Tablo 3.1. Türkiye’de Alüminyumun Sektörde Dağılımları (Türkiye Demir ve Demir Dışı Metaller Meclisi Raporu, 2020)

Türkiye’de Üretilen Alüminyumun Sektörel Dağılımı	Oran (%)
İnşaat	25
Ulaşım	24
Ambalaj	15
Elektronik	10
Genel Mühendislik	9
Mobilya, Ofis Eşyaları	6
Demir Çelik, Metalürji	3
Kimya ve Tarım Ürünleri Sanayi	1
Diğer	7
Toplam	100

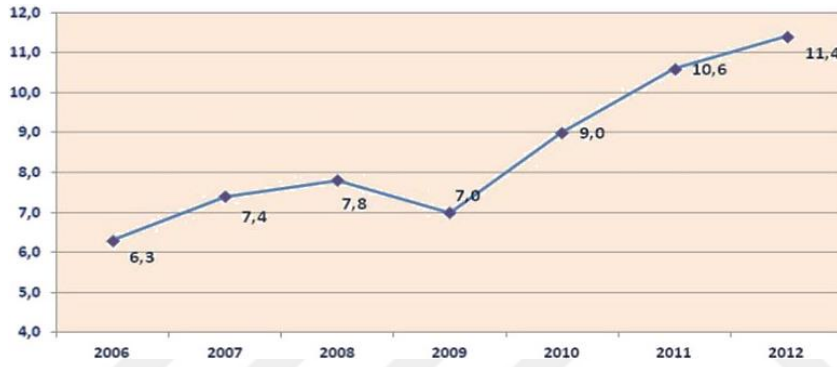
1900’lü yılların başlarında dünya alüminyum üretimi 172 000 ton iken, 1977 yılında 13 360 000 tona, 1982 yılında 17,5 000 000 tona ulaşmıştır. Alüminyum ve yıllar içinde kişi başı alüminyum üretim-tüketimi de giderek artmıştır. Teknolojinin ve buna koşut olarak üretimin artması ile günümüzde dünyada 730 000 000 ton/yıl alüminyum üretilmektedir. Ülkemizde ise 22 000 000 ton/yıl üretim ile alüminyum en çok üretilen ikinci metal konumundadır. Türkiye’de Alüminyum ürünlerinin üretim türüne göre dağılımı incelendiğinde; (2011) %28 oranı ile ekstrüzyon, %22 oranı ile yassı ürünler (levha, rulo) ve %16 oranında ikincil alüminyum üretimi yapıldığı, buna karşın Alüminyum ürünlerin tüketimi açısından bakıldığında ise önceliğin birincil alüminyumda olduğu görülmektedir (Şekil 3.6.) (Türkiye Demir ve Demir Dışı Metaller Meclisi Raporu, 2020).



Şekil 3.6. Alüminyum Ürünlerinin Üretim Çeşitlerine Göre Dağılımı (Türkiye Demir ve Demir Dışı Metaller Meclisi Raporu, 2020).

Türkiye’de en çok tüketilen alüminyum, birincil alüminyum olarak tanımlanan işlenmemiş sıvı alüminyumdur. Hurdadan elde edilmeleri nedeniyle ikincil alüminyum olarak tanımlanan boru, çubuk ve profillerden oluşan ekstrüzyon ürünler ile sac, levha ve şerit gibi yassı ürünler tüketimde ikinci sırayı almaktadır. Gelişmiş ülkeler ile karşılaştırıldığında,

ülkemizde alüminyum kullanımı 1960'lı yıllar sonrası başlamıştır. Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği kayıtlarına göre 1960 yıllarından başlayarak, özellikle dayanıklı tüketim mallarının üretimi yapılması, yapı, otomotiv gibi sektörlerdeki gelişmeler ile birlikte alüminyuma olan talep artmış, tüketim yıllar geçtikçe oran olarak yükselmiştir. 2006 yılında tüketim 6,3 kg/kişi, 2009 yılında 7 kg/kişi olarak, gelişmiş ülkelerdeki 30 kg./yıl seviyesinin çok altındadır. 2010 yılı TÜİK verilerine göre birincil alüminyum üretiminde Kanada, ABD gibi Kuzey Amerika ülkelerini, Doğu ve Orta Avrupa ülkeleri izlemektedir. Bu verilere göre Türkiye dünyada alüminyum ithalatı yapan 19. ülke konumundadır. Şekil 3.7.'de Türkiye'de yıllara göre alüminyum tüketimi (kg/kişi) ifade edilmektedir (Türkiye Demir ve Demir Dışı Metaller Meclisi Raporu, 2020; TALSAD, 2021).



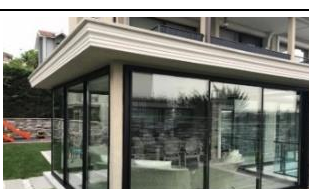
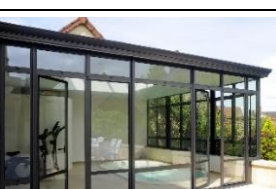
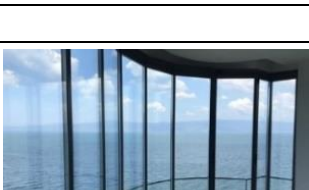
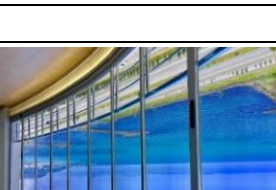
Şekil 3.7. Türkiye’de Yıllara Göre Alüminyum Tüketimi (kg/kişi) (Türkiye Demir ve Demir Dışı Metaller Meclisi Raporu, 2020)

Türkiye’de dünya ölçeği ile kıyaslanmamakla birlikte mevcut üretimin orta ve küçük ölçekli tesisler ile geliştiği ve alüminyum sektörünün, diğer sektörlerle oranla hızlı büyüme gösteren sektörler arasında yer aldığı görülmektedir.

3.1.6. Alüminyum Malzemenin Yapı Sektöründe Kullanım Alanları

Alüminyum hafifliği, dayanıklılığı, yüksek korozyon dayanımı, kolay işlenebilmesi, renklendirilme özelliği, kapı-pencere gibi uygulamalarda estetik ve sızdırmazlığı, geri dönüştürülebilirliği, uzun hizmet ömrüne sahip ucuz bir malzeme olması nedeniyle yapı sektöründe önemli bir yer tutmaktadır. Alüminyum; binaların inşaat iskelelerinde, merdivenlerde, kapı ve pencere doğramalarında, kompozit panel kaplamalarında, asma tavan, ara bölücü-ayırıcı eleman olarak, giydirme cephe uygulamalarında, çatı iskeleti ile çatı ve cephe kaplamalarında ve sera yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Tablo 3.2.’de alüminyumun yapı sektöründe kullanım alanları ve Tablo 3.3.’de ise alüminyumun yapı sektöründe kullanım alanlarına göre üretim biçimleri aktarılmaktadır.

Tablo 3.2. Alüminyumun Yapı Sektöründe Kullanım Alanlarından Örnekler

Çatı sistemleri		
		
Giydirme cephe uygulamaları		
		
Kompozit panel cephe kaplama uygulamaları		
		
Konstrüksiyon elemanı, asma tavan, bölücü-ayırıcı eleman uygulamaları		
		
Pencere-Kapı Doğramaları		
		
Sera ve Balkon Uygulamaları		
		
Yapay Cephe Oluşturulması		
		

Tablo 3.3. Alüminyumun Yapı Sektöründe Kullanım Alanlarına Göre Üretim Biçimleri

Alüminyumun Yapı Sektöründe Kullanım Alanlarına Göre Üretim Biçimleri	Alüminyum levhalar	
	Alüminyum düz levhalar	
	Alüminyum profiller	Taşıyıcı Alüminyum Profiller Tamamlayıcı Profiller
	Isı yalıtımlı alüminyum profiller	Isı Yalıtımlı Profiller (Isı Bariyerleri) Birleşik (Kompoze) Profiller
	Alüminyum Kutu ve Boru Profiller (TS 3188-TS 3187)	
	Alüminyum dolu profiller (TS 1164)	
	Alüminyum çubuklar: (TS 970)	
	Alüminyum asma tavan lameli	
	Birleştirme Elemanları ve Aksesuarlar	
	İspanyolet Mekanizmaları, kanat, menteşeler, kilitler, kollar, kapı altı fırçaları	
	İzolasyon malzemeler	
	Trapezoidal kesitli alüminyum levhalar	
	Panjur ve kepenk sistemleri	
	Sandwich, kompozit panel/trapez	
	Yağmur oluğu, ısıcam çitası	

3.1.7. Yapı Sektöründe Alüminyum Malzemenin Yeri ve Önemi

Doğada bileşikler halinde bulunan alüminyumun endüstriyel anlamda üretilmesi, 19. yüzyıla dayanmaktadır. 1900’lü yılların başlarında yapı malzemesi olarak kapı-pencere doğrama elemanlarında ve 1950 yıllarından itibaren özellikle hızla gelişen cephe kaplama sistemlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Alüminyum sözü edilen kullanımlarının yanı sıra ışıklık, güneş kırıcı, bölme elemanı, küpeşte, korkuluk şeklinde de yapıya girmektedir (Arduç, 1996). Alüminyumun hafifliği, dayanıklılığı, yüksek korozyon dayanımı, nakliye kolaylığı, kolay işlenebilmesi, kapı-pencere gibi uygulamalarda estetik ve sızdırmazlığı, geri dönüştürülebilirliği, uzun hizmet ömrüne sahip ve ucuz bir malzeme olması, renklendirilebilmesi ve estetik görünümü gibi özellikleri mimaride sıklıkla tercih edilmesini sağlamaktadır. Bu özellikleri nedeniyle alüminyum; ulaştırma, inşaat, tüketim ürünleri, paketleme, ilaç endüstrisi ve su arıtma gibi kimyasal uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.1.8. Alüminyumun İnsan Sağlığına, Çevreye Etkileri ve Geri Dönüşümü

Alüminyum, dünyada en yaygın kullanılan metaldir. Su kaynaklarında, havadaki toz parçacıklarında, bitki örtüsü içerisinde, çoğu kaya, toprak ve kilde doğal hali ile bulunan ve çeşitli kimyasal formlarda ortaya çıkan alüminyum tarihsel süreç içerisinde ilk uygarlıklardan bu yana pişirme kabını oluşturan bir bileşendir. Yaşamın evrimi ve uygarlıklar alüminyumca zengin bir ortamda gelişmiştir. Doğada metal formda hiçbir zaman karşılaşılmayan alüminyum, her zaman bileşik formdaki diğer elementlerle birliktedir. 1825

yılına kadar alüminyum bir metal olarak izole edilememiştir ve bundan 60 yıl sonrasında ticari bir üretim metodu geliştirilene kadar bu durum devam etmiştir. Alüminyumun ilk büyük ticari kullanımı mutfak eşyaları ve tencerelerdir. Doğal ortamda bol miktarda bulunan alüminyum bu haliyle genellikle kararlıdır ve canlı organizmalarda devam eden biyolojik işlemlerle etkileşime girmez. Bununla birlikte yer kabuğunda meydana gelen tüm metallerin ve alüminyumun asidik koşullar altında tüm canlı türlerinde beslenmeye ilişkin sorunlar oluşturulabileceği düşünülmektedir.

Canlılar için zararlı ağır metaller solunum ve deri yolu ile vücuda alınmakta ve birikmektedir. Alüminyum malzeme de alüminyum işleyen tesislerden alüminyum tozunun solunması, alüminyumun temas ettiği besinlerin insanlar tarafından tüketilmesi ve alüminyum içeren suların içilmesi yoluyla insan vücuduna alınmakta ve sağlığı tehdit etmektedir. Ancak alüminyum beslenme yoluyla alındığında bazı organlar ve hormonlar tarafından emilmekte ve genellikle sindirim sisteminden direkt olarak kana karışmadan vücuttan büyük oranda atılabilmektedir. Ayrıca kemik, akciğer gibi dokularda depolanan alüminyumun büyük bir kısmı da böbrek yolu ile dışarı atılmaktadır. Vücuttan atılamayan alüminyumun merkezi sinir sisteminde ve beyin hücrelerinde birikmesi Alzheimer ve Parkinson gibi hastalıklara ve böbreklerde kalıcı hasarlara neden olmaktadır. (Tayfur vd., 2002). Alüminyum ve bileşiklerinin insan sağlığı ve beslenmesinde etkilerine yönelik yapılan çalışmalar; alüminyum mutfak eşyaları ve alüminyum folyoya maruz kalan yiyeceklerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkiler içerebileceğini, Alzheimer ve Parkinson gibi pek çok rahatsızlığa da sebep olabileceğini göstermektedir. Günümüzde malzemelerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkileri konusunda araştırmaların artması, yüzyıl başında genellikle zararsız bir bileşen olarak kabul edilen alüminyum ve alaşımlarına düşük dozda uzun süreli veya yüksek dozda maruz kalındığında sağlık sorunlarının olabileceği bilinmektedir (Dikmen ve Gültekin, 2012).

Alüminyum gıda yoluyla alındığında, ilaç endüstrisinde ve yiyecekler ile doğrudan teması durumunda insan bedeni üzerinde gastrointestinal, hematolojik ve iskelet sistemine etki ederek insan sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir. Ancak alüminyumun bilinen en önemli etkisi sinir sistemi üzerinedir. 1897’de yapılan hayvan deneylerinde alüminyumun sinir sistemi üzerinde etkisi saptanmış, 1965 yılında alüminyum ile Alzheimer Demansı (AD) arasında ilişki olabileceğini düşüncesi ile başlayan çalışmalar; 1973 yılında AD hastalarının beyinlerinde alüminyum miktarının arttığının fark edilmesi ile sonuçlanmıştır.

Daha sonraki araştırmalarda süreç içerisinde ve uzun süre alüminyum ve alaşımlarına maruz kalma durumunda beynin alüminyum kaynaklı hasara yatkınlığı, alüminyum katkı maddeli besinler ile yüksek düzeyde alüminyum içeren suların tüketilmesinin AD gelişiminde etkili olabileceği görülmüştür. Ancak alüminyumun AD hastalığındaki rolünün hastaların beyin hücrelerinde alüminyum birikmesi veya alüminyumun sebep olduğu sinir sistemi yıkımı ve stres sonucunda olduğu konusu henüz tartışmalıdır (Alüminyumun İnsan Sağlığına Etkileri). Bu nedenle alüminyum işleyen tesislerin baca filtrelerinin, atık kontrolünün dikkatli bir şekilde yapılması ve bu tesislerde çalışanlar ile yakın çevrede yaşayan kişilerin düzenli sağlık kontrollerinin yapılması yerinde olacaktır.

Yapı sektöründe içerdiği çok çeşitli malzemelerden ve yapının büyüklüğünden alüminyum malzemenin üretim sürecinde, özellikle kesimi sırasında oluşan atık yapı malzemelerinin geri dönüşümü ve yeniden işlenerek kullanımı oldukça sınırlıdır. Yapay katkılar içermeyen veya katkıları minimum düzeyde olan ahşap, taş ve ahşap lifi, saman, keten, kil, hasır, saz ve kenevir gibi doğal malzemeler tamamen geri dönüşebilmekte ve yaşam döngüleri boyunca yapay malzemelere kıyasla daha az enerji tüketmektedir. Geri dönüştürülebilir, çevreye duyarlı ve doğal yapı malzemeleri yan ürün ve zararlı ürün kullanmamaları nedeniyle çevre dostu ve insan sağlığına uygun olarak değerlendirilmektedir. Öte yandan yapay, insan doğasına uygun olmayan sağlıksız ve zararlı maddeler içeren endüstriyel yapı malzemeleri yaşam döngüleri boyunca doğal yapı malzemelerinden daha fazla enerji kullanmakta ve insan sağlığını tehdit etmektedir.

Alüminyum; hammaddenin işlenmesi ve yapım evresinde kullandığı enerjinin çok üstünde enerjiyi kullanım aşamasında kazandıran, sonsuz kez geri dönüşebilen bir malzeme olması nedeniyle enerji bankası kavramı ile tanımlanmaktadır. Teknolojinin gelişimi ile son yıllarda kullanılan alüminyum miktarının %30'u hurda alüminyumun geri dönüşümünden elde edilmektedir. Bundan başka batı ülkelerinde alüminyum üretimi için kullanılan elektrik enerjisi hidroelektrik santrallerden sağlanmaktadır. Elektrik-elektronik, otomotiv gibi sektörlerde kullanılan alüminyumun %70'i defalarca geri kazanılabilmektedir (Kılıç, 2003). Ancak yapı sektöründen geri dönüşümünün yüksek oranda sağlanabileceğini gösteren araştırmalar oldukça fazla olmasına karşın, 1888 yılından beri sektörde kullanılan alüminyumun %75'inin yaşam döngüsünü tamamlamadığı da bilinmektedir. Delft Üniversitesi tarafından yapılan bir araştırma bir yapıda kullanılan alüminyumun %96'sının geri dönüştürülebileceğini, %4'lük kaybın ise menteşe, kulp gibi küçük parçaların yıkım

sırasında kaybolmasından kaynaklandığını göstermektedir. Tablo 4'te Avrupa'da alüminyumun geri dönüşüm oranları ifade edilmektedir. Delft Üniversitesi'nin araştırma sonuçları geri dönüşümde henüz istenilen düzeylere erişemediğini ve yapı sektöründe ikincil alüminyumun etkin bir biçimde kullanılabilmesi için sektörün bu konudaki talebine cevap verebilecek oranda alüminyumun geri dönüştürülebilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Araştırma alüminyum malzemede geri dönüşüm oranının henüz istenilen düzeye ulaşmadığını göstermektedir (Yazıcıoğlu, 2010; Collection of Aluminium From Buildings, 2004).

Geri dönüşüm; enerjinin, suyun, havanın, toprağın kısaca çevrenin ve kaynakların korunumunda ve atıkların azaltılmasında önemli bir konudur. Bazı metal veya maddelerin doğada ayrışması ve çözünmesi uzun zaman almakta veya olumsuz çevresel etkilere neden olabilmektedir. Çok bilinmemekle birlikte alüminyumun da doğal ortamda çözünmesi veya organik olarak parçalanması uzun zaman almaktadır.

Alüminyum diğer metaller ve metal alaşımları gibi, oksidasyon potansiyelinin oldukça yüksek olması nedeniyle doğal koşullarda en az 80 ile 100 yıl sonra ayrışmaya veya çözünmeye başlar. Alüminyum doğal koşullarda oksitlenerek güçlü, bozunması ve ayrışması zor bileşikler oluşturmaktadır. Bu nedenle alüminyum kutular ve alüminyumdan üretilmiş diğer malzemelerin bozunması birkaç yüz yılı bulabilir. Alüminyum atıklarının doğal ortamda bu denli uzun zamanda yok olması bir olumsuzluk olarak görülse de kolay ve neredeyse çok az kaynak kullanılarak büyük oranda geri dönüştürülebilir olması atıkların değerlendirilmesinde bir avantaja dönüşebilmektedir. Alüminyum son derece az enerji harcanarak geri dönüşüm sürecinde çok küçük oranda atık üreten ve kolay geri dönüşebilen bir malzemedir. Geri dönüştürülmüş alüminyum; ilk üretime kıyasla göre çok daha az enerjiye ve kaynağa ihtiyaç duymaktadır (Dikmen ve Gültekin, 2012).

Alüminyum yapısal değişime uğramadan sonsuz kez geri dönüştürülebilme özelliği ile geri dönüşüm için mükemmel bir malzemedir. Alüminyumu sıvılaştırarak eriterek geri dönüştürmek ve sonra sıvı alüminyumu yeni nesnelere döküp, yeniden şekil vererek yeni malzeme üretmek mümkündür. Birincil üretim alüminyum içeren cevherin işlenmesiyle alüminyum üretilmesi, ikincil üretim ise birincil üretimden elde edilen alüminyumun kullanılarak tekrar alüminyum elde edilmesidir. Birincil alüminyumun üretim süreci maliyetleri yüksektir ve çevreci değildir. İkincil alüminyumun üretiminde ise daha çevreci ve daha az maliyetle elde edildiğinden geri dönüşüm oranları her geçen gün artmaktadır.

Alüminyum geri dönüşüm süreci ile ilgili literatüre baktığımızda, geri dönüşüm sürecinde yüksek basınç sağlayan farklı metotların uygulanması ve geri dönüşüm sürecinin daha düşük sıcaklıklarda yapılabilmesi alüminyum malzemenin kullanım alanının geniş yelpazeye ulaşmasını sağlamaktadır (Kamavaram vd., 2005).

Alüminyumun geri dönüşümünün ekonomik açıdan fayda sağlaması nedeniyle alüminyumun değerli bir metal olduğu unutulmamalıdır. Yaşanılabilir, daha konforlu, daha yeşil ve daha temiz bir çevrede yaşamak için alüminyumun temiz bir şekilde toplanmaya ve geri dönüştürülme aşamalarına sahip olması gerekmektedir. Bu açıdan alüminyum; kâğıt, plastik, metal ve karton gibi diğer malzemelere göre geri dönüşüm ve topluma olan faydası daha yüksek bir malzeme olarak ön plana çıkmaktadır (Tablo 3.4.) (Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği, 2021).

Tablo 3.4. Avrupa’da Alüminyum Geri Dönüşüm Oranları (%) (Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği, 2021).

Ülkeler	Alüminyum Marketteki Payı (%)	Geri Dönüşüm Oranı (%)
Almanya	14	70
İngiltere	78	28
İtalya	97	35
Yunanistan	100	34
Avusturya	70	50
İsveç	100	91
İrlanda	86	18
Fransa	35	14
İspanya	40	14
Benelux	21	10
İsviçre	100	85
İzlanda	100	80
Portekiz	68	17
Türkiye	77	40

Teknolojik gelişmelerle 1950-1986 yılları arasında, alüminyum elde etmek için kullanılan enerji miktarı %30 oranında azalmıştır. Batı dünyasında alüminyum elde edilmesi için kullanılan elektrik enerjisinin %61’i hidroelektrik santrallerinden sağlanmaktadır. Kullanıldığı alanlarda geri dönüştürülebilir bir yapı malzemesi olması nedeniyle, alüminyumun çevre dostu bir yapı malzemesi olduğu söylenebilir.

Dünya’da yer kabuğunda en çok bulunan üçüncü element olan alüminyumun; en önemli hammadde olarak bilinen boksit rezervleri, tüketim hızına göre değerlendirildiğinde 3000 yıl yetecek düzeydedir. Tüketim hızının iki katı oranında yeni oluşturulan boksit rezervleri de bulunmaktadır (Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği, 2021).

Zamanla teknoloji ve endüstri geliştikçe tüm sektörlerde alüminyum kullanımı artmaktadır. Alüminyum pek çok yapı malzemesine kıyasla uzun ömürlü, sağlam, hafif, verimli ve daha ekonomik olması nedeniyle tercih edilmektedir. Elektrik nakil hatları, yapı cepheleri, uzay araçları olmak üzere hava taşıtları, köprüler, diğer mühendislik uygulamaları için alüminyum vazgeçilmez bir yapı malzemesidir. Alüminyum endüstrisi; üretim metotları, teknolojik gelişmeler, yeni alaşımlar, kalite kontrol ve ürün tasarımı için araştırma-geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir (Kasaplar, 2007).

3.2. Cam Türleri, Camın Yaşam Döngüsü, Camın Çevresel Etkileri

Cam, ilk kullanımından günümüze kadar insanoğlunun yaşantısında önemli bir yer tutmuştur. Teknolojinin, yeni yapım uygulama tekniklerinin, taşınmasında rol üstlenen çeşitli malzemelerin ve farklı amaçlarla üretilerek çeşitlenen cam malzemenin yapı sektöründe kullanımı her geçen gün artmaktadır (Altınkaya, 2004).

3.2.1. Cam Tanımı ve Camı Oluşturan Maddeler

Camın ana maddesi (SiO_2) silis olup, aşırı soğutulmuş alkali ve toprak alkali metal oksitleriyle, diğer bazı metal oksitlerin çözülmesinden oluşan bir sıvıdır. Cam yapı sektöründe sunduğu biçim, doku ve renk alternatifleri ile yapı içerisinde çeşitli işlevlerle kullanılan ve tercih edilen bir yapı malzemesidir (Savcı ve Dikmen, 2015). Cam; normal sıcaklıkta kristalleşmeden ve erimiş haldeki amorf yapısını koruyarak katılaştıran, katı cisimlerin mekanik özellikleri yanında sıvı cisimlerin özelliklerini de gösteren, yüksek sıcaklıkta bile yüksek bir dirence sahip inorganik esaslı bir silikattır.

Camlar; yüksek dayanımlı, özellikle mekanik, çevresel etkilere, ısı değişikliklerine ve ışığı düzgün kırma özelliğine sahip, güneş radyasyonuna geçirimli saydam amorf yapıları yapı malzemeleridir. Camın amorf yapısı, üretim sırasında hızlı soğuma nedeniyle kristal yapı yerine oluşmaktadır. Amorf yapı; cama saydamlık ve sağlamlık özelliğini de kazandırmaktadır. Cam en fazla saydam olarak nitelendirilen plastikten daha yüksek bir saydamlığa sahiptir (Eriç, 2002). Cam malzemenin üretimi, sıralı dört evreden oluşmaktadır. Cam; saydam olma özelliği ile birlikte son derece ince ve hafif kesitlerle, taşıyıcı sistemi aşırı yüklemekten ve kullanılabilir alandan az alan kullanarak diğer cephe malzemeleriyle kıyaslanabilir hale gelmiştir.

Cam üretiminin en yoğun olduğu bölgeler genellikle ormanlık bölgeler ve su kenarlarıdır. Cam üretimi için gerekli enerji odun yakarak sağlanırken soğutma için suya ve

su kenarındaki kuma ihtiyaç duyulmaktadır. Bu süreçte ormanlık ve yeşil alanların kullanımı ile bu alanların yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalması sonucunda, odun yakarak cam üretimi pek çok yerde yasaklanmış ve cam üretiminde kömür ve diğer alternatif enerji kaynakları kullanılmaya başlanmıştır (Avlanmaz, 2001).

3.2.2. Tarihsel Süreçte Cam Malzemenin Yapısal Kullanımı ve Gelişimi

Üretiminin ne zaman gerçekleştiği bilinmemekle birlikte, camın insanoğluna yarar sağlayacak şekilde kullanımı camın keşfinden çok daha eskilere dayanmaktadır. İnsanoğlu cam üretimini öğrendiği dönemde iki şeye gereksinim duymuştur. Bunlardan biri mahremiyet, korunma ve barınma için bölücü duvar yapma gereksinimi, diğeri ise aydınlatma, ışığı iletme ve geçirgen görünüm sağlama gereksinimidir (Sienkiewicz vd., 2006).

Camın tarihsel süreçte gelişimine yönelik araştırmalarda camın bir rastlantı sonucunda keşfedildiği aktarılmaktadır. Tarihçi Pliny'nin aktarımına göre denizcilikle uğraşan Fenikeliler bir kamp sırasında yaktıkları ateşin külleri arasında saydam ve parlak cisimler olduğunu keşfetmişlerdir. İlk camın yapılmış olabileceği yerler arasında Mısır, Mezopotamya ve Anadolu'dan söz edilmekte ve bilinen en eski sentetik camların M.Ö. 3000 yıllarında Anadolu'da yapılmış olduğunu belirtmektedir. İlk cam ürünler dekoratif amaçla kullanılmıştır. Mısır'dan sonra Roma İmparatorluğu Dönemi'nde artan cam üretimi zamanla Avrupa'ya yayılmıştır. M.Ö. 1. yüzyılda cam üfleme tekniği ile farklı biçimler oluşturulması camın şekillendirilmesi ve gelişmesinde en önemli adımdır (Sienkiewicz vd., 2006). Süreç içerisinde üfleme cam tekniği ile ince saydam levhaların üretimi gündeme gelmiş, ilk levha cam Roma'da üretilmiştir. Roma İmparatorluğu'nun sınırlarının genişlemesi, cam endüstrisinin gelişiminde ve günümüzdeki anlamda kullanımında önemli rol oynamış ve Dünya üzerinde farklı bölgelerde benzer ve farklı tekniklerle cam üretimi artırmıştır. Roma İmparatorluğu'nun parçalanmasından sonra Avrupa'da farklı coğrafyalara dağılan cam ustalarının farklı teknikler kullanması ve teknolojinin gelişimi cam üretiminin çeşitlenerek gelişmesine ortam hazırlamıştır (Raymond, 1961).

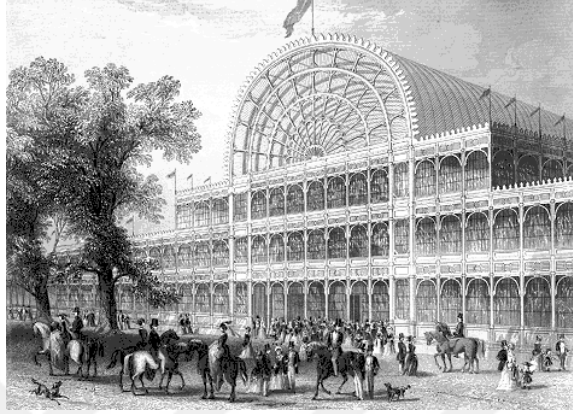
Pompei'de bronz pencerelere yerleştirilmiş 30x60 cm. boyutunda camların bulunması, camın ilk kez Roma Dönemi'nde pencere olarak kullanıldığının kanıtı olarak görülmektedir. Orta Çağ'ın sonunda hâkim olan dünya görüşü ile en önemli yapılar olarak görülen kilise ve manastırlarda silindir ve bükme yöntemleri kullanılarak cam kullanılmaya başlanmıştır. Paris'in yakın çevresinde gelişen ve Avrupa'yı etkileyen Gotik mimarlık, belki

de cam mimarlığın ortaya çıktığı ilk örnekler olarak değerlendirilebilir. Dini yapılarda o günün olanakları ile renkli olarak üretilen camın daha mistik bir atmosfer oluşturmak amacıyla vitray olarak kullanıldığı bu örnekler süreç içerisinde duvarlarla oluşan mimarlık anlayışından, cam mimarlık anlayışına doğru bir yöneliş ortaya çıkarmıştır.

16. yüzyılda cam üretiminde küçük boyutlar ile sınırlı olmakla birlikte şeffaf cam üretimi mümkün olmasına rağmen, henüz levha halinde cam üretilmemektedir. Yığma yapım tekniği ile büyük açıklıklar kullanılmadığı ve pencere boşlukları tek parça cam ile geçilemediği için ara çerçeveler ile birden fazla boşluk kullanılarak geniş pencere yüzeyleri oluşturulmuş ve artan açıklıklarla iç mekânlara daha fazla ışık alınmıştır. Bu yaklaşım özellikle Kuzey Avrupa ülkelerinde güneşin ışık ve ısı etkisinden yararlanmak düşüncesi cam malzemenin daha aktif olduğu yapıları gündeme getirmiştir (Foster, 1989). İngiltere’de 16. yüzyılda yaşanan en önemli gelişme pencere camı üretiminde yaşamıştır. O güne kadar sadece çok önemli yapılarda ve katedrallerde kullanılabilen cam, gelişen sanat kollarında ve dokuma endüstrisinde daha çok işçi çalışması, halkın ekonomik durumunun iyileşmesi ve üretimin artmasıyla orta halli konut yapılarında da kullanılmaya başlamıştır (Avlanmaz, 2001).

Camın dini yapılar dışındaki yapılarda kullanımının yaygınlaşması 18. yüzyılda geniş levha cam kullanımını gündeme getirmiştir. 1730 yılında silindir yöntemiyle üretilen ve yaygın olarak kullanılan levha cam, 1775 yılında 2135 mm x 1320 mm ebadında üretililmiş, bu gelişme ile Avrupa’da pencereler daha büyük açıklıklarda yapılabilmiş ve ayna yapımı tekniğinde de önemli gelişmeler görülmüştür (Altınkaya, 2004). Endüstri Devrimi sonrası bir sera ustası olan Joseph Paxton tarafından fuar işlevi için cam ve demir doğramalarla üretilen Kristal Palas (The Crystal Palace), mimarlık disiplinde camın gelişimi içinde önemli bir kilometre taşı olarak görülmektedir (Resim 3.1.). Yapının sökülüp takılabilir özellikte olması nedeniyle farklı bölgelerde yeniden inşa edilme olanağı doğmuştur. Ancak kullanılan cam malzemenin dolu, kar ve yağmur gibi doğa olaylarına karşı dayanıksız olması, cam üretim sürecinin dayanıklı cam üretme çabasına zemin hazırlamıştır. Crystal Palace sonrasında inşa edilen Makine Galerisi (Palais des Machines), uzun açıklık geçen strüktürler için farklı çözüm yöntemlerini göstermesi ve büyük levha camların kullanımı açısından önemli bir örnek oluşturmaktadır. Süreç içerisinde farklı işlevler için tasarlanan ve geniş serbest açıklıkları olan yapılarda da günışığının içeriye girmesini sağlayacak geniş levha cam kullanımı yaygınlaşmıştır (Resim 3.2.). 19. yüzyıl

ortasından sonra popüler olan çarşılı arkadlar için cam kullanılmıştır. İlk çarşılı arkad olan Galerie d'Orleans, 1829 yılında Paris'te Fontaine tarafından beşik tonozlu camdan yapılmıştır (Resim 3.3.) (Alsaç, 1991). Camın günümüzdeki anlamda pencere ile birlikte kullanımı mimarlık disiplininde yeni kavramsal dillerin oluşmasına olanak sağlamıştır (Raymond, 1961).



Resim 3.1. The Crystal Palace (Archdaily, 2013)



Resim 3.2. Makine Galerisi (Google Görseller, Galerie des Machines)



Resim 3.3. Galerie d'Orleans (Google Görseller, Galerie d'Orléans)

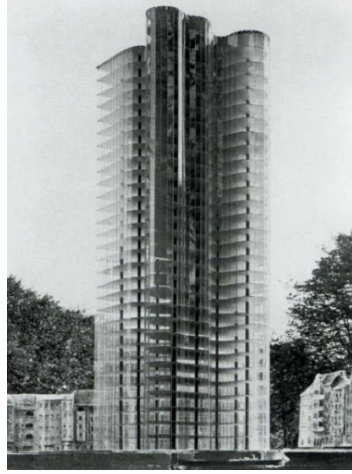
Camın en önemli özelliği, günışığını iç mekâna geçirebilmesidir. Yapım tekniklerinin gelişmesi ile giderek büyüyen pencere açıklıkları tasarımcıları iç mekânda daha fazla günışığı alarak görsel niteliği artırmak amacıyla bütünüyle cam malzemeden oluşan yapılar elde etmişlerdir. 19. yüzyılda, işlevi ne olursa olsun, tüm bina türleri için uygun olacak biçimde büyük pencere açıklıkları kullanılmaya başlanmış, sonuçta strüktür sistemi ile birlikte camın kullanımı günümüzdeki giydirme cephe yapı kavramını ortaya çıkarmıştır. Süreç içerisinde artan kat talebi ile birlikte betonarme yapım tekniğinde kolon ve kiriş kesitlerinin büyümesi ve daha verimli alan kullanılabilmesi amacıyla başlangıçta betonarme yapım tekniği ile üretilen giydirme cepheler, betonarmenin yanı sıra çelik ve karma yapım sistemlerinde de tercih edilmeye başlamıştır.

Çelik ve cam iskelet kullanımı, modern mimarlık hareketi içinde önemli rol oynayan öğeler arasındadır (Wigginton, 1996). 1918 yılında Willis Polk tarafından tasarlanan ve San Francisco’da inşa edilen Hallidee Binası giydirme cephenin kullanıldığı ilk yapıdır (Resim 3.4.).



Resim 3.4. Hallidee Binası (Google Görseller, Hallidie Building)

1922 yılında Mies Van Der Rohe’nin tasarladığı, tamamen cam giydirme cephe tasarımı cam Gökdelen projesi şeffaflığı ön plana çıkararak yapının okunmasını sağlayan yapıdır. Bu şekilde şeffaflığın ön plana çıktığı etki, 1975 yılında İngiltere Ipswich’de Foster Associates tarafından tasarlanan Willis Faber & Dumas Binası’na kadar elde edilememiştir (Resim 3.5.) (Button ve Pye, 1993).



Resim 3.5. Cam Gökdelen Projesi (Google Görseller, Glass Skyscraper)

Philip Johnson, Mies Van Der Rohe gibi ünlü mimarlardan bazıları 1940'lı yıllarda, kendi cam evlerini inşa etmişlerdir. Merrill, Jacobsen, Skidmore Owings (SOM), Mies Van Der Rohe ve diğer mimarlar tarafından yapılan giydirme cepheli yapıların 1940'lı yılların sonunda ise yaygınlaştığı görülmektedir. Mies Van Der Rohe tarafından tasarlanan Seagram Building yapısı, bu dönemin önde gelen giydirme cepheli yapıları arasındadır (Resim 3.6.).



Resim 3.6. Seagram Binası (Archdaily, 2010a)

Gece-gündüz ve yaz-kış dönemlerinde ısı farklarının fazla olması bir başka deyişle kış gecesinin soğuk ve yaz gündüzünün oldukça sıcak olması, sık sık bakım onarım gerektirmesi, cam yüzeyin yoğuşmaya dayanıksız olması, yüksek enerji tüketimleri, giydirme cephelerin dezavantajlarını ortaya çıkmıştır. Gelişen teknolojiye rağmen bu yapılar, 16. yüzyılın büyük Jacobean evlerinden iç mekân sıcaklığını ve konforunu sağlayamamıştır. Willis Faber & Dumas Binası, 1973-75 yılları arasında Foster Associates

tarafından İngiltere Ipswich’de yapılan yeni cam tespit tekniklerinin kullanıldığı mükemmel bir örnektir (Resim 3.7.).



Resim 3.7. Willis Faber & Dumas Binası (Arch2O)

Mühendis Peter Rice, Adrien Fainsilber ile birlikte 1980 yılında, Parc de la Villette’deki Bilim Müzesi’nde büyük cam çevre duvarı, o günün şartlarına göre cam duvarın ele alınış biçimini geliştirmiştir. Camın kolon olarak kullanılması için güçlendirici ve destekleyici eleman olarak cam yüzgeçlerin kullanımı 20. yüzyılda kullanımını sürdürmüştür (Altınkaya, 2004). Bu yüzyılda ince film kaplamaları, renkli katkı maddeleri, yüzey işlemleri veya ara katmanlar yardımıyla cam; çok katlı veya yalın, dolaylı veya doğrudan olarak yapıların iklim kontrolünde, gün ışığı denetiminde, güneş ışınlarından ısı ve elektrik üretiminde, UV ışınlarından korunmada kullanılmıştır. 21. yüzyılda cam bu işlevler kapsamında, elektro-kromik ve termo-kromik özelliklerle çevre koşullarına tepkiler verebilen bir konum kazanmıştır (Mimdap, 2007).

3.2.3. Mimari Tasarımda Kullanılan Cam Türleri

Normal Cam: Renklendirilmiş ve renksiz cam olmak üzere üretilen camlar normal camdır. Mimari yapılarda çoğunlukla tercih edilen renksiz camlar 2, 3, 4, 5, 6, 7 mm. kalınlıklarda olmak üzere üretilmektedir. Renklendirilmiş camlar; üretim aşamalarında normal cama metal oksitlerin eklenmesiyle elde edilmektedir. Camın kaplama renginin artması, içerisindeki oksit yardımı ile renk özelliği ve camın ısı emme oranını da artırmaktadır. Bunun tersine renk kaplamalı camın kullanılmasıyla güneş enerjisinin ve ışığının iç mekâna geçişinde 1/3’lük bir oranda azalma görülmektedir. Renkli camın bir dezavantajı, ısıyı emmesinden dolayı camın kendi sıcaklığının sürekli artmasıdır. Renklendirmeler sayesinde dekoratif etki ve ışığın filtre edilmesi sağlanırken, ışık ile ısı yansıtılabilmekte ve elektrik iletilebilmektedir. Cephe kaplama renkleri gelişen teknoloji ile gün geçtikçe artmaktadır (Button ve Pye, 1993).

Saydam-renksiz cam kullanımını, mimarlık öğrencileri tarafından İsveç'in Göteborg şehrinde tasarlanan Rüzgâr Kırıcı Pavyonunda (Resim 3.8.) görebiliriz. Beton kirişlerin, havada asılı gibi durmasını sağlayacak şekilde cam panellerin üzerine yerleştirilmesiyle oluşturulan rüzgâr kırıcılar, cam ve beton malzeme arasındaki uyumu tersine çevirmekte, camın kullanımı sayesinde ziyaretçilerine rıhtımda kesintisiz bir manzara izleme imkânı da sunmaktadır (Bayhan, 2015).



Resim 3.8. Rüzgâr Kırıcı Pavyonu (Bayhan, 2015).

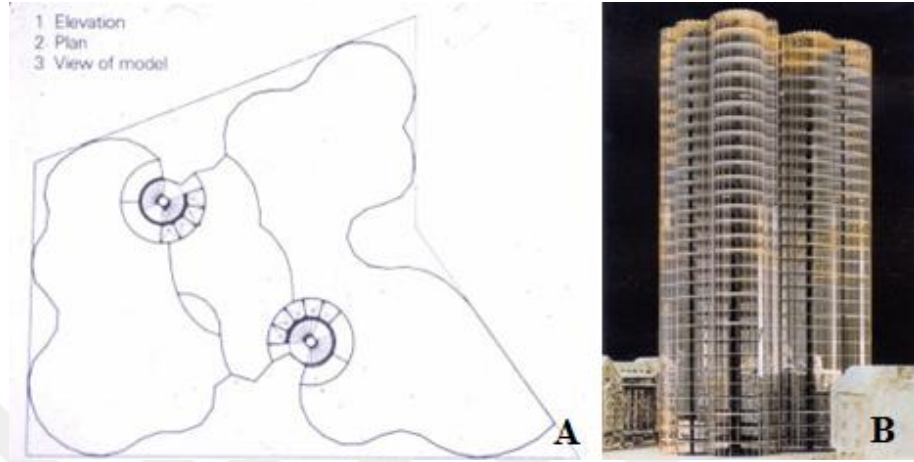
Lan Ritchie Mimarlık tarafından 1991 yılında yapılan Madrid'deki Reina Sofia Modern Sanat Müzesi'nde (Resim 3.9.) 35 metre yüksekliğindeki şeffaf sirkülasyon kuleleri, renksiz cam ile kaplanarak mevcut cephelerin katı görünümüne zıt durumdaki çok saydam hacimler vurgulanmaktadır (Wigginton, 1996).



Resim 3.9. Reina Sofia Ulusal Sanat Müzesi (Reina Sofia Ulusal Sanat Müzesi)

Şeffaflığın tasarımda belirleyici bir ölçüt olmasında yapının camın yapıya kazandırdığı zarif ve modern kimlik ve estetik gibi farklı değerler, çevre ile kurduğu ilişki,

yapı çevresi ile kurulan ilişkinin rol aldığı söylenebilir. Günümüzde teknolojik gelişmeler, mimarlara alışılmışın dışında renk ve özellikler, düz, amorf biçimde üretim ile çeşitlilik artmakta ve çeşitlikle üretilmiş giydirme cephelerin kullanımını yaygınlaştırmaktadır (Resim 3.10.).



Resim 3.10. Mies van der Rohe Cam Gökdelen Projesi, 1922 (Google Görseller, Glass Skyscraper,)

Yüzey Kaplamalı Camlar: Yüzey kaplamalı camların özellikleri; güneşin ısıtım, ısıtım, kontrol ve radyasyon etkisi dikkate alınarak, ışığın iletim düzeyine bağlıdır. Bu özellikler, metal oksitlerden veya değerli metallerden yapılmış ince bir tabakanın eklenmesi ile yüksek oranda değiştirilebilmiştir. Bu tür kaplamalar, yoğunluğunu ve iletilen ışığın alanını etkilemektedir (Compagno, 2002). Camın ısı kontrolü, camın radyasyon iletim seviyesine bağlıdır. Camın radyasyon iletim seviyesi, cama metal oksitlerin eklenmesi ve kalın metal tabakaları ile değiştirilebilir. Bu kaplamalar, radyasyon ileti şiddetine ve oranına etki etmektedir. Cam malzemede etkili bir güneşin ısıtım kontrolü, cam yüzeyine yansıtıcı kaplanması ile elde edilebilir. Reflekte (yansıtıcı kaplamalı) camlar işlem görmemiş veya renklendirilmiş camın bir yüzünün metalle kaplanması ile elde edilmektedir (Kahraman, 2002). Yazın soğutma, kışın ısıtma, giderlerini azaltmak ve yapı içindeki çalışma ve yaşam alanlarının konfor düzeyini daha iyi duruma getirmek için kaplamalardan etkili ve yaygın bir biçimde yararlanılmaktadır. Çevremizde gün geçtikçe yaygınlaşan tüm yüzeyleri giydirme cepheli yapıların yansıtıcı güneş kontrol kaplamaları ile görünmez nitelikli ısı kontrol kaplamaları, aslında cam yüzeyi ile bütünleşen metal veya metal alaşımlardır. Giydirme cepheli yapılarda yapı cephesinde istenilen etkiyi vermek ve camın niteliğini arttırmak için estetik amaçlı Seramik-Emaye Kaplamalı, günün farklı zamanlarında

değişken yansıtıcı etki sağlayan Dikroik Kaplamalı ve ısı konfor sağlayan Low-E Kaplamalı camlar kullanılabilmektedir.

Güvenlik Camları: Güvenlik camları (laminated glass) lamine ve (tempered glass) temperli camlar olarak nitelendirilebilir. Lamine camlar iki veya daha fazla sayıda cam plakanın ısı ve basınç altında özel bağlayıcı polivinil butiral (PVB) yardımıyla birleştirilmesi sonucunda elde edilir. PVB lamine özelliğini taşıyan camların kırılması halinde bir taraftan diğerine istenmeyen geçişlerin önlenmesinde ve cam parçaların çevreye saçılmamasında etkilidir (Akyürek, 2001). Özel fırınlarda önce 690-700°C'ye kadar ısıtılarak; daha sonra hava ile aniden soğutularak elde edilen temperli camlar, darbelere karşı normal cama kıyasla 4 veya 5 kat daha dayanıklıdır. Temperli camlar kırıldığında zar büyüklüğünü geçmeyen küçük parçalara bölünerek yaralanma riskini azaltmaktadır. Temper özelliği olan iki camın PVB ile birleştirilmesi işlemi ile lamine temperli cam elde edilebilir. Lamine ve temperli camların özelliklerinin birleştirildiği bu cam kombinasyonunda kırılma güvenliği artırılmıştır. Günümüzde yapıların çoğunda farklı şeffaflık derecelerinde farklı yerlerde güvenlik camları kullanılmaktadır.

Tokyo'daki Yurakucho metrosunun 10,6 m uzunluğunda, 4,8 m genişliğinde ve en üst noktada 4,8 m yüksekliğinde Yurakucho metro giriş saçağında (Resim 3.11.) gelişen teknoloji ile üretilen lamine temperli cam özelliği ile estetik ve güvenlik birlikte sağlanmıştır. Yurakucho metro istasyonu saçağında kullanılan cam, rüzgâr yüküne karşı dayanımlı ve kendi ağırlığını taşıyacak özellikte üretilmiştir.



Resim 3.11. Yurakucho Metro Giriş Saçağı (LUCAS Civil and Structural Engineering)

Kengo Kuma tarafından tasarlanan Japonya'nın Atami sahilinde konumlanan Cam-Ahşap Evi'nde (Resim 3.12.) şeffaf lamine cam, yapının sınırlarını belirlemiştir. Kengo Kuma yapıyı doğayı çerçeveleyen ve doğayla uyumlu bir konseptte tasarlamıştır. Kuma'nın

“Ben mimariyi yok etmek istiyorum, ... bu her zaman yapmak istediğim bir şeydi; bugün de asla bu düşüncemden vazgeçmiş değilim.” (Kapucu, 2006) sözleri ile aktardığı mimariyi yok etmek, görünür bir obje olmasını önlemek ve onu kendi içinde saydamlaştırmak düşüncesi bu yapının tasarımında önemli bir tasarım ilkesi olmuştur.



Resim 3.12. Cam Ahşap Ev (Archello, Glass Wood House)

Paris Louvre Müzesi ve atölye bölümünde (Resim 3.13.) şeffaf lamine temperli cam kullanılan piramit cam strüktürle yapılmış bir tasarımıdır (Kapucu, 2006). Yapı kendisini çevreleyen tarihi dokuya saygılı ve onun görünüşünü kapatmayacak, her kata gün ışığının alınması sağlayacak biçimde şeffaf tasarlanmıştır.



Resim 3.13. Louvre Müzesi Atölye Bölümü (Architizer, Louvre Müzesi, 2021)

Camın sunduğu teknik olanaklar teknolojinin gelişimi ile yapının hemen her yerinde kullanılabilir hale gelmiştir. New York'ta Bohlin C. Jackson'ın tasarlamış olduğu Apple bilgisayar showroom projesinde (Resim 3.14.) lamine temperli cam; ara geçiş köprüleri, üst örtü, korkuluklar ve merdivende kullanılarak tasarıma yön vermiştir. Camdaki teknik gelişmelerin fazlalığı ile çok çeşitli işlemlerle cama daha avantajlı özellikler kazandırılabilir. Örneklerde de görüldüğü gibi, tasarımcılar şeffaflığın tasarımlarında etkin bir rol edinmesini sağlamışlardır.



Resim 3.14. Apple Bilgisayar Showroom (Apple Bilgisayar Showroom, 2008)

Geçmişte sadece saydamlığı sebebiyle kullanılan cam, günümüzde güneş ışığının dolaysız olarak iç hacme ulaşmasını sağlayan, ısı ve ses yalıtımı, güneş ışınımının sebep olduğu ısıyı denetleyen ve güneş ışığının iç mekanlarda düzensiz dağılımının neden olduğu göz alması gibi problemlerini engelleyen, kısaca yapının konfor koşullarını iyileştiren bir yapı elemanı olmuştur. Dış ve iç görünüşte estetik sağlamanın yanı sıra kullanıcıların ısı ve görsel konforu da sağlanmaktadır. Mühendisler ve mimarlar yönlenme, iklim faktörleri ve mesleki bilgilerini değerlendirerek, teknoloji kullanarak yapıda en akılcı çözümler üretmeye çalışmaktadır (Kazanasmaz ve Diler, 2011). Yapıda istenilen etkiye göre doğru cam seçimi ile gölgeleme, enerji korunumu, yüksek konfor düzeyi ve estetik sağlanmakta, bakım onarım maliyetleri azaltılabilmektedir

Cam Tuğlalar: Cam tuğla; duvar yapmakta kullanılan yarı şeffaf içi boş cam bloktur. Cam tuğlaların bölücü duvar sistemi içinde kullanımı termal, akustik konfor koşullarının ve darbe etkilerine karşı kullanıcı güvenliğinin sağlanması ve mekânda görsel bütünlüğün devamlılığı gibi mekân niteliğinin yükseltilmesine olanak vermektedir. Tasarımda biçimsel ve boyutsal serbestlik, istenilen yerlerde şeffaflık ve cam bölücü elemanın düz veya eğrisel biçimlerde üretilmesiyle sağlanabilir. Ancak camın belirli boyutlarda ve standartlarla belirlenen sınırlar dışında, levha olarak eğilmesi mümkün değildir. Bununla birlikte küçük parçalardan oluşan cam bloklar kullanılarak, istenilen eğrisel hatları taşıyan bölücü duvarlar oluşturulabilmektedir. Tasarımda serbestlik sağlanmasında en yaygın kullanılan uygulamalardan biri de cam blokların iç mekânda cam bölücü duvar sistemleri içinde kullanılmasıdır. Cam tuğlalar, kullanıldığı alanda seçilen cam türüne göre mahremiyet ve güvenlik sağlaması, iç mekanların aydınlatılması, estetik ve çevre dostu olması nedeniyle tercih edilen bir yapı malzemesidir. Eğrisel hatlar taşıyan iç mekân tasarımlarının

uygulanmasında, tabakalar halinde üretilen levha camlara göre cam tuğlalar, daha rahat ve estetik mekan için kullanılabilir (Resim 3.15.).



Resim 3.15. İç Mekânda Cam Tuğla Duvar (Archello, Glass-Block Micro House)

Cam tuğla, Tokyo’da Renzo Piano tarafından tasarlanan Maison Hermes (Resim 3.16.) yapısının dış cephe yüzeyinde etkileyici gölge ve ışık oluşturmak amacıyla kullanılmıştır. Cam cephe, iç mekânın tam olarak algılanmasına izin vermemekte ve içeride ne olduğu hakkında merak uyandırmaktadır. Yapılarda havalandırma ve aydınlatma için kullanılan cam mekânların ferah, aydınlık ve olduklarından daha geniş algılanmasını sağlamaktadır. Cam tuğla; dış cephede duvar malzemesi, yapı kabuğunda dış duvar ve iç mekânda da bölücü olarak kullanılmaktadır. Maison Hermes cam tuğlanın yapı kabuğunda dış duvar olarak kullanılması açısından bir örnektir.



Resim 3.16. Maison Hermes (Architectuel, Maison Hermes)

3.2.4. Mimarların Tasarımlarında Cam Kullanımı

Mies Van Der Rohe: Yapı üretiminde yapılabileceklerin standartlarını ve sınırlarını çelik ve cam kullanılarak belirleyen Mies'in tasarladığı cam gökdelenler 20. yüzyıl mimarisinde etkili bir değişim sağlamıştır. Avrupa'da Mies'in cam bir kabukla tüm yapıyı sarma düşüncesi bir ilk olmuştur. Yapıda cam kullanımının sınırlarını 1921-1925 November Gruppe sergisine sunduğu camdan gökdelen projeleriyle zorlamıştır (Bkz. Resim 3.6.).

Barselona Uluslararası Sergisinde 1929 yılında Mies Van Der Rohe tarafından tasarlanmış Almanya Pavyonu açık plan ve şeffaflık anlayışına uygun bir örnektir. Parlatılmış mermer, cam, girişte ve arkada yer alan havuzun yansımaları, çelik kolonlar, iç mekânın akışkanlığı tasarımın ana unsurları olmuştur. Barselona Pavyonu sergiden sonra yıkılmış, mimarlık tarihindeki değeri ve önemi göz önünde bulundurularak 1979 yılında özgün planları doğrultusunda yeniden yapılmıştır. Mies yapının tasarımcısı olmasına karşın, diğer modern mimarlardan gelen izler de taşımaktadır. Pavyon'un iç mekân çözümünde rafine ve minimalist bir dil hissedilir. Pavyon masif mermer yüzeyler arasındaki karşılıklı yarattığı etkileycilik, cam geçirgenliği ve su, cam ve metal taşıyıcılar arasındaki karşılıklı yansıma oyunları ile farklı tasarıma sahiptir. Dışarıdan bakıldığında rasyonel saf, bir kimlik gösteren Pavyon, kolonların duvarların bulundukları noktalardan kaydırılmış olması, içerideki duvarın mekânın merkezliliğini yok ederek bütüncüllüğü kırması ve camın geçirgenliği mekânın sınırlarını genişletmesi açısından farklı bir örnektir. Yapıda traverten duvarlar ve cam yüzeyler arasındaki karşılıklı yansıma oyunları dışardan gelen ziyaretçilere ilk anda iç mekânı göstermektedir. İç mekân bir yandan yapıyı ziyaretçiye/özneye açarken, diğer yandan ona kendini geri yansıtarak bir tür ayna görevi görmektedir (Ekincioğlu, 2001). Mekân tasarımında cam kullanımı, etkileyici ve estetik yönü bu yapıyı farklı kılmaktadır.



Resim 3.17. Barselona Pavyonu (Archdaily, 2011)

1949 yılında dönem için devrim niteliği taşıyan bir yapı olan Farnsworth Evi Mies van der Rohe tarafından tasarlanmıştır (Resim 3.18.). Doğa ile iç içe konumda olan Farnsworth Evi'nde az sadedir anlayışı ve şeffaflık kullanımı yapı bütünlüğünü görünür kılmaktadır. Farnsworth Evi'nin duvarları saydam ve cam malzemeden yapıldığından doğa yapı ilişkisinde sınırsızlık söz konusudur. Dış kabuk mimari anlamda, duvar üzerine doğa resmi yapılmış bir duvar imgesidir. Dış kabuğun hiç olmaması durumunda insan beyninde bir ev olma niteliği kaybolarak yapı yalnız bir yapı olarak kalır. Bu yapıyı bulunduğu konumda ve çevrede ev yapan insan beyninde algılanan 'Üzerine doğa resmi yapılmış duvar' imgesidir (Bachelard, 1996). Mies van der Rohe'nun cama yapıştırdığı manzara resmi imgesiyle oluşturduğu saydamlık, yapının bütünleyici bir kabuk ile tanımlanmasıyla gerçekleşmiştir.



Resim 3.18. Farnsworth Evi (Archdaily, 2010b)

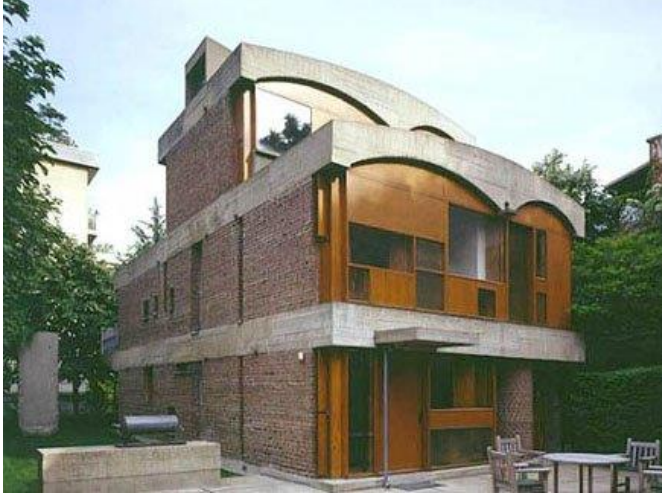
Frank Lloyd Wright: Wright mimarisinde; sınırları hafifleterek, mimari ve doğa arasında ilişki kurup, binanın iç bütünlüğünün yanı sıra oturduğu toprak zemin, çevresi ve diğer elemanlarla bütünlük de sağlamıştır (Resim 3.19.) (Conrads, 1991). Wright'ın benimsediği organik mimarlıkta temel düşünceler insan-doğa ölçeği ve ilişkisi, daha hacimsel bir mimarlık için çelik ve cam malzemelerin kullanılması gerektiği ve yapının mimari karakterinin geliştirilmesidir. Wright'ın dolu kutuyu yatay dilimlerle parçalayarak, üstünü delerek, içinde ise büyük ve merkezi boşluklar açarak, köşelerdeki dolulukları kırıp geçirgenleştirerek ana amacına varacağını düşüncesi toplumsal yaşamın organik yaşama uyum sağlayabileceği fikrindeydi. Wright saydamlığı; üst döşemeyi delen çatı ışıklıklarıyla, köşeleri ortadan kaldıran bütünsel cam duvarlarla, yatay pencerelerle sağlarken gökyüzünden sağladığı ışığı ise 'açık plan' anlayışındaki büyük atrium boşluklarına aktarmıştır.



Resim 3.19. Şelale Evi (Archdaily, 2010c)

Le Corbusier: Le Corbusier'in öne sürdüğü beş ilke modern mimarlığın stiline oluşmasındaki en önemli etkilerden biridir. Bu mimarlık biçiminin ilk ilkesi taşıyıcılardır, taşıyıcılar noktasal olarak yerleştirilerek duvarların yerini alırlar ve iç düzenleme düşünülmeksizin, modüler biçimde oluşturulur. İkinci öge, çatı bahçeleridir. Le Corbusier için çatı bahçeleri, kent içinde zaman geçirmek ve parselden kaybedilen alanı kazanmak için başka bir açıdan da betonu nemli tutarak fazla çalışmasını önlemek adına, yararlı bir ögedir. Le Corbusier'in üçüncü ilkesi, her katta özgün bir planlama olanağı taşıyıcıların bağımsız planlanmasıyla, serbest plan anlayışını doğurur. Dördüncü ilkesi betonarme taşıyıcı sistemle özgürleşen pencere açıklıklarıdır. Le Corbusier, taşıyıcıların verdiği serbestlik ölçüsünce bir taşıyıcıdan diğerine kadar uzanan bant pencereleri mekâna yerleştirir. Beşinci ve son ilkeyse, serbest cephe tasarımıdır. Cephenin taşıyıcıdan bağımsız olarak üretilebilmesi; döşemenin, yapıyı çevreleyen bir balkon gibi taşıyıcının ötesine uzanabilmesi anlamına gelmektedir. Bu uzanım yapıda cepheyi özgürce tasarlama olanağını da beraberinde getirmektedir (Jeanneret, 1991).

Le Corbusier'in kurulan standartlar sistemi esasen konut fikri üzerine kurulmuştur. Mimarlığın beş ilkesinde de, prensipler konut çevresinde yoğunlaşır. Le Corbusier'in, mimarlığın beş ilkesini yayınladığı 1926 yılından sonra tasarladığı tüm konutlara bu perspektiften bakılınca, Le Corbusier'in inşa ettiği tüm yapılarda görülen en temel prensibin serbest cephe ve serbest plan kavramlarının olduğu görülür. Bunun dışındaki diğer prensipler coğrafyadan bağımsız biçimde şekillenebilir. Özellikle çizgi dışına kayan bir tasarım olarak Fransa'da inşa ettiği Jaoul Evi (Resim 3.20.), beş ilkeye bakıldığında diğerlerinden farklı görülebilir (Dilaveroğlu, 2020).



Resim 3.20. Maisons Jaoul Evi (Divisare, 2017)

Yaşadığı dönemin en iyi mimarları arasında gösterilen Le Corbusier, yapmış olduğu tasarımlarda ve uygulamalarda kullandığı cam malzeme ile şeffaflık ve geçirgenlik sağlamıştır. Le Corbusier'in kullandığı beş temel ilke; 1931 yılında tasarladığı Villa Savoye'de görebilir (Resim 3.21.). Onun oluşturduğu düz çatı, o döneme kadar yapılarında eğik çatı oluşturmuş mimarların tersine, kendi yapısının üstüne çıkılıp kentin, , yıldızların, gökyüzünün gözlemlendiği; yeni, saydam bir dış mekân oluşturma amacıdır. Yapının kolonlar üzerinde yükseltilmesi, doğa-yapı ilişkisini arttırmıştır. Saydamlık duyumu, kesintisiz boşluklar ve yatay pencereler yapılması şeklinde gerçekleşmiştir. Taşıyıcı strüktürü geriye çekilmiş, önde saydamlığı yaratacak kabuk kalmıştır.



Resim 3.21. Villa Savoye (Archdaily, 2010d)

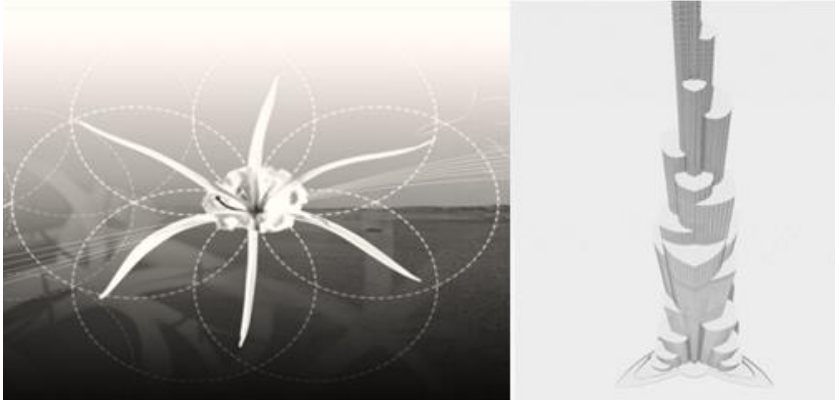
3.3. Alüminyum ve Cam Malzemesinin Birlikte Kullanıldığı Cephe Örnekleri

Çok katlı ve giydirme cephe ile üretilen yapılarda cam ve çelik malzeme kullanılan sürdürülebilirliğin kapsamlı bir şekilde ele alınarak seçilen ürünlerin yaşam döngüsünde

çevreyle etkileşiminin tüm boyutları ile değerlendirilmesi gerektiği ifade edilmektedir. Yapılarda kullanılan malzemenin aydınlatmanın denetlenmesi, gün ışığı ve yapının havalandırılması gibi olumlu özelliklerinin yanı sıra, giydirme cephe için seçilen metal ve cam malzemeden oluşan cephenin yansıtma özelliğinin radyasyon, ısınma etkisi gibi olumsuz özellikleri de dikkate alınarak değerlendirilmesi ve uygun malzeme seçilmesi önemlidir (Karabey, 2002). Aşağıda alüminyum ve cam malzemenin birlikte kullanıldığı çok katlı yapıların cepheleri örneklenmiştir.

3.3.1. Burç Halife, Dubai

Birleşik Arap Emirlikleri'nde 828 metre uzunluğu ile dünyanın en yüksek kulesi olan Burç Halife, çöl çiçeğinden esinlenilerek tasarlanmıştır. Yapı; paslanmaz çelikten üretilmiş palet şeklinde dikey boru sütunlar, alüminyum ve paslanmaz çelikten imal edilen yansıtıcı cam cephelerden oluşmaktadır. Çin'den Dubai'ye, cephe kaplama alanında uzman 300'den fazla görevli, Burç Halife'nin dış kaplama işlerine katkı sağlamak amacıyla getirilmiştir. Dubai'deki yakıcı yaz sıcaklığına dayanıklı olacak şekilde kaplama sistemi kullanılmıştır (Resim 3.22.). Yapı yüzeyinde kullanılan camların bir kısmı ultraviyole ışınlarını yansıtmak üzere griye boyanmış, iç kısımları kızılötesini ışınları yansıtmak için titanyumla kaplanmıştır. Bu uygulama ile güneş ışınlarının getirdiği ısınnın %75'nin absorbe edilmesi sağlanmıştır.



Resim 3.22. Çöl Çiçeği ve Tasarım Konsepti (AbboÇevre od, 2016)

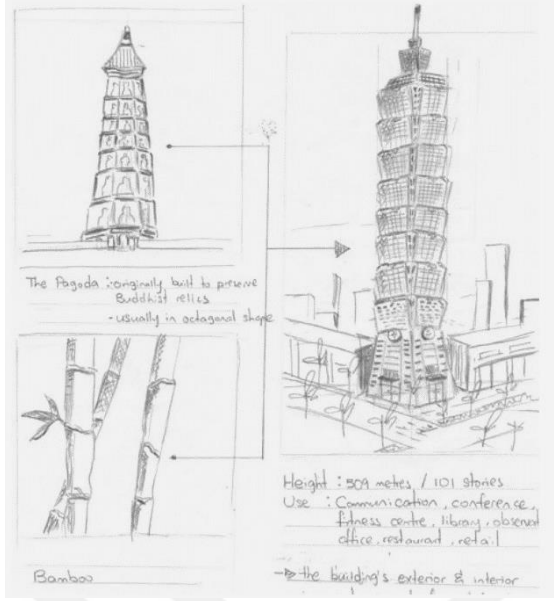
Yapının güvenli ve konforlu olması için, paslanmaz çelik paletlerin su ve rüzgâr direnciyle karşı karşıya bırakılarak kapasite testinin yapılması için İkinci Dünya Savaşı'ndan kalma bir uçağın motoru kullanılmıştır. Gökdelen projesi için özel olarak her biri farklı boyutta kesilmiş, yaklaşık olarak 26000 adet cam levha kullanılmıştır. Yapıda kullanılan cam levhalar yaklaşık olarak 25 adet Amerikan futbol sahasını ve 17 adet futbol sahasını kaplayacak büyüklüktedir (Resim 3.23.) (Burj Khalife, 2022).



Resim 3.23. Burç Halife Cephesi (Ekoyapı, 2017)

3.3.2. Taipei 101 Kulesi, Tayvan

Tayvan’da Taipei Şehri’nde bulunan Taipei 101 Kulesi, uluslararası finans merkezi olarak kullanılmaktadır. Kule tasarımı ve bulunduğu konum ile şehrin ayırt edici bir yüzü haline gelmiştir. 101 kat yüksekliğinde ve bir dönem dünyanın en yüksek binası unvanına sahip olan yapı 509,20 metredir. Kule tasarımı ‘LEED Platinum Certification’ ödülüne sahip olmuştur. İç ve dış çevre kalitesini arttırması, CO₂ gazı emisyonunu önlemesi, su kullanım yeterliliği ve enerji tasarrufu gibi bina performans standartlarını arttırmayı hedefleyen yapı çevre dostudur. Kule, depremlere ve şiddetli kasırgalara karşı sağlam bir şekilde tasarlanmıştır (Dennis ve Ching, 2004). 101 Taipei Kulesi’nin tasarımı, Çin kültüründen gelmektedir. Gökdelenin hem dış hem de iç tasarımı, bambu bitkisi kökünün genel şekli ve Çin’in putperest mabet yapı tasarımı ile bir araya getiren bir tasarım olarak ortaya çıkmaktadır. Yapının tüm cephelerinde dairesel formlar kullanım paraya işaret etmektedir. Yapı cephesi; Çin Budizm dinindeki birçok tarihi sembollere işaret eden mimari unsurlar içermektedir (Resim 3.24.). Taipei’nin dış cam cephesi, ısıyı %50 oranda içeriye taşıyan yeşil ve mavi renkte çift katlı cam levhalardan ve yapının mor ötesi ışınlardan korunmasını sağlayan özellikteki camdan oluşmaktadır. Yapının dış cepheleri yapıya doğru eğimli olup, yapı devasa kirişlerle birbirine bağlanmış her sekiz katta bulunan büyük sütunlarla sabitlenmiştir (Resim 3.25.) (Archdaily, 2009).



Resim 3.24. Çin'in Putperest Mabet Yapı ve Bambu Bitkisi (Abbood, 2016)



Resim 3.25. Taipei 101 Kulesi Cephesi (Archdaily, 2009)

3.3.3. Petronas İkiz Kuleleri, Malezya

Malezya'nın başkenti Kuala Lumpur'da bulunan ve 1998 yılından itibaren 2004 yılında 101 Taipei Kulesi açılışına kadar dünyanın en yüksek kuleleri konumunda olan Petronas İkiz Kuleleri'nin yüksekliği anten ile beraber 452 metredir. İkiz kuleler 88 kattan oluşmaktadır ve 78 adet asansör hizmet sunmaktadır. İkiz kulelerin tasarımı; İslami, mühendislik ve mimari örneğini teşkil etmektedir. İkiz kulelerde taşıyıcılığı arttırarak kat ilavesi yapabilmek için plan sekiz başlıklı birbiri içine girmiş iki karenin farklı oturumlarıyla tekrar etmiştir. Planda iç içe girmiş karelerin farklı oturumuyla oluşan yıldız biçimi İslam sanatı ile ilişkilendirilmiştir. İkiz kulelerin cephe tasarımı cam ve güneş ışığını yansıtarak

inci gibi görünen paslanmaz çelikten oluşmaktadır (Resim 3.26.) (Arkitektuel, Petronas İkiz Kuleleri).



Resim 3.26. Petronas İkiz Kuleleri Cephesi (Arkitektuel, Petronas İkiz Kuleleri)

3.3.4. Commerz Bankası, Almanya

Mimar Norman Foster tarafından tasarlanan Commerz Bank Kulesi 120,774 m² alan üzerinde 53 katlı ve 299 metre yüksekliktedir. Dünyanın ilk ekolojik ofis kulesi ve Avrupa'nın da en yüksek binası konumunda olan yapının tasarımında enerji etkinliği önemli yer tutmaktadır. Üçgen şeklindeki yapı; merkezi bir atriyum tarafından oluşturulan bir gövde çevresinde oluşan ve her dört katta ofis kümelerinin görsel ve sosyal odak noktası olacak şekilde tekrar eden kış bahçeleri ile oluşturulmuştur. Cephede yapıya şeffaflık ve hafiflik hissi veren kış bahçeleri ofis çalışanları için sosyal bir mekân olarak kullanılmaktadır. Çevresel olarak, içe bakan ofisler için doğal bir havalandırma bacası görevi gören merkezi atriyuma ışık ve taze hava getirmektedir (Foster and Partners, 1997).

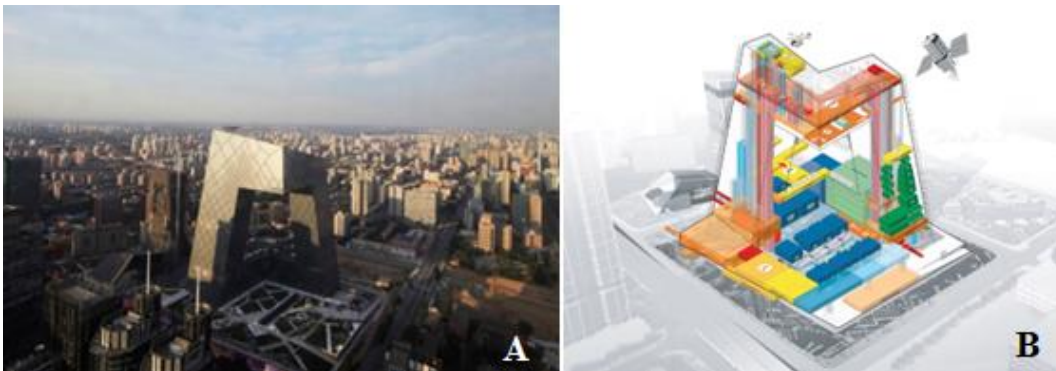
Ofis ortamının doğasını araştıran, ekolojisi ve çalışma kalıpları için yeni fikirler geliştiren yapının konseptinde doğal aydınlatma ve havalandırma sistemleri vardır. Bu konsept her ofisin gün ışığı ile aydınlatılması ve açılabilir pencereler ile doğal havalandırılmasına bir başka deyişle kullanıcıların kendi ortamlarını kontrol etmelerine olanak vermekte ve yapının geleneksel ofis kulelerinden %50 daha az enerji tüketmesini sağlamaktadır (Resim 3.27.). Commerz Bank, yapıda şeffaflık, ışık ve enerji tasarrufunu uygulayan en önemli örneklerinden biridir. Yapının doğallığına herhangi bir şekilde etki etmeden her tarafa doğal havanın yayılması olanağını çift kabuk mimari yapısı sağlamaktadır. Yapının uygulandığı dönemde dışarıdan cam kaplama türü olan malzemeler, büyük ölçüde ışığın içeri girişini engellemekte ve bina ağırlığını arttırmaktadır. Bu yüzden yeni bir malzemeye gereksinim duyulmuş ve yapının dış cephesinde kullanılmak üzere özel bir cam malzeme üretilmiştir.



Resim 3.27. A.Commerzbank Headquarters, B.C. Commerzbank Headquarters Dış Cephe Kaplama Sistemi (Foster and Partners, 1997)

3.3.5. Çin Merkezi Televizyon Binası Kulesi, Çin

Kule, Çin kültür ve medeniyetinin gelişimi ve zirveye ulaşmasını göstermek amacıyla gökyüzünü işaret edecek şekilde bir döngü olarak birbirini izleyen demir profillerden kesintisiz bir çerçeve olarak tasarlanmıştır (Resim 3.28.). OMA Architect tarafından tasarlanan, 2004-2008 yılları arasında Çin'in Pekin kentinde uygulanan tiyatro ve fuarlardan oluşan idari bir merkez olan Çin Merkezi Televizyon Binası Kulesi ofisler, yayın ve prodüksiyon tesislerini barındıran 49 kat, 234 metre yüksekliğinde ve 473.000m² toplam alandan oluşmaktadır. Kule, Çin için bir sembolü olan yapı tasarımında modern teknoloji ve teknolojik malzemeler kullanılmıştır. Her biri birbirine dönük şekilde iki kule olarak ortak bir platform üzerinde gökyüzüne yükselen yapı finalde yükseklik arayışına meydan okuyacak şekilde birbirine yaslanarak sonunda 75 metrelik dikey bir konsolda birleşmektedir. 75 metre uzunluğunda Konsol denilen asma katlar vasıtasıyla dikey olarak birbirine bağlanmaktadır (Resim 3.29.).



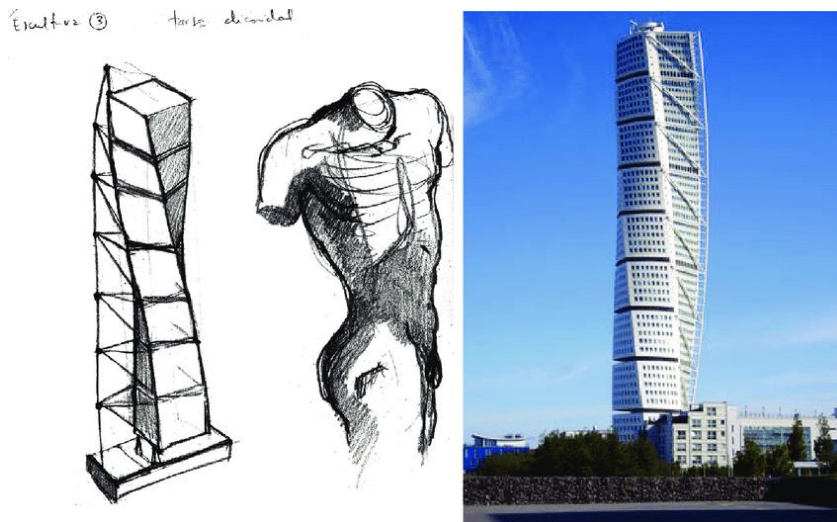
Resim 3.28. Çin Merkezi Televizyon Binası Kulesi A. Genel Görünüm, B. Yapı Formunda Katların Dağılımı (Archdaily, 2012a)



Resim 3.29. Çin Merkezi Televizyon Binası Kulesi Cepheleri (Archdaily, 2012b, 2012c)

3.3.6. Turning Torso Kulesi, İsveç

İsveç'in Malmö şehrinde bulunan, 54 kattan 190 metre yüksekliğinde olan Turning Torso yapısı, ofis ve konut işlevindedir. Avrupa'nın ise ikinci, İsveç'in en yüksek kulesi, Fransa'daki yapı fuarında dünyanın en iyi konut binası olarak MIPIM ödülüne layık görülmüştür. Yapıda bulunan ilk iki küp ofis birimlerinden, diğer küpler ise lüks konut dairelerden oluşmaktadır. Turning Torso, birbiri üzerine konumlanmış bükümlü küplerle oluşmakta ve her bir küp ise beş kattan oluşmaktadır. Bu nedenle en alt kattaki küpten itibaren 90 dereceye oluşması için büküm tekrarlanmaktadır (Resim 3.30.). Kendi etrafında dönen yapının cephesi, çift eğriseldir. Cephe, alüminyum ve cam malzemeden oluşmaktadır. Cephe; 2250 adet pencere, 2800 adet panelden oluşur. Her bir küp için yaklaşık olarak 300 adet panel kullanılır. Cam yüzeyleri düz olup panel yüzeyleri eğimlidir (Resim 3.31.).



Resim 3.30. Turning Torso Konsept (Gonçalves, 2016)



Resim 3.31. Turning Torso Cephesi (Archdaily, 2015)

3.3.7. Sabancı Center

Türkiye'nin tam akıllı sistemlere sahip ilk yüksek yapısı olan Sabancı Center, ileri teknoloji ile yapıldığından cephe, statik, elektrik ve mekanik, sistemlerinin gerçekleştirilmesinde Alman şirketlerinden yardım alınmıştır. Swanke-Hayden-Connell-NewYork adlı İngiliz mimari grubu yapının iç mimarisini ise çözümlenmiştir. Sabancı Center'in cephesi, beton yüzeylerde granit kaplamalardan ve reflektif mavi cam giydirme cepheden oluşmaktadır (Erdoğan, 2007) (Resim 3.32.).



Resim 3.32. Sabancı Center Cephesi (Erdoğan, 2007)

3.3.8. Tekfen Tower

Giydirme cam cephe, yapının mimari tasarımına uygun olarak dış cepheleri kısmen, sağır kısımları ise kısmen granit taş kaplama ile yapılmıştır. Giydirme cam cephelerde kullanılan ısıcam, 6 mm. renkli reflekte cam 12 mm hava boşluğu 6 mm renkli reflekte cam özelliğine sahiptir. Bu cam kombinasyonu %8 dış yansıma özelliği, %10-12 güneş geçirgenliği ve %20 ışık sayesinde iç mekâna maksimum güneş ışığı almasına izin veren ve minimum güneş ısını içeri bırakan bir yapıya sahiptir. Cephenin büyük bir kısmında diğer yüksek yapıların aksine granit kaplama kullanılmıştır (Resim 3.33.). Kullanılan granit kaplamalar yapının daha alt katlarında kullanılarak üst kısımlardaki cam kaplamalı giydirme cephe ile iç içe girerek, granit bir kutuya saplanmış tasarımı ile cepheye farklı bir yorum katılmıştır (Erdoğan, 2007).



Resim 3.33. Tekfen Tower Cephesi (Google Görseller, Tekfen Tower).

3.3.9. Metrocity

Yapının dış cepheleri mimari tasarımına uygun olarak sağır kısımları ise alüminyum kompozit panel kaplama ve kısmen giydirme cam cephe, yapılmıştır. Giydirme cam cephelerde renkli reflekte ısıcam kullanılarak maksimum güneş ışığının içeri girmesine izin veren fakat minimum güneş ısını içeri bırakan bir yapıya sahip olması sağlanmıştır. Ofis yapısında kullanılan cam giydirme cephe sisteminde diğer yüksek yapıların aksine camlara açılır kanat konulmuş, birkaç kısımda ise giydirme cephe yerine doğramalı sistemi kullanılmıştır (Erdoğan, 2007). Rezidans olarak kullanılan 2 kulede ise cam giydirme cephe

sistemi yerine PVC doğramalar kullanılmıştır. Sağır duvarlarda ise cephe malzemesi olarak yine alüminyum kompozit panel kullanılmıştır (Resim 3.34.).



Resim 3.34. Metrocity Cephesi (Google Görseller, Metrocity AVM).

3.3.10. Maya Akar Center

Yapının dış kabuğu, belirli aralıklardaki dilatasyonlarla ayrılmış, renkli alüminyum eloksallı giydirme cephe ile, bu alüminyum iskelet içine yerleştirilmiş ısı yalıtımlı, renkli ve reflektör ısıcamlardan oluşmaktadır (Resim 3.35.). İstanbul’da incelenen diğer yüksek binaların aksine dış cephesinde sadece cam malzeme kullanılan yapının cephesinde parapet önlerinde ve beton-cam yüzeyler arasında da ısı yalıtımı bulunmaktadır (Erdoğan, 2007).



Resim 3.35. Maya Akar Center Cephesi (Google Görseller, Maya Akar Center, 2007)

4. DEĞERLENDİRME, SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanoğlu var oluşundan günümüze kadar, doğal çevre içerisinde kendine yaşam ortamı ve yapılı çevre oluşturmaya çalışmıştır. Bu durum zamanla doğal çevrenin ve ekolojik dengenin bozulmasına yol açmıştır. Bozulan dengenin insan dahil olmak üzere tüm canlı türlerinin sağlıklı yaşam koşullarını sürdürebilmesi, biyolojik çeşitliliğin, sınırlı doğal kaynakların, enerji, toprak, su ve havanın korunması, atıkların azaltılması ve gelecek kuşaklara yaşanabilir bir çevre bırakılması gerektiğinin anlaşılması sürdürülebilirlik kavramını gündeme getirmiştir. Sürdürülebilirlik pek çok sektör tarafından benimsenmiş ve ortak geleceğimizin korunması fikri ile ülkelerin ulusal stratejilerini ve politikalarını belirlemelerinin önemi vurgulanmıştır. Mimarlık disiplini için de sürdürülebilir yapı tasarım ölçütleri tüm boyutları ile tartışılmaya başlanmıştır.

Dünyada üretilen enerjiyi en büyük oranda tüketen yapı sektöründe, Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi ile malzemenin sürecin en başında doğru ve çevre dostu yapı ürünleri arasından seçilmesinin enerji tüketimi ve atık oluşumunda, kaynakların korunmasında ve doğal çevrenin daha az zarar görmesinde etkin bir yöntem olduğu anlaşılmıştır. Bu bağlamda sürdürülebilir yapı tasarım ölçütlerinin belirlenmesinde tasarımcının doğru malzeme seçimi, malzemenin hammaddesinin eldesi ile başlayan yapım öncesi aşamadan, atık olarak işlevini kaybettiği yapım sonrası aşamaya kadar beşikten beşiğe anlayışı ile yaşam döngüsü boyunca çevresel etkileri tartışılmıştır. Bu süreçte tasarımcılar; yapı malzemelerinin yaşam döngülerinde geçirdikleri işlemleri ve bu işlemlerin çevresel etkilerini bilmek ve çevre dostu yapı malzemesi seçiminde sorumlu oldukları kabul edilmiştir.

Değerlendirme

Sürdürülebilir yapı tasarım ölçütleri yapı ürünleri ve malzemeleri bağlamında ele alındığında, ekolojik dengeyi bozmayan ve gelecek kuşakları tehdit edecek unsurlar oluşturmayan ortam yaratmanın önemi büyüktür. YDD yöntemi; yapı ürünlerinin ve malzemelerinin sürdürülebilir çevreye uygunluğunu, yaşam döngüsü aşamaları ile inceleyerek değerlendiren bir yöntem olarak Dünyada yaygın biçimde kullanılmaktadır. Yapı ürünü ve yapı malzemesinin yaşam döngüsü hammaddelerinin edinimi, üretimi, yapıya uygulanması, kullanılması ve ürünün kullanımının sona ermesi ile geri dönüşümü ya da imha edilmesi gibi süreçleri içine alan bir döngüdür. Bu süreçte yapı ürünleri ve yapı malzemeleri, çevre ile dolaylı ya da doğrudan etkileşim halinde bulunmaktadır. Yapı ürünlerinin ve yapı

malzemelerinin döngüdeki çevreyle etkileşimini ayrıntılı incelemek, yapı malzemesi seçiminde doğru karar verilmesinde etkili olmaktadır. Bu seçim pek çok değişkeni içeren bir karar verme işlemidir. Yapının hizmet ömrü boyunca işlevini yerine getirebilecek olan yapı ürünü ve yapı malzemesi seçilirken kullanıcı istekleri, toplumsal, çevresel ve ekonomik vb. pek çok etken göz önünde bulundurulmaktadır. Ürünün sürdürülebilir çevreye uygunluğunu da bu etkenler arasına eklemek, ürün ve malzeme seçiminde bilinçli karar verilmesini sağlayacaktır. Çevrenin sürdürülebilirliğine;

• Canlıların çoğu için tek yaşam olanağı oluşturan güneş doğal kaynağından yapılarda en akılcı şekilde yararlanan,

- Yaşam döngüsünde bilinçli enerji kullanan,
- Hammadde kullanımını aza indiren,
- Geri dönüşüm ve yeniden kullanım işlemine uygun,
- Çevreye yaydığı katı atık ve kirlilik miktarı az olan,
- Çevreye en az düzeyde zarar veren ürün seçimi sayesinde katkıda bulunulabilir.

Yapı ürünü ve yapı malzemesinin diğer niteliklerine bakılmadan önce sürdürülebilir yapı tasarım ölçütlerine ve çevresel etkilerine göre yaşam döngüsünü incelemek, değerlendirmede olumsuz sonuç alanları ön eleme ile seçenekler arasından çıkarmak doğal çevrenin sürdürülebilirliği açısından atılacak önemli bir adımdır (Çelebi vd., 2008).

Yapı sektörünün en önemli aktörlerinden biri olarak mimarlar sürdürülebilir yapı tasarım ölçütlerine uygun, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına özen gösteren, enerji verimliliğini arttırmayı amaçlayan ve çevresel duyarlılığa sahip tasarımların üretilmesinden sorumludur. Bu kapsamda yapı sektörünün neden olduğu çevre sorunlarını azaltmak amacıyla işleve uygunluk, ekonomi ve estetik gibi ölçütlerin yanı sıra, çevreye duyarlı ve çevresel etkileri düşük yapı malzemelerinin seçilmesinde yarar görülmektedir (Dikmen ve Gültekin, 2012). Bu bağlamda çevre üzerinde olumsuz sonuçlar doğuran ve tüketilen enerjiden büyük ölçüde sorunlu olan yapı tasarımı sürdürülebilirlik kapsamında yeniden ele alınmalı, yapının ve yapı malzemelerinin yaşam döngüleri boyunca uzun vadeli bir süreçte değerlendirilmelidir.

Alüminyum kolay işlenebilmesi, hafifliği, yüksek mukavemeti, oksitlenme direnci, ışık ve ısı yansıtıcılığı, yüksek ısı ve elektrik iletkenliği, sıcak ve soğuk kolay şekillendirilebilmesi ve işlenebilirliği, korozyona dayanıklılığı, yüzey kalitesi, estetik özellikleri, çok az fire ile geri dönüştürülebilirliği, bu süreçlerde az enerji kullanması gibi

nedenlerle yapı sektöründe çeşitli amaçlarla kullanılan bir yapı malzemesidir. Alüminyum malzemenin üretim ve geri dönüştürülerek üretim evresinde insan sağlığına ve çevreye vereceği zararlar kontrol edilebilir ve düşük düzeydedir. Alüminyum malzeme ile üretilen yapı ürünlerinin hangi koşullarda, ne tür işlemlerden geçeceği ve bu işlemler sırasında hem malzeme üretiminde görevli kişi hem de malzemenin sağlıklı olabilmesi için uyması gereken kurallar standartlarda belirtilmektedir.

Alüminyum üretiminde en dikkat ve kontrol edilmesi gereken aşama; Şekil 3.3.'te aktarıldığı biçimde birincil alüminyumun alaşımlandırılarak dökülmesi aşamasında ortaya çıkan tehlikeli atıklar, ekstrüzyon, haddeleme işlemleri ile yarı ürün veya uç ürün üretim aşamasında ortaya çıkan kıvılcık çamur ve kullanım alanlarının belirlenip üretim yapılması aşamasında ortaya çıkan ise CO₂, SO₂, atık su ve proses atıklarının bertaraf edilmesi sürecidir. Bu aşamalarda tehlikeli atıkların ilgili yönetmelik ve standartlar çerçevesinde bertaraf edilmesi, atık suların toprağa, suya ve havaya salımlarının sorun oluşturmayacak biçimde kullanılması, teknoloji kullanarak CO₂ ve SO₂ salımlarının azaltılmasına dikkat edilmesi ve gerekli kontrollerin sağlanarak üretimin insan sağlığı ve ürün kalitesi açısından denetlenmesi gerekmektedir.

Alüminyum beslenme yolu ile insan vücuduna alındığında pek çok olumsuz durum oluşturmakta ve sağlığı bozmakta iken, üretim aşamasında dikkat edilmesi, standartlara uyulması durumunda yapı malzemesi olarak yaşam döngüsü boyunca insan sağlığını tehdit eden bir durum oluşturmamaktadır. Bundan başka alüminyum yapı malzemesi olarak üretiminde hammaddelerinin edinimi, üretimi, yapıya uygulanması, kullanılması ve ürünün kullanımının sona ermesi ile geri dönüşümü ya da imha edilmesi gibi süreçlerde az enerji harcamakta, %99 oranında geri dönüştürülebilmekte ve hafif olması nedeniyle kolay işçilik sağlamaktadır. Bu kapsamda alüminyum malzemenin yaşam döngüsü boyunca az enerji harcayan, çevre dostu, hizmet ömrü uzun, az bakım onarım gerektiren ve geri dönüşebilen özellikte olduğu söylenebilir (Dikmen ve Gültekin, 2012).

Günümüzde artan nüfus ve kentleşme çok katlı yapı üretimini beraberinde getirmektedir. Genellikle herhangi bir biçimde ve alüminyum veya çelik kullanılarak üretilen giydirme cephe çözümleri içeren bu yapılarda cephe malzemesi olarak Alüminyum ve cam malzemenin türevleri yaygın biçimde kullanılmaktadır. Seçilen alüminyum ve camın niteliği giydirme cephede istenilen konseptte göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bazı yapılarda cephe tasarımı mimari tasarımdan bağımsız da yürütülebilmektedir. Bu durum

kimi zaman yapı tasarımcısını cephe tasarımı üzerinde etkisiz kılmakta ve tasarım bütünlüğünü bozabilmektedir. Ayrıca farklı modüller ile renk ve yapısal özellikleri değişen alüminyum ve cam malzeme ile oluşan giydirme cephe; tasarımcı açısından mimari tasarım ilkeleri arasında olmazsa olmaz bir ölçüt olan estetik kaygıdan ve çevreden bağımsız biçimlenebilmektedir. Bu tür yapıların yaygınlaşması mimarlık eğitim sürecinde de alüminyum veya çelik ve cam malzeme türevleriyle oluşan cephelerin kullanılmasına ve mimarlık öğrencisinin cephe etüdünü bir çerçeve ve karolaj sistemine indirgemesine neden olabilmektedir.

Giydirme cephe malzemelerinin özelliklerine incelendiğinde farklı birçok malzemenin çeşitli şekillerde yapıya uygulandıkları görülmektedir. İç mekânda konforu sağlamak amacıyla dış cephe kabuğunda uygulanacak malzemelerin titizlikle seçilmesi, malzemelerin uygulama öncesi atölye ortamında test edilmesi, uygulama yapılacak olan malzemelerin nitelikli ve basınca dayanımlı olması, uygulamada detay ve ölçülendirmelerin hassasiyetle yapılması ve deformasyona izin verilmemesi sağlanmalıdır. Yapım öncesi, yapım ve yapım sonrası evrelerde, çıktılarıyla mevcut ekosisteme müdahale eden bir ürün olarak mimari yapının sürdürülebilirliğe katkısı azımsanmayacak derecede önemlidir. Yapı için seçilen arazinin ekonomik ve teknik verileri dikkate alınarak yoğunluk tespiti yapılmalı, sürdürülebilirlik kapsamında arazinin doğal özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Mimari üründe cephenin ara yüz tasarımındaki olumlu uygulamaların örnek alınarak ülkemizde de yaygınlaşması ve cephe ile çevresine, işlevine, kullanıcıya karşı sorumluluğunu yerine getiren mimari ürünler ortaya çıkarılmalıdır.

Sonuçlar

Günümüzde yapının algılanmasında daha önemli hale gelen cephenin; ekolojik, çevreyle uyumlu olması, sürdürülebilirlik kavramları yeni yapı cephelerinin tasarımında ve şekillenmesinde büyük rol oynamaktadır. Cephenin bağlamla kurduğu ilişkinin niteliği yapının cephesinde önemli bir belirleyici unsur olarak görülmektedir. Teknolojik gelişmelerle yapıda kullanılan dış cephe kaplamalarının kullanım amaçlarına uygun olacak ve estetik özelliklere yanıt verilebilecek şekilde çok sayıda cephe kaplama malzemesinin üretildiği gözlemlenmiştir.

Yapı sektöründe; diğer yapılardan farklı olarak yüksek katlı yapıların yaşam döngüleri boyunca daha fazla enerji ve kaynak kullanabileceği ve daha çok atık üretebileceği dikkate alındığında, yüksek katlı yapılarda verimlilik ve ekonomi sağlamak amacıyla

sürdürülebilir mimari tasarım ilkelerinin benimsenmesi önem kazanmaktadır. Günümüzde sürdürülebilir yapı tasarımında kullanılan malzemelerin, zaman geçtikçe artan bilinç ile zorunluluk haline gelen sürdürülebilir kavramının etkili olması önemsemektedir.

Öneriler

Yapı sektöründe yapı ürünü ve yapı malzemesi üretim sürecinde ihtiyaç duyulan enerjide yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı oldukça düşüktür. Yapı malzemelerinin üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttıracak politikaların ve teşviklerin uygulanması, üretim sürecinin iş sağlığı ve güvenliği ile ürün kalitesi açısından ayrı ayrı değerlendirilmesi önerilmektedir. Çağın metali olarak kabul edilen ve her geçen gün yapıda farklı amaçlarla kullanılan Alüminyum malzemenin geliştirilmesi, çevresel etkilerinin Çevresel Ürün Bildirgeleri ile duyurulması ve sürdürülebilir yapı malzemesi olarak çevre dostu alüminyumun üretim, uygulama, kullanım, geri dönüşüm ve atık süreçleri güncel bilgilerle belirli periyotlarda yeniden değerlendirilmelidir.

Alüminyum üretiminde yönetmeliklere ve standartlara uyulması ve üretimin çeşitli aşamalarında ortaya çıkan atıkların bertaraf edilmesi, toprağa, suya ve havaya salımlarının sorun oluşturmaması, teknoloji kullanarak CO₂ ve SO₂ salımlarının azaltılması ve gerekli kontrollerin sağlanarak üretimin insan sağlığı ve ürün kalitesi açısından belirli periyotlarda denetlenmesi önerilmektedir. Bu denetim alüminyum üretiminin kalitesini artırılması, insan sağlığı açısından uygun olmayan üretim yerlerinin faaliyet göstermemesi açısından önemli görülmektedir.

Yapı sektörü dışında da pek çok sektör tarafından kullanılan alüminyum malzemenin niteliklerini arttıracak, uygulama ve montaj kolaylığı sağlayacak detayların üretilmesi, alüminyumun yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini değerlendirecek ve atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesine yönelik akademik çalışmaların yaygınlaştırılması ve bu çalışmalarda üniversite-sanayi işbirliğinin sağlanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbood, A. (2016). *Yüksek Binalarda Teknolojinin Mimari Forma ve Yapı Sistemine Etkisinin Araştırması*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Konya.
- Akman, A. (1999). Ekolojik ve Biyolojik Yapı Uygulamaları, *Yapı Dergisi*, Sayı: 213: ss. 92-99.
- Akyürek, Y. (2001). Gelişim, Mimarlık ve Cam, *Ege Mimarlık Dergisi*, Mart, ss. 22-28.
- Al-Huthaifi, A. M. M. (2021). Yapı Sektöründe Uygulanan Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinde karşılaşılan Sorunlara Çözüm Önerileri, *MAS Journal of Applied Sciences*. Vol: 6. Issue: 1. pp. 94-210.
- Alsaç, Ü. (1991). Yapımda Camın Zaman Dizini, *İnşaat Dergisi Ekim*, s. 9.
- Altinkaya, T. (2004). Camın Yapısal Kullanımının Tarihsel Gelişimi, *Güncel Olanaklar ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimar Sinan Üniversitesi, İstanbul.
- Aluminium & Sustainability a Cradle to Cradle Approach. (2008). *The Council for Aluminium in Building*, UK.
- Alüminyumun İnsan Sağlığına Etkileri*,
(<http://tip.baskent.edu.tr/egitim/mezuniyetoncesi/calismagrp/ogrsmmpzsnm13/13.P1.pdf>). Erişim: 12 Kasım 2021.
- Arch 20, Willis Faber ve Dumas Genel Merkezi, <https://www.arch20.com/willis-faber-dumas-headquarters-fosters-partners/> Erişim: 10 Ekim 2021.
- Archdaily, (2009), Taipei 101 https://www.archdaily.com/40848/tapei-101-to-become-the-worlds-tallest-green-building/green-taipei-101-1?next_project=no Erişim: 24 Ekim 2021.
- Archdaily, (2010a). Seagram Building, AD Classics: Seagram Building / Mies van der Rohe <https://www.archdaily.com/59412/ad-classics-seagram-building-mies-van-der-rohe> Erişim: 24 Ekim 2021.

- Archdaily*, (2010b). Farnsworth Evi, <https://www.archdaily.com/59719/ad-classics-the-farnsworth-house-mies-van-der-rohe> Erişim: 23 Ekim 2021.
- Archdaily*, (2010c). şelale Evi. https://www.archdaily.com/60022/ad-classics-fallingwater-frank-lloyd-wright/5037dde628ba0d599b000091-ad-classics-fallingwater-frank-lloyd-wright-image?next_project=no Erişim: 25 Ekim 2021.
- Archdaily*, (2010d). Villa Savoye. <https://www.archdaily.com/84524/ad-classics-villa-savoye-le-corbusier/5037e69428ba0d599b00035d-ad-classics-villa-savoye-le-corbusier-image> Erişim: 06 Kasım 2021.
- Archdaily*, (2011). Barcelona Pavilion <https://www.archdaily.com/109135/ad-classics-barcelona-pavilion-mies-van-der-rohe/5037fe3d28ba0d599b0007e3-stringio-txt> Erişim: 12 Ekim 2021.
- Archdaily*, (2012a). CCTV Headquarters <https://www.archdaily.com/236175/cctv-headquarters-oma/50181f3528ba0d48240005e0-cctv-headquarters-oma-photo>,
(2012b). https://www.archdaily.com/236175/cctv-headquarters-oma/50181f6028ba0d48240005e9-cctv-headquarters-oma-photo?next_project=no
(2012c). https://www.archdaily.com/236175/cctv-headquarters-oma/50181f6528ba0d48240005ea-cctv-headquarters-oma-photo?next_project=no
Erişim: 03 Temmuz 2022.
- Archdaily*, The Crystal Palace, (2013). Erişim: 07 Kasım 2021, <https://www.archdaily.com/397949/ad-classic-the-crystal-palace-joseph-paxton>
- Archdaily*, (2015). Santiago Calatrava's Turning Torso <https://www.archdaily.com/771471/santiago-calatravas-turning-torso-wins-ctbuhs-10-year-award> Erişim: 12.12.2021.
- Archello*, Glass/Wood House, <https://archello.com/it/project/glass-wood-house> Erişim: 04 Ekim 2021.
- Archello*, Glass Wood Micro House <https://archello.com/project/glass-block-micro-house> Erişim: 12 Ekim 2021.
- Arkitektuel*, Petronas İkiz Kuleleri <https://www.arkitektuel.com/petronas/> Erişim: 15 Aralık 2021.

- Architizer, Louvre Müzesi, Grand Louvre Modernization
<https://architizer.com/projects/grand-louvre-modernization/> Erişim: 22 Aralık 2021.
- Architectuel, Maison Hermes. <https://www.arkitektuel.com/18-ikonik-magaza-tasarimi/rpbw1/> Erişim: 14 Ekim 2021.
- Arduç, F. (1996). *Mimaride Alüminyum*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Atalay, B. (2006). *Alüminyum Giydirme Cephe Sistem Seçiminde Uygulama Öncesi Süreç Analizi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Avlanmaz, E. (2001). *Cam Malzemenin Alışveriş Merkezlerinde Kullanımı ve İç Mekan Tasarımına Etkileri*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık anabilim Dalı, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.
- Ayaz, E. (2002). Sürdürülebilirlik ve Mimari dosyasında Yapılarda Sürdürülebilirlik Kriterlerinin Uygulanabilirliği, *Mimar.ist Dergisi*, Sayı: 6: ss. 72-74.
- Bachelard, G. (1996). *Mekanın Poetikası*, Kesit Yayıncılık, İstanbul.
- Bakar, C. ve Baba A. (2009). Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu. *1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı*.
- Bayhan, B. (2015). *Rihtimda Kesintisiz Manzara Keyfi için Rüzgâr Kırıcı Pavyonu*, <https://www.arkitera.com/haber/rihtimda-kesintisiz-manzara-keyfi-icin-ruzgar-kirici-pavyonu/> Erişim: 22 Ekim 2021.
- Bell, V.B. and Rand, P. (2006). *Materials for Architectural Design*, Laurence King Publishing, New York.
- Bohlin Cywinski Jackson, Apple Bilgisayar Showroom. <https://www.bcj.com/projects/retail/apple-store-fifth-avenue-new-york/> Erişim: 26 Ekim 2021.
- Bozlağan, R. (2005). Sürdürülebilir Gelişme Düşüncesinin Tarihsel Arka Planı, *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*. Sayı: 50, ss. 1011-1028.

- Burj Khalifa (2022). <https://www.webtekno.com/dunyanin-en-uzun-binası-burj-khalifa-h110132.html> Erişim Tarihi: 24.09.2022
- Button, D. and Pye, B. (1993). *Glass in Building*, Pilkington Glass. Butterworth Heinemann, Oxford.
- Collection of Aluminium From Buildings*. (2004). In Europe-a Study by Delft University of Technology, European Aluminium Association. <https://european-aluminium.eu/wp-content/uploads/2022/10/collection-of-aluminium-from-buildings-in-europe.pdf> Erişim Tarihi: 22.09.2022
- Compagno, A. (2002). *Intelligent Glass Façades*, Birkhäuser-Verlag, Basel.
- Conrads, U. (1991). 20. Yüzyıl Mimarisinde Program ve Manifestolar, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, Ankara.
- Çelebi G. (2003). Environmental Discourse and Conceptual Framework for Sustainable Architecture, *Gazi University Journal of Science*, Issue: 16(1), pp. 205-216. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/83258> Erişim Tarihi: 11 Kasım 2021.
- Çelebi G., Gültekin, A. B., Ulukavak, G., Bedir, M. ve Tereci, A. (2008); *Yapı Çevre İlişkileri*, TMMOB Mimarlar Odası Sürekli Mesleki Gelişim Merkezi Yayınları, (Derleyen: Yavuz, G.). Ankara.
- Çevre Yönetimi - Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi - İlkeler ve Çerçeve*. http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=37456 Erişim: 12 Kasım 2021.
- Demirkale, M. (2017). *Alüminyum Giydirme Cephe Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajlarının İrdelenmesi ve İstanbul'da Uygulanan Rezidans Örnekleri*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Haliç Üniversitesi, İstanbul.
- Dennis, P. and Ching, C. (2004). Structural Design of Taipei 101. *CTBUH Research Paper*.
- Dikmen, Ç. B., Gültekin, A. B. (2012). Sürdürülebilir Yapı Tasarımı Kapsamında Alüminyum Malzemenin Yapı Sektöründe Kullanımı ve Çevresel Etkileri. *İzmir Yaşar Üniversitesi Sürdürülebilir Yapı Tasarımı Ulusal Konferansı*, İzmir.

- Dilaver, D. (2005). *Yapı Ürünlerinin Çevre ile İlişkisi Kapsamında Çevre Dostu Üretimi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Dilaveroğlu, B. (2020). Evrensel ve Yerel Arasında Bir Okuma Denemesi; Modern Mimarlığın Beş İlkesi ve Corbusier Konutları. *Uluslararası Hukuk ve Sosyal Bilim Araştırmaları Dergisi UHUSBAD*, Cilt 2, Sayı 1, ss.88-97.
- Divisare, (2017). Maisons Jaoul, <https://divisare.com/projects/344381-le-corbusier-cemal-emen-maisons-jaoul> Erişim: 13 Ekim 2021.
- Ekim, D. (2004). *Sürdürülebilirlik Kavramı ve Mimari Form Üzerindeki Etkisi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul.
- Ekincioğlu, M. (2001). Barcelona Pavyonu: Modern'in Baştan Çıkarıcılığı, *Arredamento Mimarlık*, Sayı: 5, ss. 94-99.
- Eko Yapı Dergisi, (2017). Burj Khalifa: Çöl Çiçeğinden Gökyüzüne Yükselmek. <https://www.ekoyapidergisi.org/burj-khalifa-col-ciceginden-gokyuzune-yukselmek> Erişim: 20 Ekim 2021.
- Erdoğan, H. K. (2007). *Yüksek Yapılarda Kullanılan Cephe Sistemlerinin Analizi ve İstanbul'daki Örnekler Üzerine Bir Araştırma*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Haliç Üniversitesi, İstanbul.
- Eriç, M. (1994). *Yapı Fiziği ve Malzemesi*, Literatür Yayınları, İstanbul.
- Eroğlu, G. ve Şahiner, M. (2018). *Dünyada ve Türkiye'de Alüminyum*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/img/10Aluminyum.pdf> Erişim: 12 Aralık 2021.
- Erturan, B. (2010). *Akıllı Cephe Tasarım İlkeleri ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.
- Foster, M. (1989). *The Principles of Architecture*, Mallard Press, Washington, USA.

Foster and Partners, (1997). Commerzbank Headquarters, <https://www.fosterandpartners.com/projects/commerzbank-headquarters/> Erişim: 03 şubat 2022.

Frisch, D. and Frisch, S. (1998). *Metal Design and Fabrication*, Watson-Guptill Publications, New York.

Gedik, Y. (2020). Sosyal, Ekonomik ve Çevresel Boyutlarla Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma, *International Journal of Economics, Politics, Humanities & Social Sciences*, Sayı: 3 (3), ss. 196-215.

Google Görseller, Galerie d'Orléans. <http://informations-documents.com/environnement/coppermine15x/displayimage.php?pid=41824> Erişim: 08 Ekim 2021.

Google Görseller, Galerie des Machines, <https://structurae.net/fr/ouvrages/galerie-des-machines> Erişim: 23 Ekim 2022.

Google Görseller, Glass Skyscraper, [https://www.google.com/search?q=mies+van+der+rohe+glass+skyscraper&biw=1528&bih=656&sxsrf=](https://www.google.com/search?q=mies+van+der+rohe+glass+skyscraper&biw=1528&bih=656&sxsrf=Erişim: 09 Ekim 2021.)

Google Görseller, Hallidie Building, Structural Engineers Association (2018). <https://legacy.seaonc.org/structure/hallidie-building/> Erişim: 12 Ekim 2021.

Google Görseller, Maya Akar Center, [https://www.google.com/search?q=maya%20akar%20center%20foto%C4%9Fraflar&tbm=isch&hl=tr&sa=X&ved=](https://www.google.com/search?q=maya%20akar%20center%20foto%C4%9Fraflar&tbm=isch&hl=tr&sa=X&ved=Erişim: 12 Mart 2021.)

Google Görseller, Metrocity AVM, <https://archives.saltresearch.org/handle/123456789/204679> Erişim: 12 Mart 2021.

Google Görseller, Sürdürülebilir Kalkınmanın Üçlü Yapısı, İstanbul Sanayi Odası Sürdürülebilirlik Vizyonu, <https://www.iso.org.tr/surdurulebilirlik/> Erişim: 25 Mart 2022.

Google Görseller, Tekfen Tower, https://www.google.com/search?q=Tekfen+Tower+&tbm=isch&ved=2ahUKEwikx8eY9_38AhWqybsIHeyDCQIQ2-,cCegQIABAA&oq=,

B.<https://www.google.com/search?q=Tekfen+Tower+&tbm=> Erişim: 28 Eylül 2022.

Gonçalves, M. (2016). Decoding Designers Inspiration Process, Delft University of Technology, Master Thesis, https://www.researchgate.net/publication/297724070_Decoding_designers%27_inspiration_process/figures?lo=1 Erişim Tarihi: 22.02.2022

Göltekin, A. B., şentürk, H., Çelebi, G. (2007). Yapı Malzemelerinin evresel Etkilerinin Bazı Normlar Bağlamında İrdelenmesi. *Tasarım Dergisi*. Sayı: 170. ss.120-122.

Gür, V. (2001). *Hafif Giydirme Cephe Sistemlerinin Analiz ve Değerlendirilmesi İçin Bir Model*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Gür, V. (2007). *Mimaride Sürdürülebilirlik Kapsamında Değişken Yapı Kabukları İçin Bir Tasarım Destek Sistemi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Güvenli, Ö. (2006). *Tarihsel Süreç İçinde Malzeme Cephe İlişkisi ve Giydirme Cepheler*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

International Union of Architects-UIA. (1993). *World Congress of Architects*, Chicago. <https://www.uia-architectes.org/en/> Erişim: 12 Ekim 2021

International Aluminium Institute, (2010). <https://international-aluminium.org/> Erişim: 12 Ekim 2021

İnşaat Sektöründe Alüminyum. (2007). Alüminyum Sistemleri Uygulama Derneği, Bursa.

Jacquemin, L. Pontalier, P.Y. and Sablayrolles, C. (2012). Life Cycle Assessment (LCA) Applied to the Process Industry: A Review, Springer, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Issue: 17, 1028–1041 <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-012-0432-9#auth-Leslie-Jacquemin> Erişim: 02 Ekim 2022

- Jeanneret, P. (1991). Le Corbusier/ Pierre Jeanneret: Yeni Bir Mimarlığa Doğru Beş Nokta, In U. Conrads (Ed.), 20. Yüzyıl Mimarisinde Program ve Manifestolar, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, pp. 169-197, İstanbul.
- Kahraman, İ. (2002). *Cam Malzemenin Türleri, Özellikleri ve Sınıflandırılması*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık anabilim Dalı, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Kamavaram, V., Mantha, D. and Reddy, R.G., (2005). Recycling of Aluminum Metal Matrix Composite Using Ionic Liquids: Effect of Process Variables on Current Efficiency and Deposit Characteristics, *Electrochimica Acta*, Issue: 50, pp. 3286-3295.
- Kapucu, B. (2006). Kengo Kuma, *Natura Dergisi*, Sayı: 12, ss. 46-47.
- Karabey, H. (2002). Sürdürülebilirlik ve Mimarın Sorumluluğu, *Mimarist*, Sayı: 6, ss. 64-66.
- Kasaplar, G. (2007). *Alüminyum Yüzeyindeki Oksit Tabakasının Okzalik Asit Anodizing Yöntemiyle Geliştirilmesi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Kazanasmaz, T. ve Diler, Y. (2011). Gelişmiş Cam Teknolojileri ile Enerji Etkinliğinin Değerlendirilmesi, VI. *Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, ss. 84-93, İzmir.
- Kılıç, N. (2003). *Bol ve Kullanışlı Bir Madde: Alüminyum*, A&G Bülten Araştırma ve Meslekleri Geliştirme Müdürlüğü.
- Lakot, E. (2007). *Ekolojik ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarisindeki Yeri ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- LUCAS Civil and Structural Engineering, Konsollu Cam Gölgelek. <https://www.lusas.com/case/civil/cantilevered.html> Erişim: 09 Ekim 2021.

- Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (2018). *Dünyada ve Türkiye’de Alüminyum Araştırma Raporu*, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/aluminyum.pdf> (Erişim Tarihi: 25 Aralık 2021)
- McDonough, W. and Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*.
- Mimdap, (2007). Parc De La Villette, <http://mimdap.org/2007/01/parc-de-la-villette/>
- Orsini, F., Kahane, R., Nono-Womdim, (2013). Urban Agriculture in the Developing World: *A Review Agron. Sustain. Dev.* 33, pp. 695-720.
- Öztürk, M. (2005). *Kullanılmış Alüminyum Malzemelerin Geri Kazanılması*, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Raymond, M. (1961). *Glass in Architecture and Decoration*, the Architectural Press, London, U.K.
- Reina Sofia Ulusal Sanat Müzesi. https://stringfixer.com/tr/Reina_Sofia_Museum Erişim: 15 Ekim 2021.
- Savcı, S. ve Dikmen, Ç. B. (2015). İnşaat Malzemelerinde Geri Dönüşüm Kaynağı Olarak Cam Malzemelerin Yeniden Kullanımı. *2nd International Sustainable Building Sempodium*. pp. 694-697.
- Schmandt, J. and Ward, C.H. (2000). *Part:1 Challenge and Response*. J. Schmandt, C.H. Ward, M. Hastings (eds.). *Sustainable Development: The Challenge of Transition*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sebestyen, G. (2003). *New Architecture and Technology*, Architectural Press, Oxford.
- Sienkiewicz, M., Küçükbiçmen, E. ve Altın, F. (2006). *Mimari Mekânda Cam Kullanımı*, Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Cam Bölümü, Eskişehir.
- Strange, T. ve Bayley, A. (2008). *Sustainable Development: Linking Economy, Society and Environment*. Paris, France: OECD Publications.
- Sürdürülebilirliğin Boyutları <https://www.girisimhaberleri.com/surdurulebilirlik-icin-kurumlarin-yaptigi-calismalar/> Erişim: 24 Ekim 2021.

- Süzer, Ö. (2020). Sürdürülebilir Mimarlığın Sosyo-Kültürel Boyutu Bağlamında İzmir Ticaret Odası Genel Merkez Binasının Değerlendirilmesi. *Ege Mimarlık*. Sayı: 106, ss. 50-56. İzmir.
- Tayfur M., Ünlüoğlu, İ. ve Bener, Ö. (2002). *Alüminyum ve Sağlık, Gıda Dergisi*, Cilt: 27, Sayı: 4, ss. 305-309. Ankara.
- Taygun, G. (2005). *Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Bir Model Önerisi*, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Tönük, S. (2001). *Bina Tasarımında Ekoloji*, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, İstanbul.
- TALSAD, (2021). Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği, Alüminyum Sektörü <https://www.aso.org.tr/wp-content/uploads/2017/09/17.pdf> Erişim: 12 Kasım 2021.
- Türkiye Demir ve Demir Dışı Metaller Meclisi Raporu, (2020) (yıl) <https://www.tobb.org.tr/Documents/yayinlar/2021/demir21.pdf> Erişim Tarihi: 11 Kasım 2021.
- Türköz, K. ve Utkulu, U. (2020). Türkiye’de Sektör-Kaynak Bazında Enerji Yapısının Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Analizi, *Balıkesir University the Journal of Social Sciences Institute*, 23 (43). ss. 141-157. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1226244> Erişim Tarihi: 06 Şubat 2021.
- United Nations (2019). *World Urbanization Prospects 2018: Highlights* New York: UN.
- Uygun, V. (2012). *Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Cephe Sistemlerinin İncelenmesi (Yurt İçi ve Yurt Dışı Örneklerle)*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Haliç Üniversitesi, İstanbul.
- Walsh, C. J. (2002). *Construction Related Sustainability Performance Indicators: Theory, Methodolgy & Initial Application*, Sustainable Design International Ltd., Dublin, Ireland.
- Wigginton, M. (1996). *Glass in Architecture*, Phaidon Press Ltd., London.

Yazıcıoğlu, D. A. (2010). Alüminyumun Geri Dönüşüm Maddesi Olarak İnşaat Sektöründe Etkin Kullanımı, *2nd ISBS Uluslararası Sürdürülebilir Binalar Sempozyumu*, Ankara.

Yılmaz, G. ve Marşoğlu Algur, H. (2021). Sürdürülebilir Kaynak Yönetiminin Değerlendirilmesinde Döngüsel Yaşam Örneği: Findhorn Ekoköy'ü, *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, Sayı: 10(1), ss. 174-184.

