

**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI MALZEMELERİNİN
MİMARİ TASARIMDAKİ ROLÜ**

Yusuf ÇINAR

Danışman: Prof. Dr. Sevim ATEŞ CAN

BURDUR, 2023

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca **Yüksek Lisans** Tezi olarak sunduğum “**Sürdürülebilir Yapı Malzemelerinin Mimari Tasarımdaki Rolü**” başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

01/07/2023

Yusuf ÇINAR

ÖNSÖZ

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Sevim ATEŞ CAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatımın her aşamasında beni her anlamda destekleyen aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Temmuz, 2023

Yusuf ÇINAR



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ivii
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Sürdürülebilirlik Kavramı	1
1.2. Sürdürülebilir Kalkınma Çalışmaları	5
1.2.1. Ekolojik Ayak İzi	5
1.2.2. Dünya Limit Aşım Günü	7
1.3. Sürdürülebilirliğin Boyutları	13
1.3.1. Ekonomik Sürdürülebilirlik	14
1.3.2. Toplumsal Sürdürülebilirlik	14
1.3.3. Çevresel Sürdürülebilirlik	15
2. GENEL BİLGİLER	16
2.1. Sürdürülebilir Mimari	16
2.2. Sürdürülebilir Mimari Tasarım Süreci	16
2.3. Sürdürülebilir Mimarının Faydaları	18
2.4. Sürdürülebilir Yapı	19
2.4.1. Sürdürülebilir Yapıların Yaşam Süreci	19
2.4.2. Sürdürülebilir Yapıların Özellikleri	21
2.5. Sürdürülebilir Mimari ile İlgili Standartlar ve Yasal Düzenlemeler	22
2.5.1. Uluslararası Standartlar Organizasyonu (International Organization for Standardization; ISO)	22
2.5.2. Avrupa Standartlar Komitesi (European Committee for Standardization; CEN)	23
2.5.3. Alman Standartlar Enstitüsü (Deutsches Institut für Normung e. V.; DIN)	24
2.5.4. Türk Standartları Enstitüsü (Turkish Standards Institute; TSE)	25
2.5.5. Çevre Kanunu	25
2.5.6. Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği (ÇED)	26
2.5.7. Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği	27
2.5.8. Enerji Verimliliği Kanunu	27
2.5.9. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği	28
2.5.10. Enerji Kimlik Belgesi (EKB)	28
2.5.11. Yapı Malzemeleri Yönetmeliği	32
2.5.12. Binalar ile Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Yönetmeliği	32
2.6. Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri	32
2.6.1. Sürdürülebilir Yapı Malzemelerinin Özellikleri	34
2.6.2. Sürdürülebilir Yapı Malzemelerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi	35
2.7. Sürdürülebilir Yapı Malzemelerinin Yaşam Döngüsü Süreci	37
2.7.1. Yapım Öncesi Evre	38
2.7.2. Yapım ve Kullanım Evresi	42
2.7.3. Yapım Sonrası Evre	43

2.8. Yapı Malzemeleri Açısından Sürdürülebilir Yapı Sertifikalarının İncelenmesi	46
2.8.1. ÇEDBİK B.E.S.T- Konut Sertifikası	49
2.8.2. Ulusal Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemi (Sürdürülebilir Enerji Etkin Binalar; SEEB-TR)	50
2.8.3. LEED (Leadership in Energy & Environmental Design- Enerji ve Çevre Tasarımda Liderlik).....	51
2.8.4. BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method- Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Metodu).....	53
2.8.5. Green Star (Yeşil Yıldız).....	55
2.8.6. CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency- Yapılı Çevre Verimliliği için Kapsamlı Değerlendirme Sistemi)	57
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	59
3.1. Materyal	59
3.2. Yöntem.....	60
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	61
4.1.1. Düşük Oluşum Enerjisine Sahip Biyo-Bazlı Malzemelerden Üretilen Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri.....	62
4.1.2. Patlatılmış Görünüm Ötesinde Bina (The Exploded View Beyond Building)	64
4.1.2.1. Mantarlar ve bakterilerden üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri.....	67
4.1.2.2. Yaşayan malzemelerden (canlı bitkiler) üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri.....	68
4.1.2.3. Yiyecek atıklarından üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri.....	70
4.1.2.4. Suda yaşayan organizmalardan üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri.....	72
4.1.2.5. Kanalizasyon atıklarından üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri	74
4.1.2.6. Toprakta üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri	75
4.1.2.7. Bitkilerden üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri	76
4.1.3. Miselyumdan Üretilen Yapı Malzemeleri	78
4.1.3.1. Büyüyen Pavilyon (The Growing Pavilion)	79
4.2. Geri Dönüştürülmüş Malzemelerden Üretilen Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri	83
4.2.1. Döngüsel Pavilyon (Pavillon Circulaire).....	85
4.2.2. Geri Dönüşüm Evi (Recycling House)	89
4.3. Yerel Doğal Kaynaklardan Üretilen Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri.....	93
4.3.1. Kenevir.....	95
4.3.1.1. Düz Ev (Flat House)	96
4.3.2. Kerpiç.....	100
4.3.2.1. Marakeş Yves Saint Laurent Müzesi (Marrakech Yves Saint Laurent Museum)	102
4.3.2.2. Kadiovacık Biyoevi	105
4.3.3. Sıkıştırılmış Toprak.....	108
4.3.3.1. Batı Avustralya Seddi (The Great Wall of WA).....	111
4.3.4. Bambu.....	114
4.3.4.1. Panyaden Uluslararası Okulu (Panyaden International School).....	116
4.3.5. Saman.....	119
4.3.5.1. Kumul Evi (The Dune House)	121
4.3.5.2. İznik Melih Bey Saman Evi.....	124
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	126
KAYNAKLAR.....	130

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Gro Harlem Brundtland'ın el yazısı ile sürdürülebilir kalkınma kavramının tanımı.....	3
Şekil 1.2. Sürdürülebilir kalkınma için küresel amaçlar.....	4
Şekil 1.3. Ekolojik ayak izlerinin bileşenleri.....	6
Şekil 1.4. Kişi başına düşen ekolojik ayak izi ve biyolojik kapasite miktarı karşılaştırması.....	7
Şekil 1.5. Yıllara göre limit aşım günü tarihleri.....	8
Şekil 1.6. Yıllara göre limit aşım ayları.....	9
Şekil 1.7. 2022 yılı ülke limit aşım günleri.....	10
Şekil 1.8. 2022 yılı kaynak tüketim miktarı.....	11
Şekil 1.9. 2022 yılı Dünya limit aşım günü kampanya afişi.....	12
Şekil 1.10. Sürdürülebilirliğin üç boyutu.....	13
Şekil 1.11. Sürdürülebilir gelişmenin üç kurucu parçasının venn şeması.....	13
Şekil 2.1. Sürdürülebilir yapı yaşam süreci modeli.....	19
Şekil 2.2. Uluslararası Standartlar Organizasyonu logosu.....	23
Şekil 2.3. Avrupa Standartlar Komitesi logosu.....	24
Şekil 2.4. Alman Standartlar Enstitüsü logosu.....	24
Şekil 2.5. Türk Standartları Enstitüsü logosu.....	25
Şekil 2.6. ÇED yönetmeliği kapsamında verilen ÇED kararlarının yıllara göre dağılımı.....	26
Şekil 2.7. Enerji kimlik belgesi birinci sayfası.....	29
Şekil 2.8. Enerji kimlik belgesi ikinci sayfası.....	30
Şekil 2.9. Enerji kimlik belgesi üçüncü sayfası.....	31
Şekil 2.10. Sürdürülebilir yapı malzemelerinin yaşam döngüsü.....	366
Şekil 2.11. Sürdürülebilir yapı malzemelerin yaşam döngüsü içerisinde sistem düzeyleri.....	37
Şekil 2.12. Sürdürülebilir yapı malzemelerinin yaşam döngüsü.....	38
Şekil 2.13. Sürdürülebilir yapı malzemelerinin yapı öncesi evre süreçleri.....	39
Şekil 2.14. Taşıyıcı sistem malzemelerinin sürdürülebilirlik karşılaştırması.....	41
Şekil 2.15. Sürdürülebilir yapı malzemelerinin yapım ve kullanım evresi.....	42
Şekil 2.16. Sürdürülebilir yapı malzemelerinin yapım sonrası evre.....	43

Şekil 2.17. B.E.S.T- Konut sertifika seviyeleri	49
Şekil 2.18. Ulusal Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemi logosu	50
Şekil 2.19. LEED sertifika seviyeleri	52
Şekil 2.20. BREEAM logosu	55
Şekil 2.21. BREEAM sertifikası	55
Şekil 2.22. Green Star logosu	56
Şekil 2.23. CASBEE logosu	577
Şekil 2.24. CASBEE sertifikası	58
Şekil 4.1. Patlatılmış Görünüm Ötesinde Bina	64
Şekil 4.2. Patlatılmış Görünüm Ötesinde Bina'nın maketi.....	65
Şekil 4.3. Mantarlar ve bakterilerden üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri.....	68
Şekil 4.4. Yeşil çatı katmanları	69
Şekil 4.5. Yaşayan malzemelerden (canlı bitkiler) üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri	70
Şekil 4.6. Yiyecek atıklarından üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri	71
Şekil 4.7. Suda yaşayan organizmalardan üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri	73
Şekil 4.8. Yapı su tesisatı şeması	74
Şekil 4.9. Kanalizasyon atıklarından üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri	75
Şekil 4.10. Toprakdan üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri	76
Şekil 4.11. Bitkilerden üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri	77
Şekil 4.12. Miselyum büyüme süreci.....	78
Şekil 4.13. Büyüyen Pavilyon iç mekanı	79
Şekil 4.14. Büyüyen Pavilyon görselleri.....	80
Şekil 4.15. Büyüyen Pavilyon yapı elemanları	81
Şekil 4.16. Yapı malzemelerinin geri dönüşüm süreci.....	83
Şekil 4.17. Döngüsel Pavilyon.....	85
Şekil 4.18. Döngüsel Pavilyon yapısında kullanılan geri dönüşüm malzemeleri.....	86
Şekil 4.19. Döngüsel Pavilyon renderları	86
Şekil 4.20. Döngüsel Pavilyon teknik çizimleri	86
Şekil 4.21. Döngüsel Pavilyon görselleri.....	87
Şekil 4.22. Geri Dönüşüm Evi	89
Şekil 4.23. Geri Dönüşüm Evi görselleri ve teknik çizimleri	90
Şekil 4.24. Geri Dönüşüm Evi teknik çizimleri	91
Şekil 4.25. Kenevir bitkisi büyüme süreci	95

Şekil 4.26. Düz Ev	97
Şekil 4.27. Düz Ev görselleri	97
Şekil 4.28. Kenevir panel yerleştirme süreci	98
Şekil 4.29. Kenevir panel yerleştirme modeli.....	98
Şekil 4.30. Kerpiç tuğla üretim aşamaları.....	100
Şekil 4.31. Kerpiç ev yapı hasarları	101
Şekil 4.32. Marakeş Yves Saint Laurent Müzesi görselleri ve teknik çizimleri	103
Şekil 4.33. Kadıovacık Biyoevi	105
Şekil 4.34. Kadıovacık Biyoevi kerpiç duvar imalatı ve teknik çizimi	105
Şekil 4.35. Kadıovacık Biyoevi görselleri ve teknik çizimleri	106
Şekil 4.36. Sıkıştırılmış toprak duvar	108
Şekil 4.37. Sıkıştırılmış toprak duvar imalat süreci	110
Şekil 4.38. Batı Avustralya Seddi yeşil çatı kesiti	111
Şekil 4.39. Batı Avustralya Seddi görselleri	112
Şekil 4.40. Moso Bambu.....	114
Şekil 4.41. Panyaden Uluslararası Okulu görselleri	117
Şekil 4.42. Saman Duvar	119
Şekil 4.43. Kumul Evi Planı	121
Şekil 4.44. Kumul Evi görselleri	122
Şekil 4.45. İznik Melih Bey Saman Evi görselleri.....	124

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. İnşaat sektörünün kaynak tüketiminin yüzdesel payları	33
Çizelge 2.2. İnşaat sektörünün çevre kirliliğine etkilerinin yüzdesel payları	33
Çizelge 2.3. Genel yapı malzemelerinin oluşum enerjileri.....	40
Çizelge 2.4. Yapı Malzemelerinin geri dönüştürülmesi.....	44
Çizelge 2.5. Yapı malzemelerinin geri dönüştürülmesi	45
Çizelge 2.6. Ülkelere göre kullanılan sürdürülebilir yapı sertifikaları	47
Çizelge 2.7. ÇEDBİK B.E.S.T- Konut Sertifikası değerlendirme kriterleri ve puanlama sistemi.....	49
Çizelge 2.8. LEED puanlama sistemi	52
Çizelge 2.9. BREEAM puanlama sistemi.....	54
Çizelge 2.10. Green Star puanlama sistemi	56
Çizelge 2.11. CASBEE puanlama sistemi	57
Çizelge 4.1. Sürdürülebilir yapı malzemeleri	61
Çizelge 4.2. Biyo-bazlı yapı malzemelerinin incelenmesi.....	63
Çizelge 4.3. Patlatılmış Görünüm Ötesinde Bina yapı malzemeleri analizi.....	66
Çizelge 4.4. Düşük oluşum enerjisine sahip biyo-bazlı malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri	67
Çizelge 4.5. Miselyum yapı malzemelerinin incelenmesi	79
Çizelge 4.6. Büyüyen Pavilyon yapı malzemeleri analizi	82
Çizelge 4.7. Geri dönüştürülmüş malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemelerinin incelenmesi.....	84
Çizelge 4.8. Döngüsel Pavilyon yapı malzemeleri analizi	88
Çizelge 4.9. Geri Dönüşüm Evi yapı malzemeleri analizi.....	92
Çizelge 4.10. Yerel doğal kaynaklardan üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri incelenmesi.....	94
Çizelge 4.11. Kenevir malzemesinin incelenmesi	96
Çizelge 4.12. Düz Ev yapı malzemeleri analizi	99
Çizelge 4.13. Kerpiç malzemenin incelenmesi.....	101
Çizelge 4.14. Marakeş Yves Saint Laurent Müzesi yapı malzemeleri analizi	104
Çizelge 4.15. Kadiovacık Biyoevi yapı malzemeleri analizi.....	107
Çizelge 4.16. Sıkıştırılmış toprak malzemenin incelenmesi.....	109

Çizelge 4.17. Batı Avustralya Seddi yapı malzemeleri analizi	113
Çizelge 4.18. Bambu malzemenin incelenmesi	115
Çizelge 4.19. Panyaden Uluslararası Okulu yapı malzemeleri analizi	118
Çizelge 4.20. Saman malzemenin incelenmesi.....	120
Çizelge 4.21. Kum Evi yapı malzemeleri analizi	123
Çizelge 4.22. İznik Melih Bey Saman Evi yapı malzemeleri analizi	125



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	:Avrupa Birliği
ABD	:Amerika Birleşik Devletleri
BAE	:Birleşik Arap Emirlikleri
BM	:Birleşmiş Milletler
BREEAM	:Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Metodu (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)
CASBEE	:Yapılı Çevre Verimliliği için Kapsamlı Değerlendirme Sistemi (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency)
CEN	:Avrupa Standartlar Komitesi (European Committee for Standardization; CEN)
CO₂	:Karbondiyoksit
ÇED	:Çevresel Etki Değerlendirmesi
DDT	:Dikloro Difenil Trikloroetan
DIN	:Alman Standartlar Enstitüsü (Deutsches Institut für Normung e. V.)
GBCA	:Avustralya Yeşil Bina Konseyi (Australian Green Building Council)
GFN	: Küresel Ayak İzi Ağı (Global Footprint Network)
GSYİH	:Gayri safı yurt içi hasıla
ISO	:Uluslararası Standart Organizasyonu (International Organization for Standardization)
JSBC	:Japonya Sürdürülebilir Bina Konsorsiyumu (Japan Sustainable Building Consortium)
LEED	:Enerji ve Çevre Tasarımda Liderlik (Leadership in Energy & Environmental Design)
m²	:metrekare
MW	:Moment Büyüklüğü
O₂	:Oksijen
SBTool	:Sürdürülebilir Yapı Aracı (Sustainable Building Tool)
SETAC	:Çevresel Toksikoloji ve Kimya Topluluğu (The Society of Environmental Toxicology and Chemistry)
TSE	:Türk Standartları Enstitüsü
USGBC	:ABD Yeşil Bina Konseyi (The U. S. Green Building Council;)

WCED	:BM Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (World Commission on Environment and Development)
WSSD	:Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi (World Summit on Sustainable Development)
WWF	:Doğal Hayatı Koruma Vakfı (World Wide Fund for Nature)
YBE	:Yapı Biyolojisi ve Ekolojisi Enstitüsü
YDD	:Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Sürdürülebilir Yapı Malzemelerinin Mimari Tasarımdaki Rolü

Yusuf ÇINAR

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sevim ATEŞ CAN

Temmuz, 2023

Günümüzde insanların neden olduğu çevresel, toplumsal ve ekonomik sorunlara ortak çözümler üretmek için sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilirlik kavramı kapsamında ulusal ve uluslararası düzeyde yürütülen ortak çalışmalarda insanları üretim ve tüketim konusunda bilinçlendirmek amacıyla bazı kampanyalar, standartlar ve yasal düzenlemeler yapılmıştır. Bu yasal düzenlemelerin çoğu inşaat sektörü için yapılmıştır. Bunun nedeni ise inşaat sektörünün, doğal kaynakların ve enerjinin büyük bir bölümünü kullanması ve sektörler arasında çevreye ve insan sağlığına en çok zarar veren sektör olmasıdır. Bu yasal düzenlemeler ve ortak çalışmalar sonucunda inşaat sektöründe sürdürülebilirlik kavramının yapı tasarımına etkisiyle birlikte sürdürülebilir yapılar inşa edilmeye başlanmıştır. Sürdürülebilir yapılar tasarlanırken yapının yaşam süresi boyunca çevreye verdiği zarar en aza indirilmeye çalışılarak doğa ile uyumlu tasarımlar oluşturulması amaçlanmaktadır. Çevreye verilen zararı en aza indirmeyi sağlayan etkenlerden biri de yapılarda sürdürülebilir yapı malzemesi kullanılmasıdır.

Bu çalışmada sürdürülebilirlik kavramı, sürdürülebilir mimari, sürdürülebilir yapı malzemelerinin özellikleri, yaşam döngüsü süreçleri, sürdürülebilir yapı sertifikalandırma sistemleri ve sürdürülebilir yapı malzemelerinin binalarda kullanımı hakkında genel bilgiler verilmektedir. Daha sonra, sürdürülebilir yapı malzemeleri, düşük oluşum enerjisine sahip biyo-bazlı malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri, geri dönüştürülmüş malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri, yerel doğal kaynaklardan üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri olmak üzere üç başlıkta incelenmektedir. Ardından sürdürülebilir yapı malzemelerinin mimari tasarımdaki rolünün anlaşılması ve tasarımcılar, araştırmacılar ve öğrenciler için farkındalık yaratılması amacıyla malzeme ve yapım teknikleri açısından öncü ve özgün tasarımlara sahip sürdürülebilir yapı örnekleri irdelenmiştir. Son olarak tez kapsamında yürütülen çalışmalar sonucunda elde edilen bilgiler değerlendirilerek günümüz koşullarında inşaat sektöründe sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanımına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: mimari tasarım, sürdürülebilir mimari, sürdürülebilirlik, sürdürülebilir yapı malzemeleri

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

The Role of Sustainable Building Materials in Architectural Design

Yusuf ÇINAR

**Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Architecture**

Supervisor: Prof. Dr. Sevim ATEŞ CAN

July, 2023

Today, the concept of sustainability has emerged to produce common solutions to environmental, social and economic problems caused by people. Within the scope of the concept of sustainability, some campaigns, standards and legal regulations have been made in order to raise awareness of people on production and consumption in the joint works carried out at national and international level. Most of the legal regulations have been made for the construction industry. The reason for this is that the construction sector uses a large part of natural resources and energy and it is the sector that causes the most damage to the environment and human health among the sectors. As a result of these legal regulations and joint studies, sustainable buildings have been started to be built with the effect of the concept of sustainability on building design in the construction sector. While designing sustainable buildings, it is aimed to create designs that are compatible with nature by trying to minimize the damage to the environment during the life of the building. One of the factors that minimizes the damage to the environment is the use of sustainable building materials in buildings.

In this study, general information is given about the concept of sustainability, sustainable architecture, the properties of sustainable building materials, life cycle processes, sustainable building certification systems, and the use of sustainable building materials in buildings. Then, sustainable building materials are examined under three headings: sustainable building materials produced from bio-based materials with low formation energy, sustainable building materials produced from recycled materials and sustainable building materials produced from local natural resources. Then, sustainable building examples with pioneering and original designs in terms of materials and construction techniques were examined in order to understand the role of sustainable building materials in architectural design and to raise awareness for designers, researchers and students. Finally, the information obtained as a result of the studies carried out within the scope of the thesis was evaluated and suggestions were made for the use of sustainable building materials in the construction sector in today's conditions.

Keywords: architectural design, sustainable architecture, sustainability, sustainable building materials

1. GİRİŞ

1.1. Sürdürülebilirlik Kavramı

İnsanlığın varoluşundan günümüze kadar yaşam içerisinde sosyal, kültürel, sanatsal, ekonomik, siyasal, toplumsal vb. olaylar gerçekleşmiştir. Her toplum bu süreçte içinde bulunduğu doğal ve yapay çevreye bilinçsizce zararlar vermiştir. Oluşan bu çevre tahribatını azaltmak ve ortaya çıkardığı sorunları çözmek için sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkmıştır.

Sürdürülebilirlik kavramı, sürdürmek kökünden türemiştir. Türk Dil Kurumu Türkçe Sözlüğü'nde sürdürmek, “bir durumun, bir şeyin sürmesini, olmasını sağlamak” olarak tanımlanmaktadır. Sürdürülebilirlik, ekosistemdeki düzeni bozmadan ve gelecek nesillerin kaynaklarına zarar vermeden insan yaşamının ihtiyaçlarını karşılamak olarak tanımlanabilir.

Bir şeyin sürdürülebilir olarak tanımlanabilmesi için günümüzde var olması ve gelecekte kullanılabilmesi için kendini yenileyebilmesi gerekmektedir. Buradan hareketle sürdürülebilirlik kavramı, ekonomik, sosyal ve çevresel denge içinde işleyen ve sürdürülebilir dünya ekosistemi için yürütülen faaliyetlerdir. Bu faaliyetler sadece içinde yaşadığımız toplumu değil, bizden sonra gelecek toplumları da ilgilendirmektedir.

Sürdürülebilirlik kavramının ilk ne zaman ortaya çıktığına dair kesin bir görüş yoktur. Bazı araştırmacılar, sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkışının Orta Çağ'a ve hatta eski Yunan mitolojisine kadar uzandığını belirtmektedir.

1800'lü yıllarda sürdürülebilirlik kavramı ormancılık sektöründe karşımıza çıkmaktadır. Almanya'nın Baden Bölgesi'ndeki Kara Ormanları'nın tahribatını önlemek için kanunlar çıkarılmıştır. Bu kanunlarda, ormanlarda planlı ağaç kesimi ile ihtiyacın karşılanması ve geriye kalan ağaçlık alanların rekreasyon alanı olarak kullanılması, su ihtiyacının karşılanması, rüzgârın şiddetini önlemesi gibi işlevler için korunması ve bir sonraki nesile hizmet etmesi için aktarılmasından bahsedilmektedir (Bozdoğan, 2005).

1950'li yıllarda “azami sürdürülebilir ürün” sloganıyla balıkçılık sektöründe bilinçsiz, düzensiz ve fazla avlanma faaliyetlerinin önlenmesi ve su ekosistemini korumak amacıyla sürdürülebilirlik çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

1962 yılında ise ekolojik hareketin öncülerinden bilim insanı Rachel Carson “Sessiz Bahar” kitabını yayımlanmıştır. Kitapta böcek ilacı olarak yaygın kullanıma başlanılan DDT (Dikloro Difenil Trikloroetan)'nin çevreye ve insanlara zararından bahsedilmiştir. İnsanların kendi çıkarları doğrultusunda doğada olmayan kimyasallar

üretmek kullanmasının gelecekte doğada dengesizlikler oluşturabileceğini ön görülmüştür (Carson, 1962).

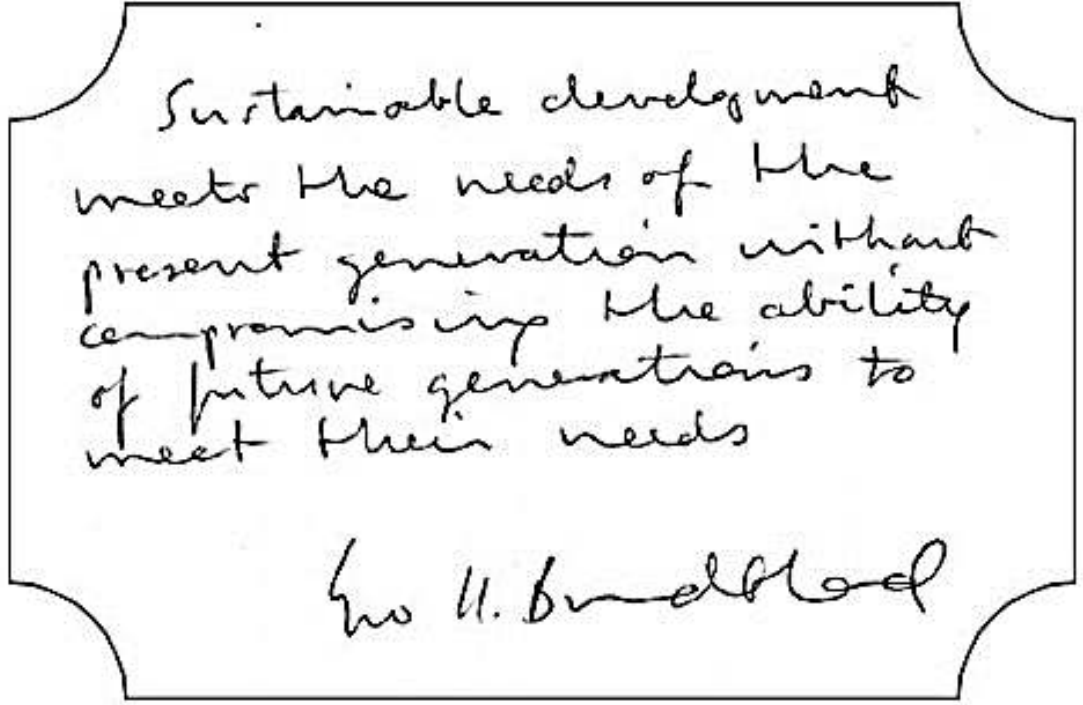
İnsan nüfusunun hızla artması nedeniyle ihtiyaçları karşılamak için üretim miktarı ve hammadde tüketimi artmıştır. Üretim ve tüketim faaliyetlerinde en büyük dönüm noktası 18. yüzyılda Avrupa’da başlayan Sanayi Devrimi ile yaşanmıştır. Dünyadaki kaynakların bilinçsizce kullanılmaya başlandığı bu dönemde insanların bilinçsizce tüketmesi ile bilinçsiz üretim süreci başlamıştır. Artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için sanayi bölgeleri oluşturulmuştur. Sanayileşme beraberinde yeni sorunları da getirmiştir. Bunlar çarpık ve düzensiz şehirleşme, çevre kirliliği, gelecek nesillere aktarılacak sınırlı ve azalan kaynaklar, küresel ısınma sonucu oluşan iklim sorunlarıdır. Geçmişten günümüze, insanlığın çevre üzerindeki olumsuz etkileri sonucunda sürdürülebilirlik kavramı popülerliğini artırmaktadır. Doğa ve insan arasındaki ilişkilerin dengesi bozulunca çevre kirliliği gözle görülebilir bir boyut kazanmıştır. Çevre kirliliği, insanın yaşam kalitesinin düşmesine, hatta insanın sağlığına zarar verir boyuta gelene kadar önemsenmemiştir.

Ortaya çıkan bu sorunlara çözüm bulmak amacıyla 20. yüzyılda sürdürülebilirlik ile ilgili çeşitli ulusal ve uluslararası çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. 1960’lı yıllarda çevre kirliliğinin önlenmesi için çalışmalar başlatılmış, 1970’li yıllarda tüm dünyada yaşanan petrol kriziyle birlikte mevcut doğal kaynaklara alternatif olarak kullanılacak kaynaklar aranmaya başlanmasıyla hız kazanmıştır.

1972 yılında İsveç’in başkenti Stockholm’de yapılan Birleşmiş Milletler Çevre Konferansı’nda “İnsan ve Çevresi” adında bir bildiri yayımlanmıştır. Böylelikle birçok ülke ilk defa “çevre” başlıklı ortak bir çalışma gerçekleştirmiştir (Çoban vd., 2012).

1987 yılında BM Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) tarafından “Ortak Geleceğimiz” başlıklı Brundtland Raporu yayımlanmıştır ve “sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma” kavramları hayatımıza girmiştir (Kavaz ve Öztoprak, 2019).

Bu rapor, çalışmaları ve komisyona başkanlık yapması nedeniyle Norveç Başbakanı Gro Harlem Brundtland’ın soyadıyla yayımlanmıştır. Komisyon Başkanı Brundtland sürdürülebilirlik kavramını “Bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılayan kalkınma” olarak tanımlamıştır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Gro Harlem Brundtland'ın el yazısı ile sürdürülebilir kalkınma kavramının tanımı (Keiner, 2005)

Bir sonraki çalışma, 1992 yılında Brezilya'nın Rio de Janeiro kentinde 178 ülkenin katılımıyla düzenlenen BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'dır. Bu konferans sonucunda sürdürülebilir kalkınmaya ilişkin Gündem 21 (Agenda 21), Rio Bildirisi ile Orman İlkeleri yayımlanmıştır. Böylece sürdürülebilirlik kavramı uluslararası alanda kabul görmüş ve bu konuyla alakalı çalışmalar hız kazanmıştır.

2000 yılında Birleşmiş Milletler'e üye 189 ülkenin katılımıyla Birleşmiş Milletler Milenyum Zirvesi düzenlenmiştir. Zirve sonunda sürdürülebilir kalkınma ve çevre, Afrika'da yaşayan insanların temel ihtiyaçları ve dünya barışı konularını kapsayan Milenyum Bildirgesi yayımlanmıştır. Bu bildirinin ardından bireylerin temel ihtiyaçlarını karşılaması ve bu konuda eşit haklara sahip olması gerektiği için çeşitli kampanyalar başlatılmıştır.

Bir sonraki etkinlik olan Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Zirvesi (WSSD) 2002 yılında Güney Afrika'nın Johannesburg kentinde düzenlenmiştir. 1992 Rio Konferansı sonrası destekleyici gelişmeler ve sürdürülebilirlik konusunda ülkelerin geldiği nokta gözden geçirilmiştir (Gökçe vd., 2018).

Aradan geçen yılların ardından BM Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı (Rio+20) 2012 yılında, 1992 Rio Konferansı'nın 20. yıl dönümünde ve 2002 Dünya Sürdürülebilir

Kalkınma Zirvesi'nin 10. yıl dönümünde Rio de Janeiro'da düzenlenmiştir. Görüşmeler sonucunda "İstediğimiz gelecek" (The Future We Want) adlı bildiri yayımlanmıştır.

Bildiride, 21. yüzyılın başlarında artan çevre sorunlarına karşı sürdürülebilirlik konusunda bir yol haritası ve alınacak önlemler yer almıştır. Görüşmelerde katılımcı ülkeler varılacak olan hedefleri ve yol haritasını gerçekçi bulmadıkları için ortak bir mutabakata varılamamış ve her ülke kendi hedefleri doğrultusunda ilerleyeceklerini taahhüt etmiştir.

2000 yılında düzenlenen ve 2015 yılında sona eren Milenyum Zirvesi'nde kararlaştırılan Milenyum Kalkınma Hedefleri yerine, 2015 yılında BM Genel Kurulu, 2030 yılına kadar devam edecek sürdürülebilir kalkınma hedeflerini içeren Dünyamızı Dönüştürmek: 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi'ni (Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development) kabul etmiştir. Sürdürülebilir Kalkınmayı hedefleyen 2030 Gündemi'nde, iklim sorunları, su kıtlığı ve beraberinde ortaya çıkan kuraklık, gelir düzeyindeki adaletsizlik ve açlık gibi insan yaşamını doğrudan etkileyen problemlerin bireysel olarak çözilemeyeceği, yapılacak olan çalışmaların toplumsal olarak gerçekleştirilmesi konusunda karar alınmıştır (Gedik, 2020). Bu kapsamda temel 17 evrensel hedef ve 169 amaç ortaya konmuştur (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Sürdürülebilir kalkınma için küresel amaçlar (Birleşmiş Milletler, 2019)

1.2. Sürdürülebilir Kalkınma Çalışmaları

Artan nüfusla birlikte sanayileşme, kentleşme ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak bilinçsiz tüketim artmaktadır. Bu nedenle üretimde kullanılan doğal kaynakların ve enerjinin gelecek nesillere aktarılabilmesi için sürdürülebilir kalkınma çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalar çevresel, toplumsal ve ekonomik sürdürülebilirlik kalkınma başlıkları altında yürütülmektedir. Küresel iklim değişikliği, ozon tabakasının incelmesi, havada, suda ve toprakta bulunan kaynakların azalması ve kirlenmesi, ham maddenin azalması nedeniyle fiyatların yükselmesi, hızlı nüfus artışı, ekosistemdeki biyoçeşitliliğin dengesinin bozulması gibi sorunları ele alarak çözüm yolu aranmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda çevreye verilen zararı ve bilinçsiz tüketimi daha iyi anlayabilmek için Ekolojik Ayak İzi ve Dünya Limit Aşım Günü kavramları ortaya çıkmıştır.

1.2.1. Ekolojik Ayak İzi

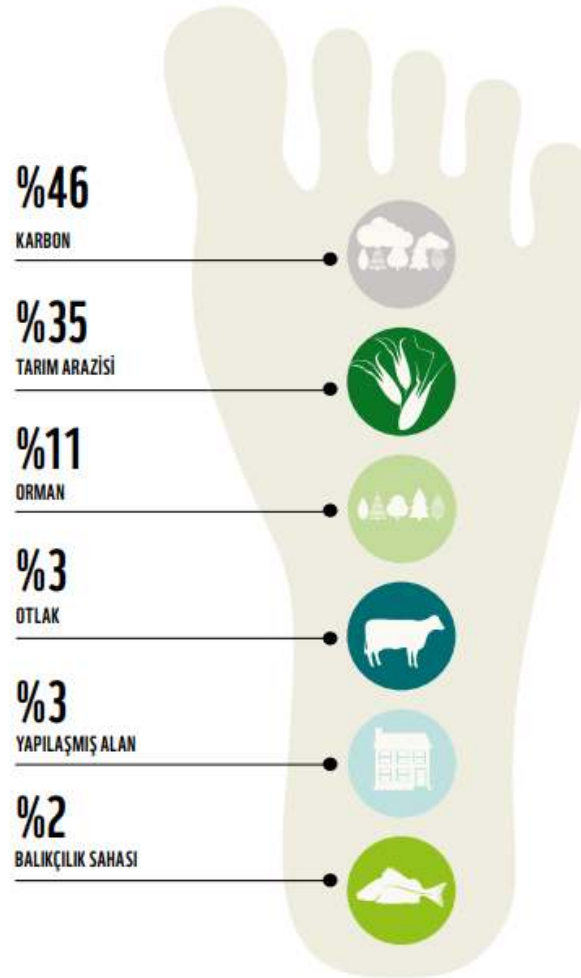
Ekolojik Ayak İzi kavramı, 1992 yılında Mathis Wackernagel ve William Rees'in ortak çalışmaları sonucunda ortaya çıkarılmış ekolojik muhasebe ölçütüdür. Bu çalışmalarda ekolojik ayak izi ile sürdürülebilir kalkınma arasındaki ilişki, hesaplama yöntemleri geliştirilerek açıklanmaktadır. Ekolojik ayak izi, insanın, toplumun ya da faaliyetlerin ihtiyaçlarını gidermek için tükettiği kaynakların yeniden üretilmesi ve tüketim sonrası açığa çıkan atıkların yok edilmesi için gereken biyolojik alanın, tüketim miktarı ve nüfus ile çarpılması ile elde edilir. Ekolojik ayak izi “ha” ile gösterilmektedir.

Bir alanın tüketilen kaynakları yeniden üretme kapasitesine biyolojik kapasite denir. Biyolojik kapasite de “ha” ile gösterilmektedir. Seçilen alan içerisindeki tarım arazisi, balıkçılık ve otlak sahası, orman alanının toprak ve su verimliliği biyolojik kapasiteyi etkilemektedir. İnsanlar ağaçların kesilmesi, aşırı avlanma, fazla karbon emisyonu salınımı gibi nedenlerden dolayı ekolojik kapasiteyi aşmaktadırlar (Küçükköse, 2022).

Ekolojik ayak izi altı bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; karbon ayak izi, tarımsal arazi ayak izi, orman ayak izi, yapılandırılmış alan ayak izi, balıkçılık sahası ayak izi ve otlak alan ayak izidir (Özsoy ve Dinç, 2016).

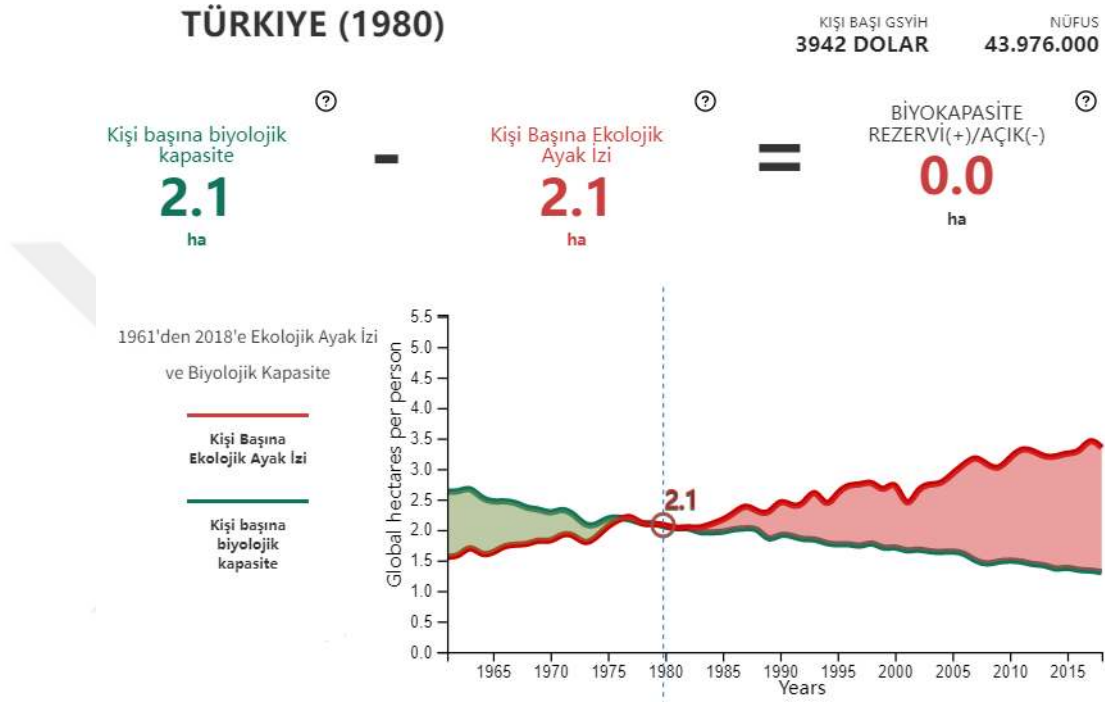
- Karbon ayak izi, bir kişi, ülke veya kuruluşun faaliyetleri sonucunda açığa çıkan sera gazlarındaki karbondioksit miktarının ölçüsüdür. Ulaşım, sanayi, elektrik, petrol ve geri dönüşüm sektörlerinin faaliyetleri karbon ayak izini doğrudan etkiler.

- Tarımsal arazi ayak izi, insan hayatında beslenme için gerekli olan sebze, meyve ve yağ miktarları ile giydirme için gerekli olan pamuk, lif, keten gibi hammadde ihtiyaçlarının miktarlarının bölgedeki tarım arazileri ile karşılaştırılmasıdır.
- Orman ayak izi, kâğıt, odun, odun vb. orman ürünü ihtiyacını karşılamak için ihtiyaç duyulan orman arazilerinin mevcut orman arazileri toplamı ile karşılaştırılmasıdır.
- Yapılandırılmış alan ayak izi, insanların barınma ihtiyaçlarını karşılamak ve günlük faaliyetlerini yürütmek için ihtiyaç duydukları altyapı ve üstyapının kapsadığı alanların dünyanın yüzölçümü ile karşılaştırılmasıdır.
- Balıkçılık sahası ayak izi, tatlı ve tuzlu sularda yakalanan balık miktarının, talebi karşılamak için gerekli olan su alanı ile karşılaştırılmasıdır.
- Otlak alan ayak izi, et, süt, yün, deri gibi hayvansal ürünler elde etmek için yetiştirilen hayvanların gerek duyduğu yem miktarının ve yaşam alanının bölgedeki otlak alan ile karşılaştırılmasıdır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Ekolojik ayak izlerinin bileşenleri (Ekolojist, 2023)

Dünyanın farklı bölgeleri için toplam ve kişi başına düşen ekolojik ayak izi miktarları ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Çevre sorunları küresel bir etki yaratsa da ülke bazında hesaplamalar yapılmakta ve böylece her ülke kendi sürdürülebilir kalkınma stratejisini geliştirmektedir. Küresel ayak izi ağı (Global Footprint Network; GFN)'nın verilerine göre, Türkiye'de 1980'den bu yana kişi başına düşen ekolojik ayak izi, kişi başına düşen biyolojik kapasiteden fazladır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Kişi başına düşen ekolojik ayak izi ve biyolojik kapasite miktarı karşılaştırması (Global Footprint Network, 2019)

1.2.2. Dünya Limit Aşım Günü

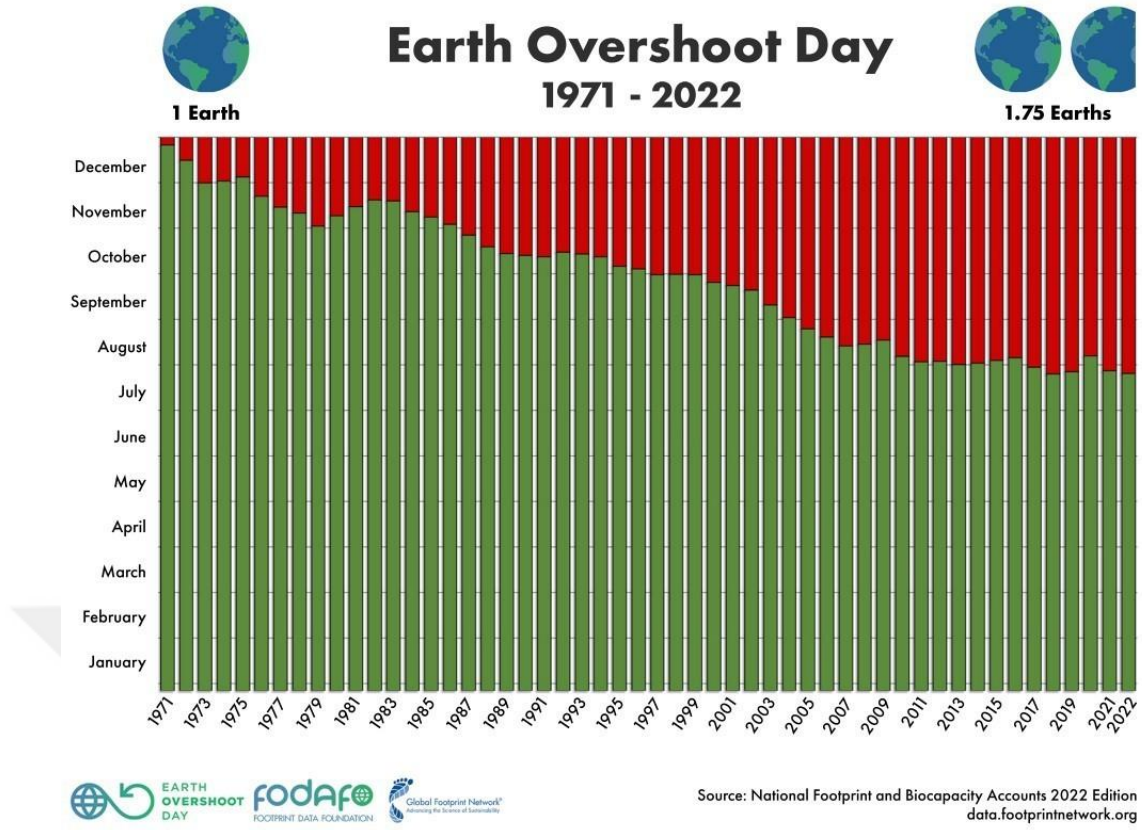
Tarihsel süreçte yapılan tüm çalışmaların önemini arttırmak ve sorunun boyutunu daha anlaşılır kılmak adına 2006 yılında Küresel Ayak İzi Ağı (Global Footprint Network) tarafından Dünya Limit Aşımı Günü kavramı oluşturulmuştur. 2007 yılından itibaren Doğal Hayatı Koruma Vakfı (WWF)'da bu çalışmaları desteklemeye başlamıştır. Dünya Limit Aşım Günü (Earth Overshoot Day), dünyanın bize sunduğu 1 yıllık doğal kaynakları düzensiz ve bilinçsiz tüketim sonucunda daha erken tarihte bitirdiğimiz gün olarak ifade edilmektedir. Kişilerin kısa sürede aşırı tüketiminin sonucunda limit aşılmaktadır. Limitin aşıldığı günden itibaren tüketilen kaynaklar gelecekte kullanılması gereken kaynaklardır. Yani bizler limit aşım gününden sonra gelecek nesillere aktarmamız gereken kaynakları tüketmekteyiz.

Küresel Ayak İzi Ağı, limit aşım gününü hesaplamak için öncelikle dünyanın biyolojik kapasitesini ve insanlığın ekolojik ayak izini hesaplar. Daha sonra dünyanın 1 yıl boyunca kullanabileceğimiz biyolojik kapasitesi ekolojik ayak izine bölünüp, bir yıldaki gün sayısı 365 ile çarpılarak bulunur.

Küresel Ayak İzi Ağı tarafından dünya limit aşım günü, 1971 yılından günümüze kadar hesaplanmıştır. Şekil 1.5'teki verilere göre 1971'den 2022'ye kadar geçen 51 yılda limit aşım günü sürekli öne gelerek toplamda 149 gün öne gelmiştir. Son yıllarda istisna olarak 2019 yılında başlayan ve 2020 yılında küresel sorun boyutuna ulaşan Covid-19 pandemi dönemi örnek verilebilir. Pandemi kısıtlamaları nedeniyle insan faaliyetleri azalmış ve buna bağlı olarak ekolojik ayak izinde azalma görülmüştür. 2019 yılında 18 Temmuz olarak hesaplanan limit aşım günü 2020 yılında 36 gün ilerleyerek 22 Ağustos olarak belirlenmiştir (Şekil 1.5). Fakat bu ilerleme pandeminin son bulması ve kısıtlamaların kalkması nedeniyle kısa sürmüştür. Pandeminin ardından iklim sorunlarının artması ve Ukrayna-Rusya Savaşı nedeniyle 2021 yılında 30 Temmuz, 2022 yılında ise 28 Temmuz olarak hesaplanan limit aşım günlerinde tekrardan gerileme gözlemlenmiştir (Şekil 1.6).

1971 24 ARALIK	1984 11 KASIM	1997 1 EKİM	2010 8 AĞUSTOS
1972 14 ARALIK	1985 8 KASIM	1998 1 EKİM	2011 4 AĞUSTOS
1973 1 ARALIK	1986 3 KASIM	1999 1 EKİM	2012 4 AĞUSTOS
1974 2 ARALIK	1987 27 EKİM	2000 25 EYLÜL	2013 3 AĞUSTOS
1975 4 ARALIK	1988 18 EKİM	2001 24 EYLÜL	2014 4 AĞUSTOS
1976 21 KASIM	1989 15 EKİM	2002 21 EYLÜL	2015 5 AĞUSTOS
1977 15 KASIM	1990 14 EKİM	2003 11 EYLÜL	2016 6 AĞUSTOS
1978 11 KASIM	1991 13 EKİM	2004 2 EYLÜL	2017 1 AĞUSTOS
1979 2 KASIM	1992 15 EKİM	2005 26 AĞUSTOS	2018 28 TEMMUZ
1980 8 KASIM	1993 15 EKİM	2006 21 AĞUSTOS	2019 28 TEMMUZ
1981 15 KASIM	1994 12 EKİM	2007 15 AĞUSTOS	2020 22 AĞUSTOS
1982 19 KASIM	1995 7 EKİM	2008 15 AĞUSTOS	2021 30 TEMMUZ
1983 19 KASIM	1996 4 EKİM	2009 19 AĞUSTOS	2022 28 TEMMUZ

Şekil 1.5. Yıllara göre limit aşım günü tarihleri (Global Footprint Network, 2023a)

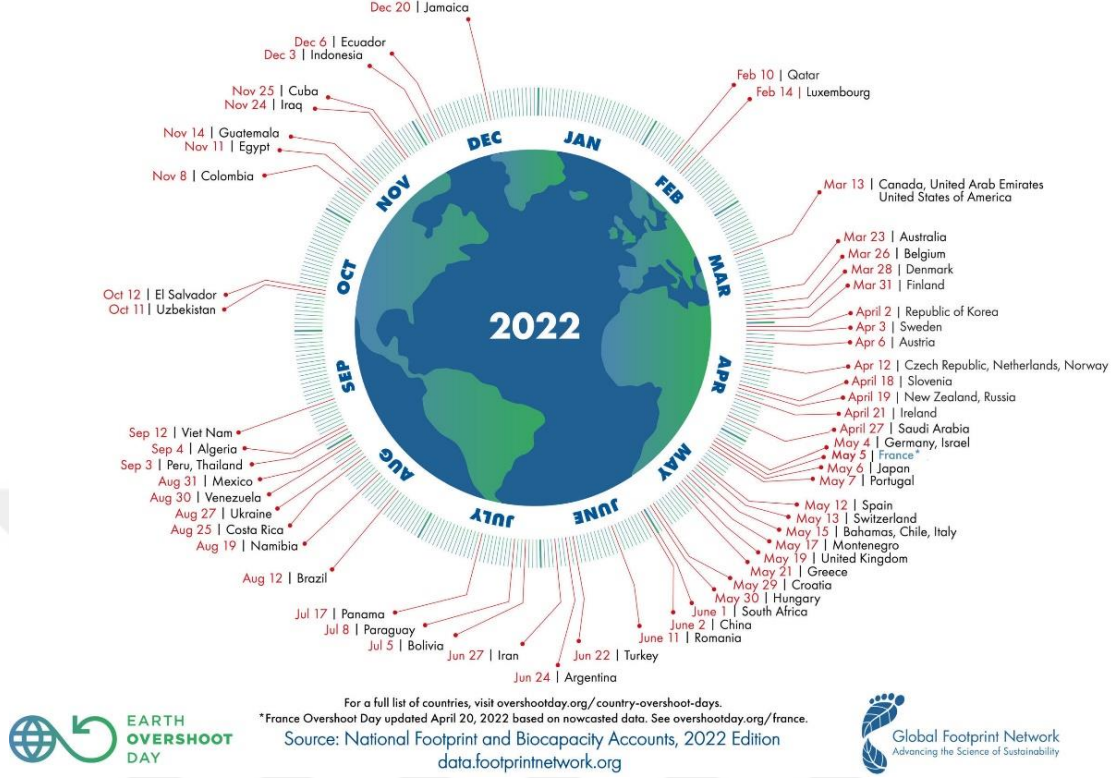


Şekil 1.6. Yıllara göre limit aşım ayları (Global Footprint Network, 2023b)

Bugüne kadar yapılan hesaplamalar dünyadaki ortalama verilere göre yapılmıştır. 2022 yılında farklı olarak her ülke için ayrı ayrı hesaplamalar yapılarak bir rapor yayımlanmıştır. Bu raporda 188 ülke içerisinde yalnızca 50 ülkenin limit aşım gününün olmadığı kaydedilmiştir. Limit aşım günü olmayan ülkelerde kaynak miktarı tüketime ya eşit ya da fazla olarak belirlenmiştir. 2022 yılındaki rapora göre limit aşım gününe en kısa sürede ulaşan ülke Katar olmuştur. Bunda 2022 Dünya Kupası'nın Katar'da yapılmış olması ve ülkenin üretim miktarının az olması etkili olmuştur. Katar'ı Lüksemburg takip etmektedir. Bu iki ülkenin ilk sıralarda yer almasının nedeni olarak nüfusa oranla doğal kaynakların ve üretim miktarının yetersiz olduğu söylenebilir. Kanada, Amerika, Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) gibi sanayinin ve teknolojinin ileride olduğu bunula birlikte üretim miktarının ve nüfusun fazla olduğu ülkeler listede ilk sırada yer almaktadır (Seçme, 2019). Türkiye ise listenin orta sırasında 22 Haziran'da limiti aşmıştır. Dünya ülkelerinin veri ortalaması 28 Temmuz'a göre kaynakları 37 gün daha önce hızlı kullanmıştır (Şekil 1.7).

Country Overshoot Days 2022

When would Earth Overshoot Day land if the world's population lived like...



Şekil 1.7. 2022 yılı ülke limit aşım günleri (Global Footprint Network, 2023c)

2022 yılındaki verilere göre dünyadaki 1 yıllık kaynak miktarından %75 daha fazla tüketim gerçekleştirilmiştir. Buna göre, 2022 yılında toplam 1.75 dünyamız varmış gibi tüketim gerçekleştirilmiştir (Şekil 1.8). Kısa zaman içerisinde önlem alınmazsa bu oranın 2030 yılında 1,9 seviyesine ulaşılacağı hesaplanmıştır. Bu yüzden ulusal ve uluslararası bazı önlemlerin alınması gerektiği bir kez daha anlaşılmıştır.

Limit aşım gününün geri bir tarihe gelmesi için alınabilecek önlemlere;

- Gıda israfının önlenmesi,
- Gereksiz ve aşırı kullanılan enerji miktarının azaltılması,
- Üretimi ve geri dönüşümü zor olan malzemelerin tercih edilmemesi,
- Gıdaların uygun saklama koşullarına göre saklanması,
- Yiyecek ve içeceklerin son kullanma tarihinden önce kullanılması,
- Yüksek performans ve verimliliğe sahip makine ve aletlerin kullanılması örnek olarak verilebilir.



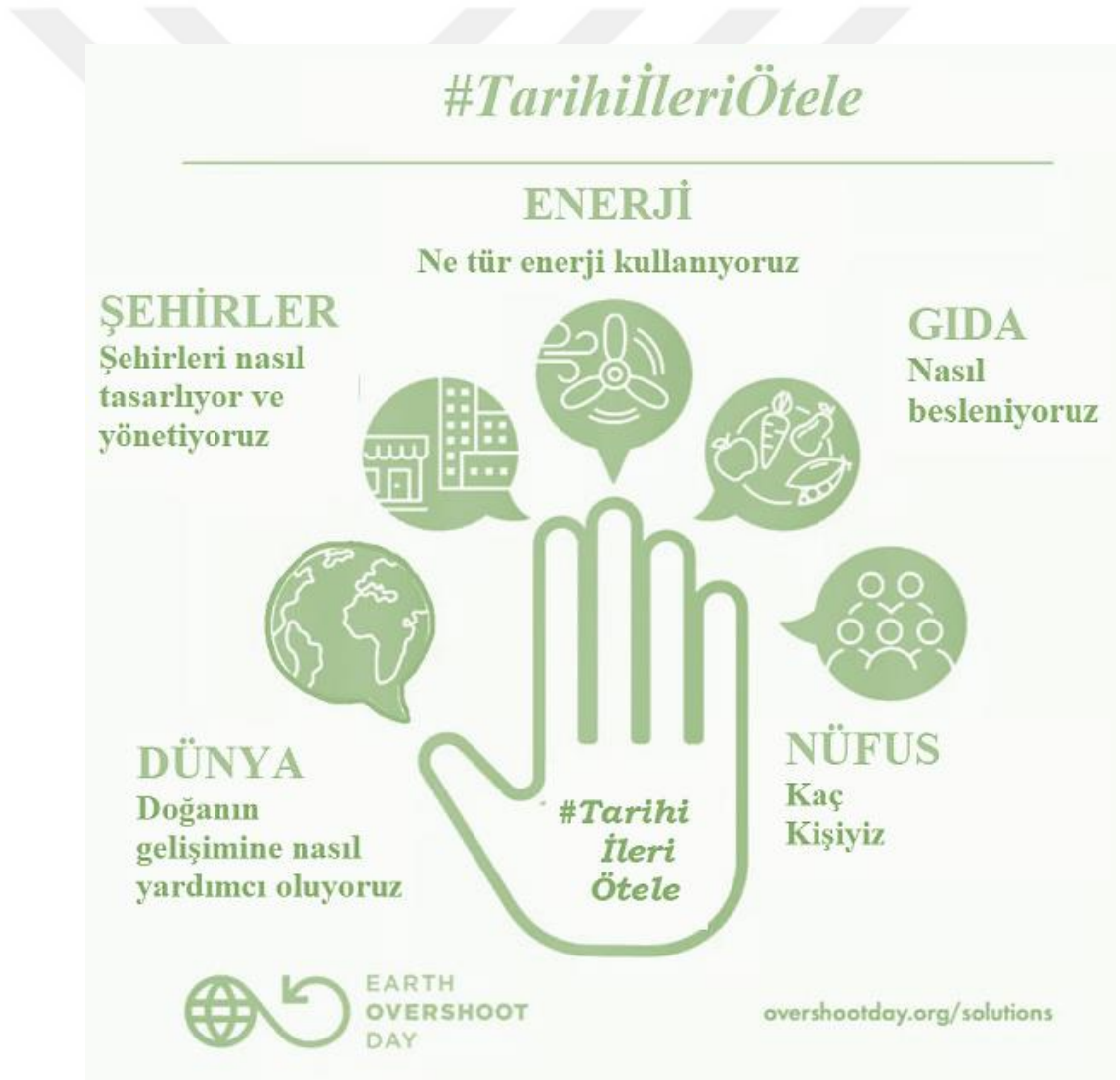
Şekil 1.8. 2022 yılı kaynak tüketim miktarı (WWF, 2023)

Küresel Ayak İzi Ağı limit aşım günlerini ileri tarihe erteleyebilmek ve çevresel sürdürülebilirlik için dünya genelinde “#Tarihleri İleri Ötele (#MoveTheDate)” kampanyasını başlatmıştır (Şekil 1.9). Bu kampanya, 5 temel başlık altında değişim yürütmeyi hedeflemektedir. Bu başlıklar dünya, şehirler, enerji, gıda ve nüfustur.

Bu başlıklar altında;

- Ulaşımında hibrit araçların ya da elektrikli araçların tercih edilmesi,
- Eğer tek başına yolculuk yapılacaksa özel araç yerine toplu taşıma, bisiklet ya da yürüyüş tercih edilmesi,
- Yeşil alanların arttırılması,
- Fosil yakıtlar yerine güneş, rüzgâr, jeotermal vb. yollardan elektrik üreten sürdürülebilir enerjinin tercih edilmesi,
- Yapılarda ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemlerinde aktif sistemler yerine pasif sistemlerin tercih edilmesi,
- Kentsel aydınlatma sistemlerinde tasarruflu aydınlatma elemanlarının tercih edilmesi,
- Atmosfere ve ozon tabakasına zarar verebilecek gazların filtrelenmesi,
- Nüfusun şehirlere eşit dağılımının sağlanması,
- Plastik, metal, elektronik gibi doğada çözünmesi yüzyıllar alan atıkların geri dönüştürülmesi,

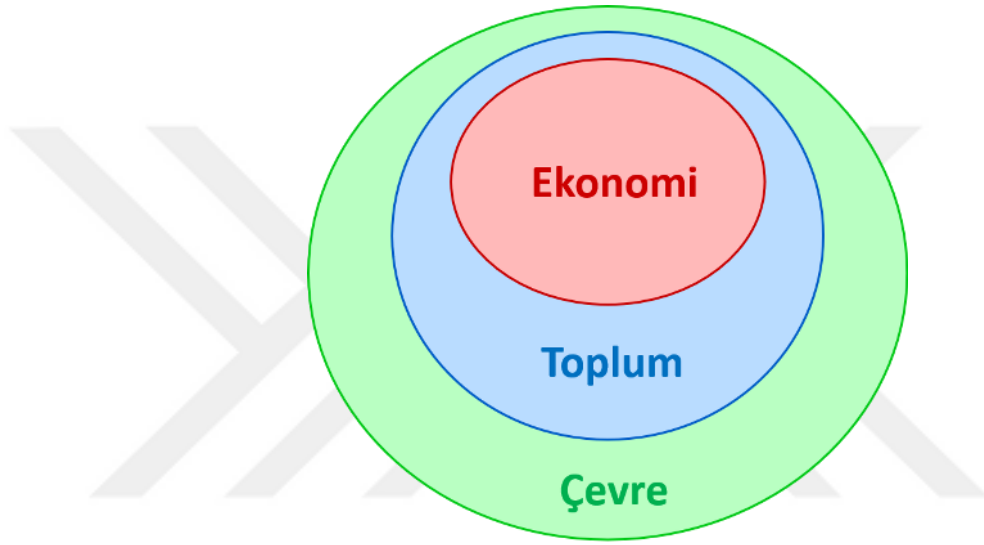
- Dünya nüfusunun yaklaşık 3 milyarlık kısmı tükettiğinden daha az gıda üreten ülkede hayatına devam etmektedir. Bu yüzden tüketim-üretim dengesinin ülkeler tarafından oluşturulması,
- Dünyadaki biyolojik kapasitenin yarısı insanların gıda ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Beslenme alışkanlıklarında fazla tüketim ve israf yarıya indirilebilirse limit aşım günü 13 gün ileriye taşınabilmektedir. Bu bilgi doğrultusunda gıdaları bozmak yerine fazla ürünlerin paylaşılması ve fazla tüketimin engellenmesi,
- Limit aşım tarihini her yıl 6 gün erteleyerek 2050 yılında tek dünyanın kaynakları ile ihtiyaçların karşılanması,
- Son 50 yılın verilerine göre, toplam 19 yıllık ekolojik kaynağı borçlu olduğumuz gelecek nesiller için sürdürülebilir bir çevre oluşturulması önerilmektedir.



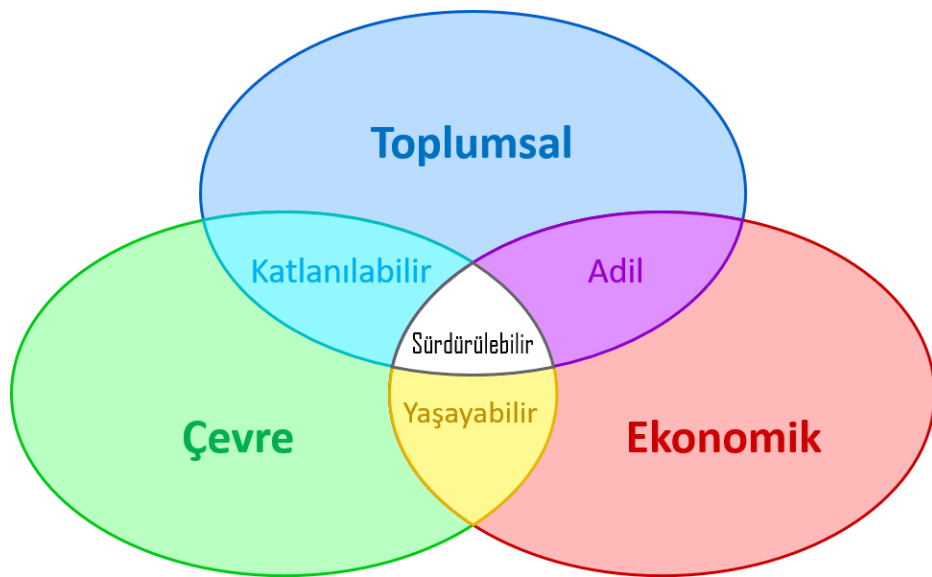
Şekil 1.9. 2022 yılı Dünya limit aşım günü kampanya afişi (Global Footprint Network, 2022)

1.3. Sürdürülebilirliğin Boyutları

Başlangıçta çevre konularını kapsayan sürdürülebilirlik kavramı, tarihsel süreçte yapılan çalışmaların sonucunda geniş bir alana yayılmış, çevreyle birlikte toplum ve ekonomi gibi boyutları da kapsamıştır. Şekil 1.10'da gösterilen sürdürülebilirliğin bu boyutları farklı amaç ve işlevlere sahiptir. Bu üç boyutu bir bütün olarak kullanmak en iyisidir. Bu bütünlüğün sağlanabilmesi için boyutların ortak noktası yani kesiştikleri noktalar önemlidir (Şekil 1.11). Bu ortak noktalardan yola çıkılarak uzun vadeli sürdürülebilirliğin sağlanması için planlı ve mantıklı faaliyetler yürütülmelidir.



Şekil 1.10. Sürdürülebilirliğin üç boyutu (Cato, 2009)



Şekil 1.11. Sürdürülebilir gelişmenin üç kurucu parçasının Venn şeması (Adams, 2006)

1.3.1. Ekonomik Sürdürülebilirlik

Ekonomik sürdürülebilirlik; mevcuttaki ekonomik kaynakları ve sermayeyi içinde bulunduğu cari dönemde önlemler alarak minimum düzeyde kullanmak ve uzun vadede tasarruf ederek gelecek nesillere aktarabilmektir (Goodland, 2002).

Üretim sonucu elde edilen sermaye, ekonomik gelirlerin büyük bir yüzdesini kapsamaktadır. Geleneksel üretimde tükenmekte olan kaynaklar kullanılmaktadır. Ekonomik sürdürülebilirliğin devamını sağlamak için yenilenebilir enerji kaynakları tercih edilmelidir. Ekonomik büyümeyi sağlarken halkın yaşam standartlarını da yükseltmek gerekmektedir. Yaşam standartları, alım gücünün artmasıyla sağlanabileceği gibi, insan yaşamını ve sağlığını etkileyen çevresel koşulları da kapsamaktadır.

Bilinçsiz üretim ve tüketimin artması ile iklim değişikliği, doğal kaynakların kirliliği, ozon tabakasının delinmesi ve beraberinde küresel ısıma gibi temel çevre sorunları ortaya çıkmıştır. Bundan dolayı yenilenebilir kaynakların ve geri dönüştürülebilir ürünlerin kullanımı arttırılmalıdır. Böylece, ekonomik gelirlerle doğru orantılı olarak kişi başına düşen GSYİH artışı ve kar-zarar dengesi sağlanmış sürdürülebilir bir ekonomi gelecek nesillere ulaştırılmış olacaktır (Şen vd., 2018).

1.3.2. Toplumsal Sürdürülebilirlik

Toplumsal sürdürülebilirlik; insan ilişkilerini, toplumdaki değer yargılarını, doğarken kazanılmış sosyal kimliği ve statüyü, insanların temel ihtiyaçlarını ele alır. Yakın zamana kadar toplumsal sürdürülebilirlik teori ve pratikte çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik boyutları kadar önem arz etmemiştir. Toplumun bir bütün olarak hareket etmesi ve hedeflenen sürdürülebilir geleceğe ulaşması için toplumsal sürdürülebilirlik son 30 yılda önem kazanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda sürdürülebilir kalkınma sürecinde toplumsal sürdürülebilirliğin istikrarı için insanlara barınma, beslenme, güvenlik, sağlık, eğitim olmak üzere 5 temel ihtiyacın eşit olarak sağlanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Toplumsal sürdürülebilirliğin tam anlamıyla kapsayıcı olabilmesi için temel ihtiyaçların yanı sıra toplumda sosyal adaletin de sağlanabilmesi gerekmektedir. Sosyal adalet, toplumdaki her bireye eşit imkanların verilmesi ve içinde yaşadığı toplumun sahip olduğu kaynaklardan ve hizmetlerden yararlanabilmesidir. Böylelikle insanlar içinde bulunduğu toplumlara ait olma hissi besler (Aydoğan, 2015).

1.3.3. Çevresel Sürdürülebilirlik

Çevresel sürdürülebilirlik; insan ve bunlarla bağlantılı olarak yaşayan diğer canlılar için sağlıklı ve yaşanabilir bir ekosistemin oluşturulması ve sürdürülmesi olarak tanımlanmaktadır. Artan nüfusla birlikte insanların ihtiyaçları artmış ve mevcut kaynak ve yöntemlerle ihtiyaç karşılanmamaya başlanmıştır. Bu nedenle ekosistemin dengesinde bozulmalar ve tahribatlar başlamıştır. Bu eksikliği gidermek için insanlar çevreye zarar veren yeni yöntemler geliştirmiştir. Çevreye verilen zarar son yıllarda uluslararası bir sorun haline gelmiş ve tüm ülkeleri ilgilendiren bir boyut kazanmıştır. Bu nedenle üretim ve tüketimde 3 temel kriter belirlenmiştir. Bunlardan ilki, ihtiyaç duyulan tüketim miktarından fazlasının üretilmesi, ikincisi, yenilenemeyen kaynaklara alternatif olarak yenilenebilir kaynakların kullanılması ve son olarak da üretim ve tüketimden kaynaklanan atık miktarının azaltılması ve kontrol altına alınmasıdır. Bu kriterler doğrultusunda insan faaliyetlerinin ekosistem içerisindeki dengeyi bozması en alt düzeye indirilmesi ve çevresel sürdürülebilirliğin istikrarı hedeflenmiştir (Daly, 1990).

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Sürdürülebilir Mimari

Günümüzde insan faaliyetleri sonucunda her alanda çevreye verilen zararlar ortaya çıkmakta ve bilinçsiz enerji tüketimi meydana gelmektedir. Bunların önlenmesi için farklı sektörlerde sürdürülebilirlik yaklaşımları ortaya çıkmıştır. Çevreye verilen zararın büyük bölümünü oluşturan inşaat sektörü, bu zararı en aza indirmek için sürdürülebilir mimarlık anlayışını mimarlık alanında yaygınlaştırmaya başlamıştır.

Sürdürülebilir mimari kavramı, farklı zamanlarda çevresel, yeşil ve ekolojik tasarım olarak da adlandırılmıştır. Sürdürülebilir mimari, tüm mimari yaklaşımları kapsayan temel bir yaklaşımdır. Sürdürülebilir mimari, yapının bir plan doğrultusunda uzun yıllar bütünlüğünü ve kimliğini koruyarak, bulunduğu çevreye zarar vermeden yaşaması ve ömrünü tamamlanması olarak tanımlanabilir. Sürdürülebilir mimari tasarımın temel ilkesi, yapının var olacağı çevreyle saygılı ilişkiler kurarak insan yaşamına uygun sürdürülebilir bir bağlam oluşturmaktır.

Günümüzde üretilen enerjinin %50'si inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Artan nüfusla birlikte bina stoğu ihtiyacının artması nedeniyle inşaat sektöründeki faaliyetler ve enerji tüketimi sınırlandırılmamaktadır. Bu nedenle çevre dostu ve kaynak tüketiminin dengeli olduğu inşaat faaliyetleri için sürdürülebilir mimari faaliyetlerin artması gerekmektedir. Bu yaklaşımın benimsenmesi ile doğal çevreye verilen zarar en aza indirilerek yapay bir ortam oluşturulabilmektedir (Güner, 2017).

2.2. Sürdürülebilir Mimari Tasarım Süreci

Sürdürülebilir mimari tasarım süreci iki aşamalı bir süreçtir. İlk aşamada yapının tasarım ve üretim sürecinde doğal kaynakların veya sürdürülebilir yapı malzemelerinin maksimum düzeyde kullanılması ve bu süreçte çevreye minimum düzeyde zarar verilmesidir. İkinci aşama ise yapının ihtiyaç duyduğu enerjiyi kendi üreterek tüketimi kontrollü seviyede tutmak, yapıdaki yaşam sürecinde atıkların kontrolünü sağlamak ve yapının ekonomik ömrünü tamamlamasının ardından yapıyı oluşturan bileşenleri geri dönüştürmektir. Bu tasarım, üretim, kullanım ve geri dönüşüm süreçleri içerisinde yapının sürdürülebilirlik istikrarı için bakım ve onarımının düzenli ve dikkatli bir şekilde yapılması gerekmektedir.

Sürdürülebilir mimari yaklaşımla yapı tasarlanırken üç başlık altında ele alınabilir. Bunlar; yapının içinde bulunduğu konum itibarıyla fiziksel çevre, yapının dışı (kabuk ve cephe) ve son olarak yapının içidir (mekân ve çekirdek).

Sürdürülebilir mimari tasarım yaklaşımını benimsemiş mimarlar, tasarım sürecinde yapının içinde bulunduğu fiziksel çevreyi teknik analizlerle araştırıp çıkan verileri tasarım girdisi olarak değerlendirir. Bu analizler alt ölçekte topoğrafyadaki eğim, iklim, manzara yönü, rüzgâr yönü, güneşin konumu, ses yoğunluğu, üst ölçekte ise çevrenin tarihsel süreçte kentsel bellekteki yeri, nüfus, jeolojik yapı, altyapı, doluluk-boşluk, çevredeki yapı işlevleri, kat analizi, trafik ve ulaşım ağı, yeşil alan analizidir.

Bu analizler mimari tasarım sürecinde;

- Topoğrafya analizi, engellilerin kotlar arası sirkülasyonu kesintisiz sağlayabilmesi için rampa, asansör vb. mimari elemanların yönetmeliğe uygun tasarlanmasına,
- Güneş, rüzgâr, ses, manzara yönü, iklim ve yağış miktarının analizi, binanın ve bina içerisindeki mekanların konumlandırılmasında, doğru yapı malzemesi tercihinde, yapı ve çatının formunun tasarımında, pencere ölçülerinin hesaplanmasında, yapının iklimlendirme sistemi tercihinde,
- Çevrenin ya da tasarımın gerçekleştirileceği arazinin kentsel bellekteki yerinin analizi, yerel malzemelerin kullanımına ve vernaküler mimari tasarımın tercih edilmesine,
- Nüfus analizi, kamuya açık (belediye, hastane, idari binalar vb.) ya da toplu kullanılan sinema salonu, tiyatro salonu, stadyum vb. yapılarda mekanların ihtiyaç listelerinin ve koltuk sayılarının hesaplanmasında,
- Jeolojik yapı analizi, strüktür sisteminin ve yapının temel tipinin belirlenmesine ve boyutlarının hesaplanmasına,
- Altyapı analizi, mevcuttaki elektrik, su, internet, kanalizasyon, doğalgaz, telefon altyapısının yetersiz kaldığı tespit edilirse ilgili idareye inşaat sürecinde başvurarak zaman kazanılmasına,
- Çevredeki yapı işlevleri, doluluk-boşluk ve kat analizi, yapının kent silüetindeki yerine ve yapının arazi içindeki yerleşimine,
- Çevredeki yolların analizi, yaya ve araç akslarının oluşumuna, insan sirkülasyonu fazla olduğu kamuya açık yapılarda yol-otopark, otopark-yapı akslarının oluşumuna,
- Yeşil alan analizi, mevcutta bulunan ağaçların korunması için sayı, tür ve konum tespitine ve peyzaj tasarımında çevreye uygun ağaç türlerinin kullanılmasına yardımcı olmaktadır (Tekbıyık, 2018).

2.3. Sürdürülebilir Mimarinin Faydaları

Bu analizler doğrultusunda mimari tasarımda yapı-çevre, yapı-insan ilişkileri doğru kurgulanmış olur. Bu doğru kurgu ve doğru analiz sonucu tasarlanan yapı, ekonomik ömrü (tasarım-üretim-kullanım-geri dönüşüm) boyunca insana ve çevresine fayda sağlamaktadır. Bunlar çevresel, toplumsal ve ekonomik faydalar olarak üç başlıkta incelenmektedir.

Sürdürülebilir mimarinin çevresel faydaları;

- Yapının ihtiyaç duyduğu enerjinin tamamının ya da bir kısmının aktif-pasif sistemlerle sağlanarak doğal kaynakların korunması, atmosferdeki zararlı gazların miktarının azaltılması ve ozon tabakasındaki tahribatın önlenmesi sağlanması,
- Sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanılmasıyla üretim ve geri dönüşüm süreçlerinde ekosistemdeki denge ve biyolojik çeşitlilik korunması,
- Yağmur sularının depolanması ve gri suyun tekrardan filtrelenerek bahçe sulamada kullanılmasıyla su tasarrufu sağlanması ve yapı kullanım sırasında ortaya çıkacak katı atıkları planlan yöntemlerle geri dönüştürülmesidir.

Sürdürülebilir mimarinin ekonomik faydaları;

- Sürdürülebilir özelliklere sahip yapılar, emlak sektöründe pazarlama fırsatının diğer yapılara göre daha kolay olduğu ve benzer yapılara oranla daha fazla kazanç sağlaması,
- Yapı inşasında kaliteli ve dayanıklı sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanılması ile bakım ve onarım masraflarının az olması,
- Yağmur sularının toplanması ve yapı içerisinde kullanılan suyun filtrelenerek geri kullanılmasıyla su maliyetlerinde tasarruf sağlanması ve sürdürülebilir mimari tasarımda aktif ve pasif sistemlerle aydınlatma ve ısınma maliyetlerinde tasarruf sağlanmasıdır.

Sürdürülebilir mimarinin toplumsal faydaları;

- Sürdürülebilir mimari tasarım ile yapı içerisinde yaşam koşulları, insan sağlığı ve konforu artırılarak daha yaşanabilir mekanlar yaratılması,
- Sürdürülebilir yapıların ekonomik uzun ekonomik ömürleri sayesinde toplumun yapı ihtiyaçlarının uzun süre karşılanması,
- Sürdürülebilir yapının kaliteli altyapısı sayesinde yerel hizmet altyapısına olan ihtiyaç azalması ve sürdürülebilir tasarım ile kent estetiğine uygun yapılar tasarlanarak toplumun kentsel belleğine saygı duyulmasıdır.

2.4. Sürdürülebilir Yapı

İnsanlar yaşamları boyunca ihtiyaçlarını karşılamak için çeşitli faaliyetlerde bulunmuşlardır. Barınma ve güvenlik gibi temel ihtiyaçlarını karşılamak için yapılar inşa etmeye başlamışlardır. Ardından yapılarda yaşam kalitesini artırmak ve yaşamlarını devam ettirebilecekleri en uygun koşulları sağlamak için farklı yollar aramaya başlamışlardır. Bu süreçte birçok problemle karşılaşmışlardır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte birçok sorun hızlı ve kolay bir şekilde çözülmüştür ancak günün büyük bir kısmını binalarda geçiren insanlar hiçbir zaman arzu ettikleri yaşam kalitesine ulaşamamıştır. Devam eden çalışmalar sonucunda çevre, yapı ve insan ilişkilerindeki sorunların ortadan kaldırılması için sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkmıştır. Böylelikle çözümü sürdürülebilir yapılar inşa etmekte bulmuşlardır. Bir yapının tasarım, kullanım ve ömrünün tükenmesinin ardından geri dönüştürülmesine kadar geçen süreçte ekosistemi etkilediği gerçeği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle sürdürülebilir mimari tasarımlarla çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyen, kaliteli bir yaşam standardı sunan sürdürülebilir yapılar inşa edilmeye başlanmıştır (Ayaz, 2002).

2.4.1. Sürdürülebilir Yapıların Yaşam Süreci

Sürdürülebilir mimarlık prensipleriyle tasarlanan sürdürülebilir yapılar, yaşam süreçleri boyunca çevreye ve canlılara zarar vermeden doğanın bir parçası gibi davranarak ekosistemdeki dengeyi korumalıdır. (Kim ve Rigdon, 1998).

Sürdürülebilir yapıların yapı öncesi evre, yapı evresi, yapı sonrası evre olmak üzere 3 aşamalı evrede yaşam süreçleri incelenmektedir (Şekil 2.1). Sürecin her aşamasında sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için daha önceden belirlenmiş standartların, yasal düzenlemelerin ve konu ile ilgili çalışmaların tasarımcı tarafından incelenmesi ve uygulanması gerekmektedir (Sev, 2009).



Şekil 2.1. Sürdürülebilir yapı yaşam süreci modeli (Sev, 2009)

Yapı öncesi evre, yapının tasarım sürecinden proje onay ve izinlerinin alınmasına kadar geçen süreci kapsamaktadır. Bu süreçte öncelikle yapının yapılacağı arsa seçilir. Seçilen arsanın çevre verilerine (iklim, bitki örtüsü, güneş, rüzgâr ve manzara yönü, mevcut ulaşım ve altyapı sistemleri vb.) göre yapının mimari tasarım kararları alınır. Bu kararlar sürdürülebilir mimari tasarımda yapının biçim, işlev ve malzemelerinin belirlenmesinde yol göstericidir. Yapının uzun süre sürdürülebilirliğini sağlamak ve farklı işlevlerde kullanılabilmesi için esnek ve modüler planlar tercih edilmelidir. Kullanım sırasında enerjinin korunumu ve insan konforunun sağlanabilmesi için aktif veya pasif güneş sistemlerine tasarımda yer verilmelidir. Yapının tüm yaşam süresi boyunca çevre ve insan kaynaklı etkilere dayanabilmesi için çevre dostu ve yüksek dayanıklılığa sahip yerel sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanılması gerekmektedir. Sürdürülebilir mimari tasarım ilkelerine göre tasarlanan yapıların projeleri gerekli yerler tarafından onaylandıktan sonra yapım evresine geçilebilir.

Yapı evresi, arsa üzerinde yapının inşasına başlamasından kullanım süresine kadarki süreci kapsamaktadır. İnşaat süresince canlı yaşamına ve bitki örtüsüne zarar verilmemelidir. Çevreye en büyük zarar yapı üretimi sırasında verilmektedir. Bu zararı en aza indirmek için şantiye çalışanlarına çevre, ses, görüntü ve atık kirliliği konusunda bilinçlendirme eğitimleri verilmelidir. İnşaat uygulamaları sonucunda oluşan atıklar, atık yönetim planlamasına göre tek bir yerde toplanmalı ve çevreye zarar vermeden geri dönüştürülmelidir. Yapıda, başlangıçta yatırım maliyetleri yüksek olsa da uzun vadede ekonomik kazanç sağlayan malzeme, ekipman, iklimlendirme ve aydınlatma sistemleri kullanılmalıdır. Böylece yapı, kullanım süresinin başından sonuna kadar belirlenen sürdürülebilir tasarım niteliklerini yerine getirir (Karşlı, 2008).

Yapı sonrası evre ise yapının ekonomik ömrünü tamamlamasından sonraki süreci kapsamaktadır. Bu aşamada başlangıçtaki esnek ve modüler planlama sayesinde yapı güçlendirilip yenilenerek farklı bir işlev kazandırılabilir. Eğer yapı güçlendirme uygulamalarının yetersiz kalacağı boyutta tahribata uğramışsa maliyeti yüksek çelik kolon ve kirişler, kapı ve pencere doğramaları, korkuluklar, armatürler vb. yapı elemanları farklı projelerde değerlendirilmek üzere sökülüp kullanılabilir. Yapı, güçlendirme çalışmaları yetersiz kalacak şekilde hasar görmüş ise, maliyeti yüksek olan çelik kolon ve kirişler, kapı ve pencere doğramaları, korkuluklar, demirbaşlar vb. yapı elemanları sökülerek farklı projelerde değerlendirilmek üzere kullanılabilir. Yapıda geriye kalan cam, alüminyum, çelik, beton, vb. malzemeler ayrıştırılarak atık tesislerinde geri dönüştürülerek ekonomiye tekrar kazandırılmalıdır (Şenel, 2010).

2.4.2. Sürdürülebilir Yapıların Özellikleri

Sürdürülebilir mimari, çevre ve insan sorunlarına çözüm arayan bütüncül, stratejik ve planlı bir yapılaşma şeklidir. Sürdürülebilir yapılar, projenin tasarımından binanın alt ve üst yapısının inşasına, kullanımdan geri dönüşüme kadar kapsamlı bir döngü içeren yaşam sürecine sahiptir. Bu yaşam sürecinde binalar sürdürülebilir tasarım ilkelerini yerine getirebilmek için tasarımcılar tarafından özel olarak tasarlanmaktadır. Tasarımcılar bu konuda hassas davranmalıdır. Bu tasarımlarda sürdürülebilir yapıları diğer yapılardan ayıran bazı özellikler vardır.

Bu özellikler;

- Bulunduğu konum itibarıyla çevreye saygılı ve uyumlu olması,
- Yaşam süresi boyunca enerji gereksiniminin az olması,
- Başlangıçta maliyetleri yüksek olmasına rağmen uzun ömürlü, dayanıklı ve çevre dostu olması için sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanılması,
- Yağmur suyunu ve atık suları geri dönüştürerek su tasarrufu sağlaması,
- Güneş panelleri ile elektrik tasarrufu sağlaması,
- Yenilikçi mimari tasarımıyla ilgi çekici olması,
- Prestijli özellikleri sayesinde daha kolay pazarlanması ve daha fazla kar getirmesi,
- İnsanın sağlık, konfor ve yaşam kalitesini yükseltmesi,
- Atık üretiminin kontrollü ve minimum seviyede olması,
- Engelli erişiminin güvenli ve kolay olması,
- Zehirli gaz salınımının az olması,
- İç mekân hava kalitesini arttırmak için doğal havalandırma tasarımları ile iç mekândaki hava hareketlerin kontrolünün sağlanması,
- Gelişmiş altyapı hizmetlerine sahip olması,
- Yapıda kullanılan malzeme ve işçilik kalitesinin yüksek olması nedeniyle ekonomik ömürlerinin uzun olması,
- Yapı içerisinde doğal ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıdır (Kocaman, 2009).

Sürdürülebilir yapılar avantajlı özellikleri sayesinde sayıları her geçen gün artmakta ve daha çok tercih edilmektedir. Böylelikle sürdürülebilir yapıların inşası sırasında müteahhit, mimar ve mühendislerin duyarlı davranışları sayesinde inşaat sektörünün çevreye verdiği zarar azaltılmaktadır.

2.5. Sürdürülebilir Mimari ile İlgili Standartlar ve Yasal Düzenlemeler

Dünya nüfusundaki artışa bağlı olarak kentleşme artmaktadır. Buna bağlı olarak insan faaliyetlerinin gerçekleştirilmesine yönelik yapılara ihtiyaç artmaktadır. İnşaat sektöründe artan talebe cevap verebilmek için enerji, hammadde, teknoloji ve iş gücü gereksinimlerine yönelik yatırımlar yapılmaktadır. Bu yatırım ve inşaat faaliyetlerinin doğaya ve insanlara zarar vermeyecek şekilde çevreye duyarlı ve sürdürülebilir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Çevre sorunlarının büyümesiyle birlikte sürdürülebilir bir yapı oluşturma önemi artmıştır. Bu doğrultuda belirli bir düzenin sağlanması için ulusal ve uluslararası yasal düzenlemeler ve standartlar düzenlenmektedir. Bu yasal düzenlemeler ve standartlar sayesinde, sürdürülebilir mimarlığın günümüzde tasarımcılar tarafından bir tercih değil, bir gereklilik olduğu anlaşılmıştır. Yasal düzenlemeler ve standartlar, inşaat sektöründe çevresel, toplumsal ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından tasarım ve üretim aşamasında iletişimde dil birliği, uygulamada kolaylık, doğal kaynakların ve enerjinin verimli kullanımı, inşaat tekniklerinin ve yapı malzemelerinin çevre ve teknik şartnamelere uygunluğunu, atık maddelerin minimum düzeye indirilmesini ve kontrollü bir şekilde geri dönüştürülmesini sağlamaktadır (Gökçe vd., 2018).

2.5.1. Uluslararası Standartlar Organizasyonu (International Organization for Standardization; ISO)

Uluslararası Standartlar Organizasyonu, 23 Şubat 1947 tarihinde Cenevre, İsviçre’de kurulan bir teşkilattır. ISO’ya tam üyelik, eş üyelik ve katılımcı üyelik şeklinde ülkeler katılım sağlamaktadır. Toplamda 165 üye ülkeye sahip Uluslararası Standartlar Organizasyonu’nda Türkiye’yi ülkenin en yetkili kuruluşu olan Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tam üyelik ile temsil etmektedir. Tam üyeler ISO tarafından yapılan standart geliştirme toplantılarına katılım sağlayarak oylamaya katılabilmektedir. Ayrıca tam üyelerin ISO standartlarını kendi ülkelerinde kabul etme zorunluluğu bulunmaktadır. Uluslararası standartlar organizasyonu sadece standartlar geliştirir. Şirket ve kuruluşlara ISO belgesi verme işlemini ISO tarafından akredite edilen kuruluşlar gerçekleştirmektedir.

ISO’nun temel amacı, üye ülkelerin standart kuruluşlarını bir araya getirerek uluslararası ortak ürün adlarının ve ölçü biriminin oluşturulması, makinelerin, malzemelerin, aletlerin özelliklerini ve kalitelerini belirlemektir. Belirlenen standartlarda

uygun üretilen ürünlere “ISO Kalite Belgesi” verilmektedir. ISO ile başlayan ve ardından sayıların eklenmesiyle sistemleştirilerek standartlar adlandırılmaktadır. İlk yayımlanan ve en çok kullanılan standart ISO 9001 Kalite yönetim standardıdır. ISO 9001, inşaat sektörü başta olmak üzere birçok sektörde tasarım, üretim, malzeme, ekipman vb. alanlardaki kalite standartları hakkında bilgi içermektedir. ISO 14001 standarttı sürdürülebilir çevre için oluşturulmuştur. ISO 14001’te işletmelerin çevreye verdikleri zararları azaltmak ve ortadan kaldırmak için oluşturulan çevre yönetim sistemi ile ilgili bilgiler yer almaktadır (Gökçe vd., 2018).



Şekil 2.2. Uluslararası Standartlar Organizasyonu logosu (ISO, 2018)

2.5.2. Avrupa Standartlar Komitesi (European Committee for Standardization; CEN)

Avrupa Standartları Komitesi, 1961 yılında Brüksel, Belçika’da kurulmuştur. Avrupa Birliği bünyesinde standartları belirlemek amacıyla 30 ulusal, 7 ortak ve 2 danışman üye ülke olmak üzere toplam 39 ülkenin katılımıyla standartlar geliştirmektedir. Tüm sektörlerde ortak standartlar belirleyerek Avrupa Birliği üyesi ülkeler arasındaki ticaretin tek bir standart üzerinden yürütülmesini amaçlamaktadır. Çalışmalarını ISO ile paralel olarak yürütmekte ve bazı standardizasyon kuruluşları ile ortaklıklar yapmaktadır. Türkiye, 2012 yılından bu yana Avrupa Standartları Komitesi'nin tam üyesidir. Bu sayede herhangi bir teknik komitenin çalışmasına daimi delege ve yedek üye ile katılım sağlayabilmektedir. Avrupa Standartları Komitesi tarafından yayınlanan standartlar Türkiye’de Türk Standartları Enstitüsü tarafından ülkenin koşullarına göre uyumlaştırılarak Türk standarttı olarak yayımlanmaktadır.



Şekil 2.3. Avrupa Standartlar Komitesi logosu (CEN, 2023)

2.5.3. Alman Standartlar Enstitüsü (Deutsches Institut für Normung e. V.; DIN)

Alman Standartlar Enstitüsü, 22 Aralık 1917 tarihinde Berlin, Almanya’da kurulmuştur. Temel amacı ülke içerisindeki ve Avrupa’daki üretim, ticaret, teknoloji, sanayi vb. sektörlerdeki standartları belirlemektir. Belirlenen bu temel standartlar sayesinde sektörler arasındaki iletişim daha kolay ve işlevsel hale gelmektedir. Bunun yanı sıra tüzel ya da gerçek kişiler arasında gerçekleştirilecek sözleşmelerde yanlış anlaşılmalara önüne geçilebilmektedir. ISO ve CEN tarafından belirlenen standartların Almanya’da geçerli olabilmesi için DIN tarafından onaylanması gerekmektedir. DIN 476 Kâğıt boyutları standardı ve DIN 1301 SI ölçü birimleri sistemi en çok bilinen standartlardır. Alman Standartları Enstitüsü tarafından yayınlanan standartlar, enstitüye bağlı bir yayınevi tarafından web sitesinde yayınlanmaktadır. Mimarlık öğrencilerinin ve mimari tasarımcıların referans kitabı olarak bilinen Ernst Neufert’e ait Yapı tasarımı kitabında SI ölçü birimleri ve DIN mimari standartları kullanılarak yazılmıştır.



Şekil 2.4. Alman Standartlar Enstitüsü logosu (Alman Standartlar Enstitüsü, 2019)

2.5.4. Türk Standartları Enstitüsü (Turkish Standards Institute; TSE)

Türk Standartları Enstitüsü, 16 Ekim 1954 tarihinde Ankara, Türkiye’de kurulmuştur. 26 Mayıs 1955’te ISO’ya tam üye olarak Türkiye temsilcisi olmuştur. Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığına bağlı Türk Standartları Enstitüsü tarafından yayımlanan standartlar “TSE” kodu ile yayımlanmaktadır. Türkiye’nin 81 ilinde temsilcilikleri bulunmaktadır. TSE’nin temel amacı, uluslararası kabul görmüş standart, kural ve kodları benimseyerek, ülkede bu standartlara uygun üretim yapabilmek için yeni standartlar belirlemektir. Ülkemizde ISO standartları “TSE ISO” kodu ile, CEN standartları “TSE CEN” kodu ile yayımlanmaktadır. Türkiye’de inşaat sektöründe, sürdürülebilir yapıların üretim ve uygulamalarında TSE belgeli yapı malzemeleri kullanılmaktadır. TSE belgesi alarak üretim yapan işletmeler kaliteli ve standartlara uygun ürün pazarladıkları için piyasa içerisinde güven kazanmaktadırlar. İşletmelerin sahip olduğu TSE belgeleri 1 yıl geçerli olmaktadır. 1 yıl sonra yetkililer tarafında gerekli kontrollerin sağlanmasıyla TSE belgesi yenilenmektedir.



TÜRK STANDARTLARI ENSTİTÜSÜ

Şekil 2.5. Türk Standartları Enstitüsü logosu (TSE, 2022)

2.5.5. Çevre Kanunu

9 Ağustos 1983 tarihinde çıkarılan 2872 sayılı Çevre Kanunu, sürdürülebilir çevre alanındaki Türkiye’deki ilk yasal düzenlemedir. Türkiye’de sürdürülebilir mimarlık uygulamalarının ve teorik çalışmaların yaygınlaşmasında etkili olmuştur. Temel amacı, ekosistemdeki canlıları ve ilişki kurdukları çevreyi koruyarak sürdürülebilir çevreyi gelecek nesillere taşımaktır. Kanun’daki kurallara uymayan gerçek ya da tüzel kişiler hakkında yaptırımların yapılması çevreye zarar veren faaliyetleri caydırıcı kılmaktadır. Bu kanun ile özellikle inşaat sektöründe, hafriyat kamyonlarının şehir dışındaki yerleşim olmayan alanlara moloz dökülmesini kontrol altına almak için denetimler yapılması zorunlu hale gelmiştir. Bu kanun kapsamında sadece inşaat molozu gibi büyük ölçekli atıklar için değil, izmarit gibi küçük ölçekli atıklar için de çevreye verilen her türlü zarar

cezalandırılmaktadır. Bu sayede çevre bilinci oluşturulmakta ve insanların kendi çevrelerini temiz tutmaları sağlanmaktadır.

2.5.6. Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği (ÇED)

31907 sayılı Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, 7 Şubat 1993 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Yapım ve kullanım süresince çevreye zarar vereceği ön görülen ve yönetmelikte belirtilen projelerde yönetmelik gereği bakanlık tarafından kurulan komisyon yetkilileri tarafından incelemelerin yapılması gerekmektedir. İncelemeler sırasında gerek duyulduğunda kamu kurum ve kuruluşlarından ve meslek odalarından yardım talep edilmektedir. Yönetmelikte belirtilen şartlar doğrultusunda yapılan incelemelerin sonucunda komisyon proje için “ÇED Olumlu”, “ÇED Olumsuz” veya “ÇED Gerekli Değildir” kararlarından birini ÇED Raporu’nda belirtmelidir. “ÇED Olumlu” veya “ÇED Gerekli Değildir” kararları alınmadığı sürece projelere onay, izin, ruhsat verilememektedir. “ÇED Olumsuz” kararı alınan projelerde çevreye verilen zararın en aza indirilmesi ya da ortadan kaldırılması gerekmektedir. Aksi takdirde proje başlatılamamaktadır. 2022 yılında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan çevresel etki değerlendirme, izin ve denetim genel müdürlüğü teknik faaliyet raporunda 1993 yılından 2022 yılına kadar geçen süre içerisinde 6.926 proje için “ÇED Olumlu”, 67 proje için “ÇED Olumsuz”, 73.210 proje için “ÇED Gerekli Değildir” kararı verildiği belirtilmiştir (Şekil 2.6).

	EK-1		EK-2		GENEL TOPLAM
	ÇED Olumlu	ÇED Olumsuz	ÇGD	ÇG	ÇED Olumlu + ÇGD
03.12.1993-1998	382	13	2.989	160	3.371
1999	57	2	524	11	581
2000	107	1	764	18	871
2001	119	5	859	12	978
2002	117	0	1.068	6	1.185
2003	80	1	1.715	3	1.795
2004	86	1	2.122	7	2.208
2005	102	0	2.458	11	2.560
2006	123	4	3.441	29	3.564
2007	209	1	4.214	86	4.423
2008	217	1	3.657	35	3.874
2009	201	1	3.549	43	3.750
2010	254	2	3.932	39	4.186
2011	308	0	4.592	41	4.900
2012	426	0	3.759	37	4.185
2013	477	1	3.613	34	4.090
2014	471	1	4.058	118	4.529
2015	315	10	3.886	87	4.201
2016	405	3	3.157	95	3.562
2017	431	3	3.301	57	3.732
2018	401	3	3.036	76	3.437
2019	440	1	2.418	71	2.858
2020	390	6	2.822	58	3.212
2021	371	3	3.224	87	3.595
2022	437	4	4.052	82	4.489
TOPLAM	6.926	67	73.210	1.303	80.136

Şekil 2.6. ÇED yönetmeliği kapsamında verilen ÇED kararlarının yıllara göre dağılımı
(T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022)

2.5.7. Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği

Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, 18 Mart 2004 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğin amacı, inşaat aşamasında oluşan hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkım atıklarının şantiye sahasında yeniden kullanılması veya atık tesislerine nakledilerek geri dönüştürülerek çevreye verilen zararın azaltılmasıdır. İnşaat atıkları geri dönüştürülerek beton üretiminde, yol ve drenaj çalışmalarında, dolgu işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu yönetmelik sayesinde çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik teşvik edilmektedir. Planlı yıkımların dışında doğal afetler de büyük yıkımlara neden olmaktadır.

6 Şubat 2023 tarihinde 9 saat arayla meydana gelen 7,8 Mw ve 7,5 Mw büyüklüklerindeki depremler başta Hatay, Kahramanmaraş olmak üzere 11 ili etkilemiştir. Bu deprem sonucunda şehirlerde büyük yıkımlar gerçekleşmiştir. Gerçekleşen depremler sonucunda yıkıntı atıklarının kaldırılması ile ilgili problemler ortaya çıkmıştır. Doğal afet atıklarının kontrolünden, yönetmelikte belirtildiği gibi en büyük mülki amirin başkanlığında kurulan kriz merkezi sorumludur. Kriz merkezi, deprem sonrası oluşan atık miktarının belirlenmesinden, atıkların bir plan çerçevesinde çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi için araç ve gereç temininden, yönetmelikler doğrultusunda atıkların toplanacağı alanların belirlenmesinden sorumludur. Bakanlık denetiminde yürütülen bu çalışmalar kriz merkezinin planlamasıyla belediyeler ve belediye yetkilileri tarafından organize edilerek depolama ve geri kazanım tesislerinde atıklar ayrıştırılarak doğaya zarar vermeden geri dönüştürülür. Bakanlık denetiminde yürütülen bu çalışmalar, kriz merkezi planlaması ile belediyeler ve belediye yetkilileri tarafından gerçekleştirilmektedir. Böylece deprem sonrası oluşan atıklar depolama ve geri kazanım tesislerinde ayrıştırılarak doğaya zarar vermeden geri dönüştürülmektedir (Kaya, 2011).

2.5.8. Enerji Verimliliği Kanunu

5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu, 2 Mayıs 2007 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğin amacı, enerjinin sürdürülebilirliği için gereksiz tüketimi azaltmak, enerji verimliliğini artırmak, ekonomide enerji harcamalarını azaltmak, toplumu yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya teşvik etmek ve çevreyi korumaktır. Kanunda da belirtildiği üzere toplumu enerji verimliliğine yönelik bilgilendirme, eğitim ve uygulama

alışmaları bakanlıkça belirlenen yetkili idareler tarafından yapılmaktadır. Bu alışmalar sonucunda toplumda oluşan bilinç sayesinde amaca daha kolay ulaşılmaktadır.

2.5.9. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği

27075 sayılı Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 5 Aralık 2008 tarihinde Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin yerine yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin amacı binalarda enerjiyi etkin ve verimli kullanarak aşırı tüketimi önlemek ve çevreyi korumaktır. Bu yönetmelik, mimari tasarım, mekanik tesisat, ısı yalıtım, aydınlatma, elektrik tesisatı gibi binanın enerji kullanımını gerektiren projelerin tasarım, hesap ve uygulamalarında kullanılacak yöntem ve standartlar hakkında bilgileri içermektedir.

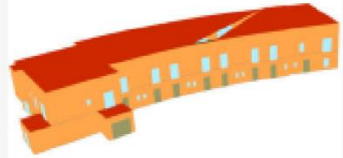
2.5.10. Enerji Kimlik Belgesi (EKB)

Çevre, Şehircilik ve İklim değişikliği Bakanlığı, Enerji Kimlik Belgesi düzenlemeleri ile Türkiye yapı stoğunun envanteri çıkarmayı ve ülkedeki binaları çevreye zarar vermeyen, enerji verimli, sürdürülebilir binalar olarak tasarlanmasını hedefliyor.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin yürürlüğe girdiği tarihten sonra yeni yapılacak ve inşaat alanı 1.000 metrekareden fazla olan tüm binalarda Enerji Kimlik Belgesi alınması zorunludur. 1.000 metrekareden az inşaat alanına sahip projelerde EKB isteğe göre alınabilmektedir. Enerji kimlik belgesi, "A" en iyi enerji tüketimi, "G" en kötü enerji tüketimi olacak şekilde "A", "B", "C", "D", "E", "F", "G" şeklinde sınıflandırılır. Yeni yapılacak binanın projesinin onaylanabilmesi için enerji kimlik belgesinin en az "C" sınıfı olması gerekmektedir.

Enerji kimlik belgesi toplam üç sayfadan oluşmaktadır. Birinci sayfa Şekil 2.7'de, ikinci sayfa Şekil 2.8'de, üçüncü sayfa Şekil 2.9'da gösterilmiştir. Enerji kimlik belgesinde, binanın tipi, ruhsat tarihi, toplam inşaat alanı, binaya ait dış cephe görseli, binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırması, binanın yalıtım özellikleri, yıllık enerji tüketim miktarı, belgenin veriliş tarihi ve belgeyi düzenleyen yetkiliye ait bilgiler bulunmaktadır. Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliğine bağlı mimar ve mühendisler, enerji kimlik belgesi düzenleme eğitimini başarı ile tamamladıktan sonra enerji kimlik belgesini düzenleyebilmektedir.

ENERJİ KİMLİK BELGESİ

Binanın	Belgenin	Binanın Görüntüsü
Tipi: Apartman İnşaat Ruhsat Tarihi: 2.3.2017 Tadilat Tarihi: Toplam Alan: 1.361,48 Ada/Parsel/Pafta: UAVT Bina No: Adı: Adresi:	Veriliş Tarihi: 5.11.2018 Geçerlilik Tarihi: 5.11.2028 Performans Sınıfı: B Emisyon Sınıfı: C	
Sahibinin Adı Soyadı:		



SİSTEMLER	YILLIK ENERJİ TÜKETİMLERİ		YENİLENEBİLİR ENERJİ/KOJEN. ENERJİ		SINIFI
	Birincil (kWh/yıl)	Birim Alan Başına (kWh/m ² .yıl)	Birincil (kWh/yıl)	Birim Alan Başına (kWh/m ² .yıl)	
Toplam	151.902,93	111,57	0,00	0,00	B
Isıtma	74.549,87	54,76	0,00	0,00	B
Sıhhi Sıcak Su	40.695,21	29,89	0,00	0,00	F
Soğutma	31.194,68	22,91	0,00	0,00	B
Havalandırma	0,00	0,00			D
Aydınlatma	5.463,17	4,01			E
Kojenarasyon	0,00	0,00	0,00	0,00	—
Fotovoltaik	—	—	0,00	0,00	—

Belgenin	Belge Düzenleyenin	Kare Kod
Numarası:	Adı Soyadı: ORKAN KEÇİKÇİ	
Veriliş Tarihi: 5.11.2018	Firması: PERRET MÜHENDİSLİK MİMARLIK İNŞAAT DANIŞMANLIK SANAYİ TİCARET LIMITED ŞİRKETİ	
Son Geçerlilik Tarihi: 5.11.2028	Sertifika No: İMO-48-0055	
İptal Edilen EKB No:	İmza:	

Şekil 2.7. Enerji kimlik belgesi birinci sayfası (Perret Mühendislik, 2023a)

BİNA BİLGİLERİ

Toplam Kat Adedi:	2	Duvar Ağırlıklı U Değeri:	0,45	LEJANT:	Bina dışı bölge	Bina içi bölge	Toprak
Bodrum Kat Adedi:	0	Kolon Ağırlıklı U Değeri:	0,00		Sıvalar, Şaplar ve Diğer Harç Tabakaları		
Ortalama Kat Yüksekliği(m):	3,80	Kiriş Ağırlıklı U Değeri:	0,68		Isı Yalıtım Malzemeleri		
Toplam Bina Alanı(m²):	1.361,48	Taban Döşeme Ağırlıklı U Değeri:	0,32		Beton Yapı Elemanı		
İklimlendirilen Alan(m²):	1.361,48	Konsol Döşeme Ağırlıklı U Değeri:	0,00		Kaplamalar		
Net Alan(m²):	1.227,53	Çatı Ağırlıklı U Değeri:	0,49		Kagir Duvarlar (Harç fugaları-derzleri dahil)		
Toplam Zon Adedi:	18	Pencere Ağırlıklı U Değeri:	2,83		Doğal Taşlar		
İklimlendirilen Zon Adedi:	18	Kapı Ağırlıklı U Değeri:	4,00		Dökme Malzemeler (Hava kurusunda, üzeri örtülü)		
					Doğal Zeminler (Doğal Nemlilikte)		

BİNA DIŞI KABUĞUNDA EN FAZLA KULLANILAN YAPI BİLEŞENLERİ

Toplam Dış Duvar Alanı(m²): 804,33

Tipi:	Dolgu Duvar	Dolgu Duvar
Alanı(m²):	496,68	307,65
U Değeri:	0,46	0,45
Kalınlık(m):	0,02 / 0,20 / 0,03 / 0,03	0,02 / 0,20 / 0,03 / 0,10 / 0,03

Toplam Dış Betonarme Eleman Alanı(m²): 49,94

Tipi:	Kiriş
Alanı(m²):	49,94
U Değeri:	0,68
Kalınlık(m):	0,02 / 0,25 / 0,04 / 0,03

Toplam Döşeme Alanı(m²): 1.381,50

Tipi:	Toprak Teraslı
Alanı(m²):	690,75
U Değeri:	0,32
Kalınlık(m):	0,01 / 0,04 / 0,12 / 0,00 / 0,08 / 0

Toplam Çatı Alanı(m²): 693,55

Tipi:	Kırma
Alanı(m²):	693,55
U Değeri:	0,49
Kalınlık(m):	0,02 / 0,18 / 0,00 / 0,06

Toplam Pencere Alanı(m²): 164,65

Tipi	Alanı(m²)
Yalıtım Camları (Rensiz reflektif kaplamalı) (6+9mmArgon+6)	141,81
Yalıtım Camları (Rensiz reflektif kaplamalı) (6+6mmArgon+6)	22,84

Belgenin	Belge Düzenleyenin	Kare Kod
Numarası:	Adı Soyadı: ORKAN KEÇİKÇİ	
Veriliş Tarihi:	Firması: PERRET MÜHENDİSLİK MİMARLIK İNŞAAT DANIŞMANLIK SANAYİ TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ	
Son Geçerlilik Tarihi:	Sertifika No: İMO-48-0055	
İptal Edilen EKB No:	İmza:	

Şekil 2.8. Enerji kimlik belgesi ikinci sayfası (Perret Mühendislik, 2023b)

ENERJİ KİMLİK BELGESİ

MEKANİK SİSTEMLER		İklimlendirilen Zon Adedi: 18
Binanın Isıtma Sistemi		Sıcak Su Sistemi
Bağlı Zon Adedi:	18	18
Sistemin Konumu:	Mahal	Mahal
Sistemin Tipi:	Klima	Elektrikli Ani Su Isıtıcı
Sistemin Gücü (kW):	7	4
Yakıt tipi:	Elektrik	Elektrik
Güneş Enerjisi Katkısı:		
Binanın Soğutma Sistemi		Havalandırma Sistemi
Bağlı Zon Adedi:	18	Bağlı Zon Adedi:
Sistemin Konumu:	Mahal	Sistemin Tipi:
Sistemin Tipi:	Ayrık (Split) Sistemler	Isı Eşanjörü:
Sistemin Gücü (kW):	4	
Aydınlatma Sistemi		
En Fazla Kullanılan Armatür Tipi ve Adedi	En Fazla Kullanılan Lamba Tipi ve Adedi	
A (Çıplak) - 18	LED10T-720 (10 W) (720 lümen)	
Toplam Aydınlatma Gücü (kW): 1.580,00	158	
Toplam Aydınlatma Lümeni: 113.760,00		
Kojen, Sistemi Üretilen Enerji		Fotovoltaik Sistem Üretilen Enerji
Isı Geri Kazanımı (kWh):	0,00	Pik Güç (kW):
Elektrik Güç Çıktısı (kW):	0	Alan (m²):
Isıl Güç Çıktısı (kW):	0	
Yakıt Tüketimi (kW):	0	
Yakıt Tipi:		
		
TAVSİYELER/AÇIKLAMALAR		
Belgenin	Belge Düzenleyenin	Kare Kod
Numarası:	Adı Soyadı: ORKAN KEÇİKÇİ	
Veriliş Tarihi: 5.11.2018	Firması: PERRET MÜHENDİSLİK MİMARLIK İNŞAAT DANIŞMANLIK SANAYİ TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ	
Son Geçerlilik Tarihi: 5.11.2028	Sertifika No: IMO-48-0055	
İptal Edilen EKB No:	İmza:	

Şekil 2.9. Enerji kimlik belgesi üçüncü sayfası (Perret Mühendislik, 2023c)

2.5.11.Yapı Malzemeleri Yönetmeliği

Yapı Malzemeleri Yönetmeliği, 8 Eylül 202 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğin amacı, yapı malzemelerinin temel teknik özellikleri ve malzeme performansları hakkında standartlar ve kurallar belirlenmesini, malzemelere “CE” işaretinin eklenmesini ve bu doğrultuda denetimler gerçekleştirerek piyasada satışa sunulmasını sağlamaktır.

Bu yönetmelikte imalatçı, ithalatçı, yetkili satıcı, dağıtıcı firmalarının görev ve yükümlülükleri açıklanmıştır. Bu firmaları denetleme yetkisi Çevre, Şehircilik ve İklim değişikliği Bakanlığı’na aittir. Yönetmelik ile yapı malzemelerinin tasarımdan üretime, uygulamadan geri dönüşüme kadar tüm yaşam döngüsü boyunca çevreye en az zarar vermesi ve enerji kullanması amaçlanmaktadır.

2.5.12.Binalar ile Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Yönetmeliği

Binalar ile Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Yönetmeliği, 23 Aralık 2017 tarihinde Sürdürülebilir Yeşil Binalar ile Sürdürülebilir Yerleşmelerin Belgelendirilmesine Dair Yönetmelik’in yerine yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğin amacı, sürdürülebilir bina ve yerleşim yerlerinin tasarımı ve inşası için değerlendirme ve sertifikalandırma sistemlerinin oluşturulması ve sertifika değerlendirme kriterlerinin oluşturulmasıdır. Mevcut ve yeni binalar isteğe bağlı olarak yönetmelikte belirlenen kriterler doğrultusunda yetkili uzman ve kuruluşlar tarafından değerlendirilmekte ve ardından sertifika işlemleri yürütülmektedir. Bu yönetmelik sayesinde sürdürülebilir yapı inşası için yasal altyapı oluşturulmuştur.

2.6. Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri

Malzeme, bir amaç doğrultusunda kullanılacak ürünü elde etmek için kullanılan materyallerdir. İnsanlar temel ihtiyaçlarını karşılamak için zaman içerisinde doğada bulunan hammaddeleri işlemeyi öğrenmişlerdir. Barınma ihtiyacını karşılamak için yaptıkları binaların inşasında kullanmak üzere yapı malzemeleri üretmeye başlamışlardır. Dünyada tüketilen enerjinin %50’si ve suyun %42’si yapının yapımında ve kullanımında kullanılmaktadır. Yapı malzemeleri üretimi dünya enerji tüketiminin %10’unu, bina üretimi ve yıkımı sonucu ortaya çıkan toplam atık miktarı ise dünya atıklarının %40’ını oluşturmaktadır (Doan vd., 2017).

Bilinçsizce yapılan yapılar ve zararlı yapı malzemeleri nedeniyle inşaat sektörü çevreye ve ekonomiye diğer sektörlerle göre daha fazla zarar vermektedir. Çevre kirliliğinde inşaat sektörünün rolünü azaltmak için sürdürülebilir yapı ve yapı malzemeleri tercih edilmelidir. Böylelikle inşaat sektörünün yüzdesel payı düşürülebilir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. İnşaat sektörünün kaynak tüketiminin yüzdesel payları (Doan vd., 2017)

Kaynak Tüketimi	Yüzdesel Pay (%)
Küresel ekonomik aktivitenin	10
Enerji kullanımının	50
Dünya malzemelerinin	40
Temiz su tüketiminin	17
Ozona zararlı kimyasal kullanımının	50
Yıllık küresel ahşap ürününün	25

Yapı sayısındaki artış, doğal kaynakların ve enerji kaynaklarının tüketilmesine ve bunun sonucunda da doğaya verilen zararın artmasına neden olmuştur. Çizelge 2.2’de binaların çevreye verdiği zararlar incelendiğinde, inşaat sektörünün çevresel tahribata etkisi diğer sektörlerle göre yüzde olarak daha fazladır.

Çizelge 2.2. İnşaat sektörünün çevre kirliliğine etkilerinin yüzdesel payları (Franzoni, 2011)

Çevre Kirliliği	Yüzdesel Pay (%)
Hava kirliliği	24
İçme suyu kirliliği	40
Katı atıklar	20
Küresel ısınmaya neden olan gazlar	50

Yapı sektörünün faaliyetleri çevreye ve insanlara kalıcı zararlar vermektedir. Bu zararların azaltılabilmesi için sürdürülebilirlik ilkeleri ile planlanmış çalışmaların yürütülmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir tasarımlar doğrultusunda, sürdürülebilir yapıların üretiminin artırılması gerekmektedir. Sürdürülebilir yapı üretiminde sürdürülebilir yapı malzemelerinin rolü büyüktür (Franzoni, 2011).

Yapı malzemeleri, yaşam döngülerinin üretim, kullanım ve yok etme aşamalarında çevreye ve insan sağlığına zarar veren emisyonlar ve katı atıklar oluşturmaktadır. Bu yüzden üretim aşamasında oluşum enerjisi, katı atık ve emisyon üretimi az olan sürdürülebilir yapı malzemeleri kullanılmalıdır.

Sürdürülebilir yapı malzemeleri, ömrü boyunca minimum enerji tüketen, hammaddelerin elde edilmesi, işlenmesi, kullanımı, bakım-onarım ve atık oluşumu sırasında çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyen, performans, estetik, sağlamlık ve maliyet açısından diğer yapı malzemelerinden avantajlı olan malzemelerdir (Sayar vd., 2009).

Mimari tasarımcılar, yapılarda kullandıkları sürdürülebilir malzemelerin üretiminden geri dönüşümüne kadar olan süreci, özelliklerini, çeşitlerini, uygulama yöntem ve koşullarını, performanslarını ve maliyetlerini bilmek zorundadırlar. Tasarımcının tüm bu faktörleri bilmesi, sürdürülebilir yapı malzemesi seçim sürecinde bina kullanımına uygun malzemeyi seçerek bina enerji performansında ve maliyetlerinde tasarruf sağlar (Esin, 2007).

2.6.1.Sürdürülebilir Yapı Malzemelerinin Özellikleri

Sürdürülebilir yapı tasarımında, ekosistemdeki dengeyi bozmamak, insan konforu ve sağlığını arttırmak, yapı ve çevre arasında estetik ilişki kurmak için sürdürülebilir yapı malzemeleri kullanılmalıdır. (Gültekin ve Yavaşbatmaz, 2013).

Yapı malzemeleri doğadaki kaynağından çıkarılıp yapıda kullanılına kadar bir süreçten geçmektedir. Yapıların kullanım süresi üretim ve inşa süresinden daha fazla olduğundan dolayı yapılarda kullanılacak sürdürülebilir malzemelerin önemi giderek artmaktadır. Sürdürülebilir yapı malzemelerinin kalitesini etkileyen bazı faktörler vardır. Bunlar; malzeme üretiminde ihtiyaç duyulan enerji miktarı, üretim sırasında çevreye verilen zarar ve ortaya çıkan zehirli gaz miktarı, bünyesinde bulundurduğu toksik madde miktarı, uygulamanın yapılacağı yere ulaştırılması için gereken enerji miktarı, ekonomik ömrünü tamamladıktan sonra geri dönüştürülebilir olmasıdır (Roaf vd., 2003).

Küresel ısınma, asit yağmurları, ozon tabakasının incilmesi, fotokimyasal duman, ötrofikasyon, çölleşme, toprak erozyonu, ormansızlaşma gibi ekolojik yıkım olaylarını önleyebilmek için mimari tasarımcılar sürdürülebilir yapı malzemeleri tercih etmelidir.

Sürdürülebilir yapı malzemelerini diğer malzemelerden ayıran bazı özellikler bulunmaktadır.

Bu özellikler;

- İnsan sağlığına zarar vermeyen, çevre dostu, güvenli olması,
- Dışarıdan gelecek yüklere ve iklim şartlarına rağmen uzun süre bozulmadan fonksiyonlarını yerine getirebilecek dayanıklılıkta olması,
- Geri dönüştürülerek çevreye ve ekonomiye fayda sağlaması,
- Üretiminde ve kullanımında kaynak ve enerji tasarrufu sağlaması,
- Geri dönüştürülmüş malzemelerden üretilmesi,
- Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak üretilmesi nedeniyle oluşum enerjilerinin düşük olması,
- Yerel kaynakları kullanarak çevreye ve geleneksel mimariye saygılı olması,
- Havaya, suya ve toprağa etki eden yayılımların miktarının az olması,
- Ekonomik, toplumsal ve kültürel sürdürülebilirlik ilkelerine saygılı olması,
- Mekanik dayanım, ısı geçirgenliği ve iletkenliği, su ve nem dayanımı, akustik ve optik özelliklerinin istenilen standartların üzerinde olmasıdır (Güner, 2019).

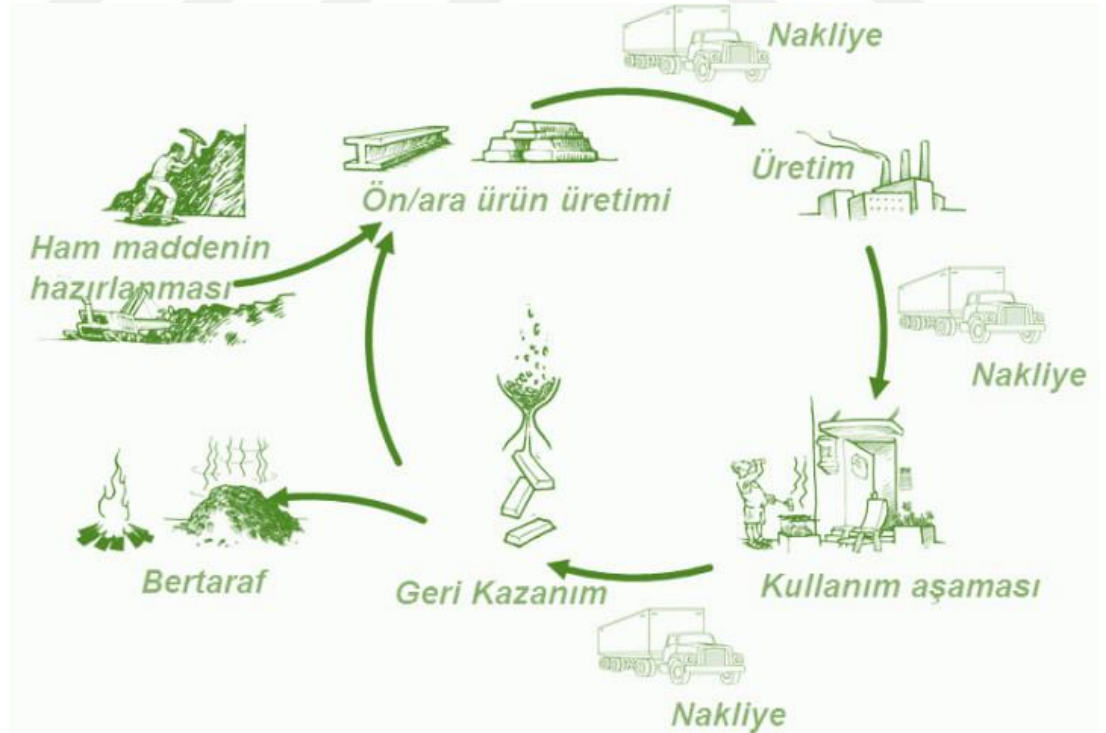
2.6.2.Sürdürülebilir Yapı Malzemelerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi

Çevre ve enerji sorunlarına neden olan inşaat sektörü, dünyayı daha yaşanılabilir bir yer haline getirmek ve ekosistemdeki dengeyi koruyarak çevre sorunlarına çözüm üretmek için sürdürülebilir yapı ve sürdürülebilir malzemeler üzerinde çalışmalara başlamıştır. Bu çalışmalar sonucunda Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkeler tarafından çevre sorunlarının nicel olarak belirlenmesine yönelik bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendirmek için geliştirilen Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi (YDD)'dir. Bu yöntem sayesinde hem nitel hem de nicel verileri içeren bir envanter oluşturulmuştur. Mimari tasarımcılar yapı tasarımında kullanılacak malzemelerin seçiminde ve malzemelerin özelliklerinin karşılaştırmasında envanterden yararlanmaktadırlar. Uluslararası kabul görmüş bu yöntemin uygulanması için bilgisayar programları geliştirilmiş ve yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilebildiği bir yöntem haline almıştır (Gültekin ve Çelebi, 2016).

YDD yönteminin tarihsel süreçte ilk kullanımı sayılabilecek örnek olarak, 1960'lı yıllarda fosil kaynakların kullanımının artması sonucu enerji tüketiminin çevresel etkilerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalar verilebilir. 1963 yılında yapılan Dünya Enerji Konferansı (The World Energy Conference)'nda, malzemelerin üretim enerjileri ve gelecek nesillerin enerji gereksinimleri Harold Smith tarafından belirlenmiştir

(Taygun, 2005). 1970’li yıllarda yaşanan enerji krizleri nedeniyle gelişmiş ülkelerin oluşturduğu komisyonlar malzeme üretim süreci ile ilgili çalışmalar yürütmüştür. 1980’li yıllarda atıkların geri dönüşümü ve yeniden kullanımı için araştırmalar yapılmıştır. 1990’larda Çevresel Toksikoloji ve Kimya Topluluğu (The Society of Environmental Toxicology and Chemistry; SETAC) tarafından enerji ve malzeme döngüsü sistematikleştirilerek ana hatları ile en kapsamlı halini almıştır (Özçuhadar, 2007). Günümüzde ise en güncel çalışmalar, Uluslararası Standartlar Organizasyonu tarafından yayımlanan ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemi Standartları ve ISO 14040 Yaşam Döngüsü Değerlendirme standartlarıdır. Günümüzde en son yapılan çalışmalar, Uluslararası Standartlar Organizasyonu tarafından yayımlanan ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemi Standartları ve ISO 14040 Yaşam Döngüsü Değerlendirme standartlarıdır. Ülkemizde bu standartlar TSE tarafından TS EN ISO 14040 olarak uygulamaya konulmuştur (Gültekin, 2006).

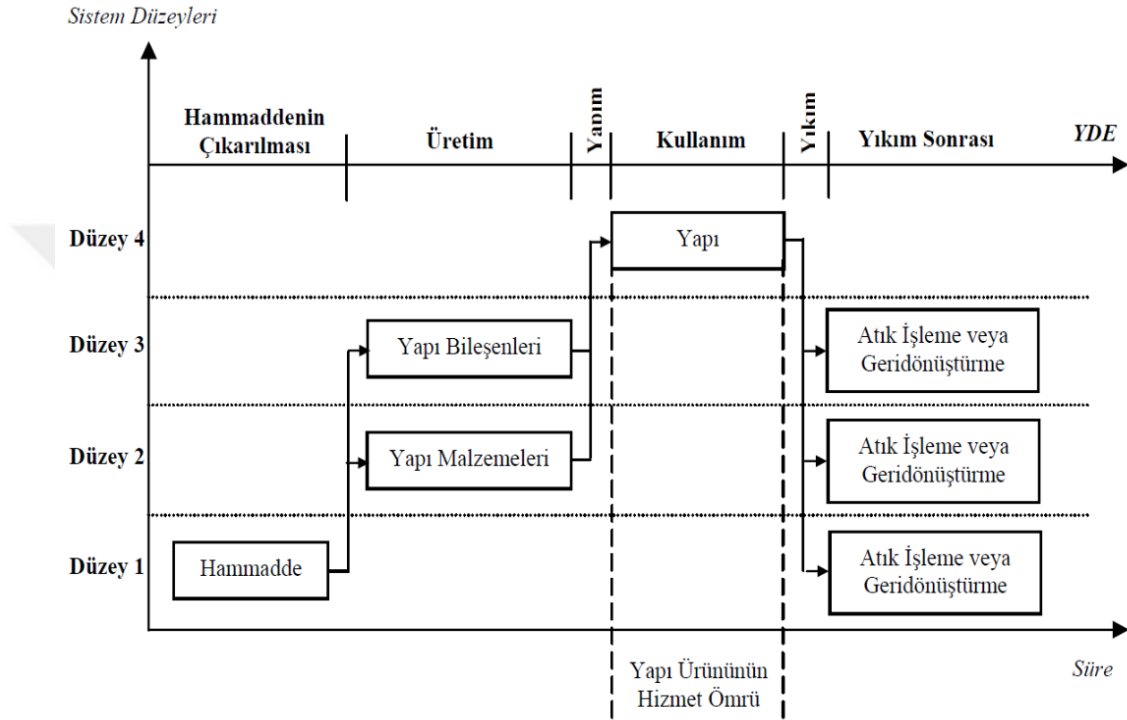
Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi, malzemelerin beşikten mezara (cradle to grave) kavramı yani hammaddenin elde edilmesinden ürünün geri dönüştürülmesine kadar geçen süreçte çevre, ekolojik ve insan sağlığı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesini içeren bir yöntemdir (Şekil 2.10) (Bozkurt, 2007).



Şekil 2.10. Sürdürülebilir yapı malzemelerinin yaşam döngüsü (Omurca, 2017)

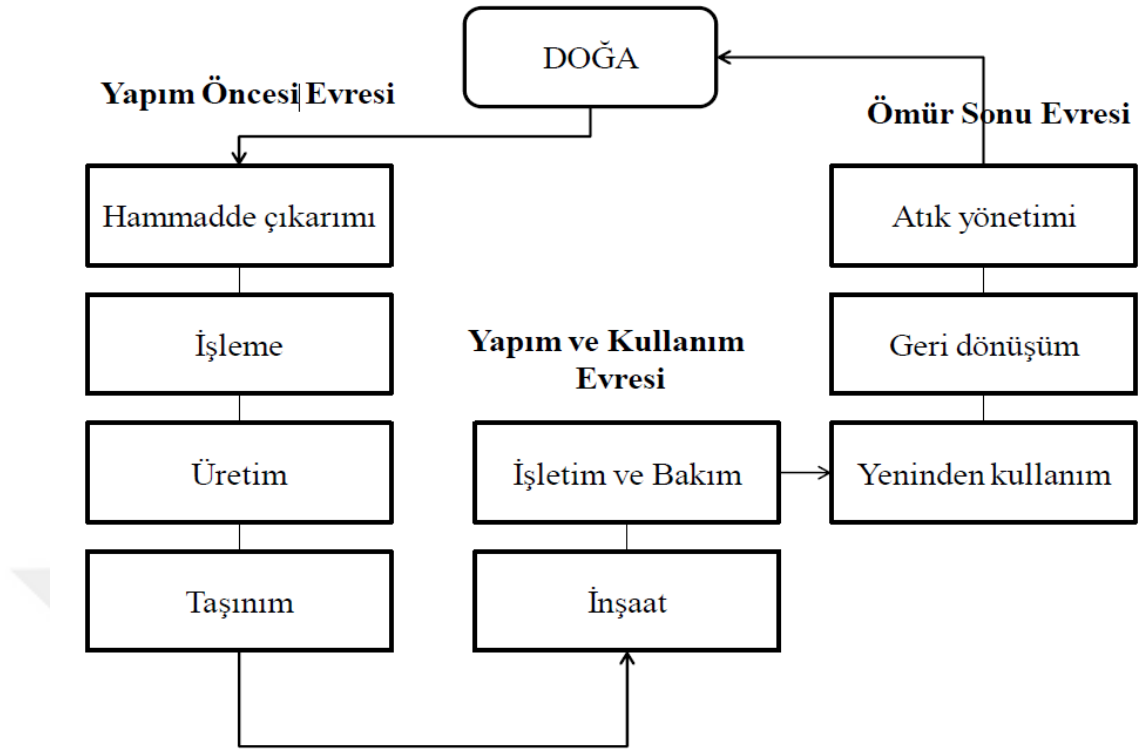
2.7. Sürdürülebilir Yapı Malzemelerinin Yaşam Döngüsü Süreci

Yapı malzemeleri yaşam sürecinde 4 farklı düzeyde ele alınır (Şekil 2.11). Birinci düzey, ham maddenin ilk elde edildiği saf halidir. İkinci düzey, ham maddenin işlenip malzemeye dönüştüğü halidir. Üçüncü düzey, malzemelerin bir araya gelip birleşerek yapı bileşenini oluşturduğu halidir. Dördüncü düzey, malzemelerin yapıda kullanıldığı son halidir (Sayın, 2020).



Şekil 2.11. Sürdürülebilir yapı malzemelerin yaşam döngüsü içerisinde sistem düzeyleri
(Gültekin, 2006)

Yaşam döngüsü değerlendirme yönteminde yapı malzemelerinin yaşam döngüsü sırasıyla ham maddenin çıkarılması, işlenmesi, üretimi, taşınması, yapı inşasında kullanılması, belirli periyotlarda ve gerektiğinde bakım-onarım yapılması, ömrünü tamamladığında bertaraf edilmesi, geri dönüştürülmesi veya işlemlerden geçirilerek tekrardan kullanılması süreçlerinden oluşmaktadır. Bu aşamalar yapım öncesi evre, yapım ve kullanım evresi, ömür sonrası evre olmak üzere üç evrede gerçekleşir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Sürdürülebilir yapı malzemelerinin yaşam döngüsü (Gültekin, 2006)

2.7.1. Yapım Öncesi Evre

Gıda sektöründen sonra en çok hammadde tüketen sektör olan inşaat sektörü, küresel ekonomik aktivitenin %40'ını oluşturmaktadır. Her sene üç milyondan fazla hammadde yapı malzemesi üretiminde kullanılmaktadır. Yapı malzemesi üretimi sürecinde en büyük çevresel etkiler ham madde elde edilirken ve taşınması sırasında gerçekleşmektedir (Calkins, 2009). Bu nedenle yapı öncesi evrede, ham maddenin çıkarılması süreci, işleme süreci, üretim süreci, taşıma süreçleri sürdürülebilirlik ilkelerine göre çevreye zarar vermeden planlı bir şekilde gerçekleştirilmelidir (Şekil 2.13). Bu evre, iş makinelerinin ve nakliye araçlarının kullanımının yoğun olduğu bir aşamadır. Dolayısıyla makine ve araçların performansı, bakım maliyetleri, kullanılan yakıtın türü, atmosfere salınan egzoz gazı miktarı vb. konular sürdürülebilirliği doğrudan etkilediğinden teknolojik donanıma sahip yeni araçların kullanılması önemlidir. Yeni makine ve araç alımı başlangıçta maliyetli olsa da düşük yakıt kullanımı ve yüksek performans sayesinde uzun vadede tasarruf sağlamaktadır.



Şekil 2.13. Sürdürülebilir yapı malzemelerinin yapı öncesi evre süreçleri (Gültekin, 2006)

Hammaddenin çıkarılması sürecinde, hammaddenin toksik madde içermemesi, geri dönüştürülebilir olması, rengi, kokusu, dokusu, yoğunluğu ve sıcaklığı ürün kalitesini belirlemektedir. Ham madde çıkarılırken enerjiye, makineye, iş gücüne, araç ve gereçlere büyük ihtiyaç vardır. Enerji ihtiyacının en fazla olduğu bu süreçte çevrenin korunması için yenilenebilir kaynaklardan enerji elde edilmesi gerekmektedir. Ormanlarda, akarsu yataklarında, taş ocaklarında, maden ocaklarında, yer altı doğalgaz ve petrol kuyularında hammadde çıkarılırken işin hızlı ilerlemesi için deneyimli personele ihtiyaç duyulmaktadır. Bu personellere yönetmelik gereği iş güvenliği konusunda düzenli olarak mesleki ve ilkyardım eğitimleri verilmektedir. Güvenli bir şekilde çıkarılan birinci sistem düzeyindeki saf ham maddeler, işlenmek üzere işleme tesislerine taşınır.

İşleme süreci, birinci sistem düzeyinden ikinci sistem düzeyine ara geçiş sürecidir. İşleme tesislerine getirilen doğada saf halde bulunan ağaç, bitki, maden cevheri, petrol, kireçtaşı, alçıtaşı, çakıl, kum vb. ham maddeler temizle, arındırma, dinlendirme, yıkanma vb. işlemlerden geçirilir. Ardından ham maddeler kesme, kırma, öğütme, ezme, oyma vb. işlemlerden geçirilerek yapı malzemesi üretiminde kullanılabilir hale getirilir.

Üretim süreci, ham madenin işlendikten sonra üretim tesisine getirilmesi ile başlamaktadır. Yapı malzemeleri standartlarına, yönetmeliklere, mimari tasarımcı ve müşteri isteklerine göre çevreye zarar vermeden ekonomik olacak şekilde üretimler gerçekleştirir. Bazı yapı malzemelerinin üretim maliyeti, hammadde azlığı, üretim sırasında aşırı enerji tüketimi veya işçiliğin çok olması nedeniyle yüksektir. Üretim sırasında enerji, doğal kaynaklar ve su tüketimi sonucu yan ürünler, hava emisyonları ve atıklar meydana gelmektedir. İnsan ve çevre sağlığı için üretimde çalışanların koruyucu maske, gözlük ve giysi kullanması, bacalara filtre sistemleri konulması, tesiste belirlenen yerlere havalandırma sistemleri ve geri dönüşüm kutuları konulması gerekmektedir. Üretim sürecinde yapı malzemesi olarak üretilenler ikinci sistem düzeyine, yapı elemanı olarak üretilenler ise üçüncü sistem düzeyine girmektedir (Tufan ve Özel, 2012).

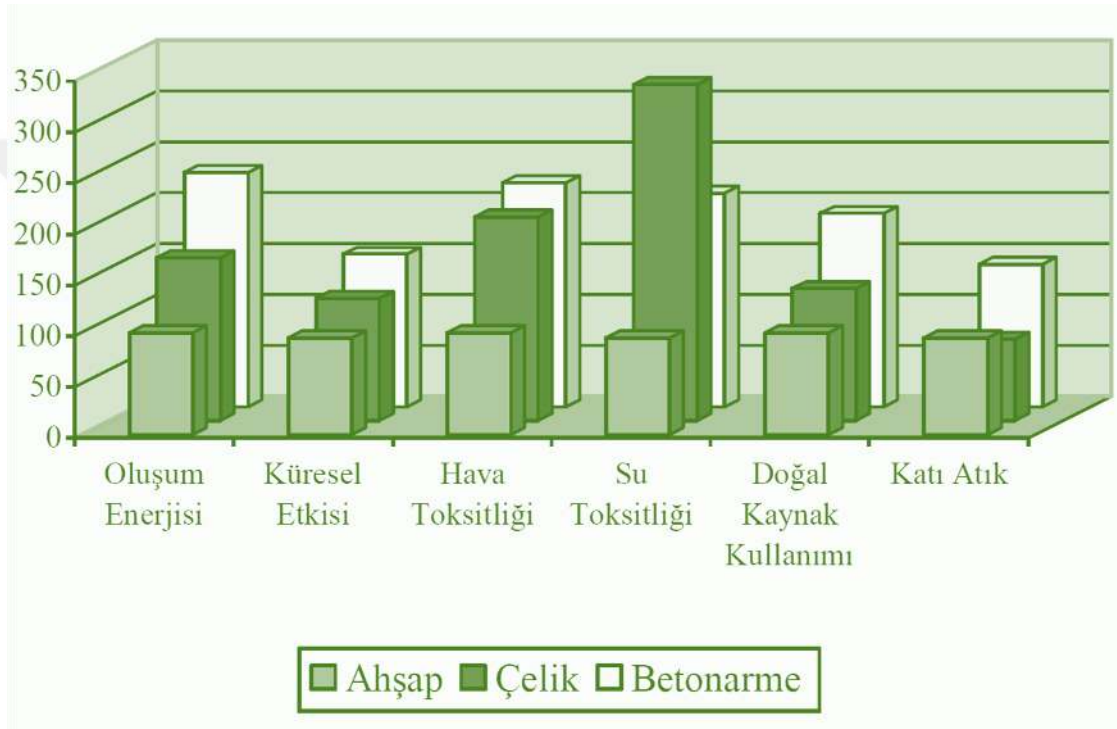
Taşıma süreci, üretimi tamamlanan yapı malzemelerinin paketleme işleminden sonra üretici veya tedarikçiden alınarak hava, kara veya su yolu ile şantiye alanına getirilme sürecidir. Bu süreçte yapı malzemelerinin yerel olması, paketleme malzemesinin özelliği, taşıma mesafesi, nakliye yöntemi ve taşımada kullanılan aracın yakıt türü sürdürülebilirliği etkileyen faktörlerdir (Anderson vd., 2002)

Yapı öncesi evrede malzeme üretiminde kullanılacak ham maddenin çıkarılması, işlenmesi, üretilmesi ve taşımaya uygun şekilde paketlenmesine kadar geçen süreçte harcanan enerjilerin toplamına malzemenin oluşum enerjisi denir. Malzemelerin yapı yapımında kullanılmadan önceki işlemlerin sayısı ve türü, malzemelerin oluşum enerjisini etkiler. Ham maddenin malzeme haline gelebilmesi için az sayıda ve basit işlemler gerçekleşiyorsa düşük enerjili malzeme, orta sayıda ve standart işlemler gerçekleşiyorsa orta enerjili malzeme, çok sayıda ve karmaşık işlemler gerçekleşiyorsa yüksek enerjili malzeme sınıfına girmektedir (Çizelge 2.3). Bu sınıflandırmaya göre malzemenin üretiminde kullanılan hammadde kaynaktan çıktığı hali ne kadar korursa oluşum enerjisi o kadar düşük olur. Yapı malzemelerinin oluşum enerjileri kilogram başına tüketilen enerji hesaplanarak bulunur ve kWh/kg olarak gösterilir.

Çizelge 2.3. Genel yapı malzemelerinin oluşum enerjileri (Erdoğan, 2005)

Düşük Enerjili Malzemeler (kwh/kg)		Orta Enerjili Malzemeler (kwh/kg)		Yüksek Enerjili Malzemeler (kwh/kg)	
Kum-Çakıl	0,01	Alçı panel	1,0	Plastikler	10,0
Ahşap	0,1	Tuğla	1,2	Çelik	10,0
Beton	0,2	Çimento	2,2	Kurşun (Pb)	14,0
Kireç-Kum-Tuğla	0,4	Mineral elyaf yalıtımı	3,9	Bakır (Cu)	16,0
Hafif beton	0,5	Cam (Temperli-Rekleftif-Lamine)	6,0	Alüminyum (Al)	56,0

Yapılarda kullanılan yapı malzemelerinin miktarına bakıldığında malzemeler daha çok taşıyıcı sistemlerin inşasında kullanılmaktadır. Yapının oluşum enerjisinin büyük bölümünü oluşturan taşıyıcı sistemler genellikle ahşap, çelik ve betonarme olarak üretilmektedir. Taşıyıcı sistemlerin oluşum enerjileri ve ekosistem üzerindeki etkileri karşılaştırıldığında, birinci sırada ahşap, ikinci sırada betonarme ve üçüncü sırada çelik malzemelerden üretilen taşıyıcı sistemlerin daha sürdürülebilir olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Taşıyıcı sistem malzemelerinin sürdürülebilirlik karşılaştırması (Trusty ve Meil, 1999)

Oluşum enerjisini etkileyen faktörlere araç-gereçlerin performansı, kullanılan yakıtın kalitesi, taşınma mesafesi, hammaddenin doğadaki miktarı ve kaynaktan kolay çıkartılabilmesi örnek verilebilir. Düşük enerjili yapı malzemeleri tercih ederek çevreye verilen zararı azaltmak ve malzemenin yaşam döngüsü boyunca enerji tüketimini en aza indirmek gerekmektedir. Böylece sürdürülebilir mimari kapsamında düşük enerjili yapılar oluşturulur.

2.7.2. Yapım ve Kullanım Evresi

Yapı inşa etmek disiplinler arası bir iştir. Mimar, iç mimar, peyzaj mimarı, inşaat mühendisi, elektrik mühendisi, makine mühendisi, kamu personeli, yapı denetim sorumlusu, tekniker, inşaat işçisi gibi birçok kişinin bir araya gelerek koordineli bir şekilde çalışması gerekmektedir. Yapı tasarım ve yapım süreci belirli standartlar, yönetmelikler ve kanunlar ile sınırlandırılmıştır. Bu sınırlandırmalar sayesinde yapı ömrü boyunca sağlam bir şekilde dayanarak görevini yerine getirmektedir. Yapım ve kullanım evresi inşaat süreci ile başlar, yapının kullanıma açılmasından sonraki işletme ve bakım süreçlerini içeren binanın faydalı ömrünün sonuna kadar devam eder (Şekil 2.15). Yapı malzemelerinin ortalama 50 yıllık ömrü içerisinde en fazla çevresel etki kullanım evresinde ortaya çıkmaktadır. Yapı malzemelerinin yaşam döngüsü boyunca enerji tüketiminin %85'i kullanım aşamasında, %15'i ise üretim aşamasında tüketilmektedir (Şenel, 2010).



Şekil 2.15. Sürdürülebilir yapı malzemelerinin yapım ve kullanım evresi (Gültekin, 2006)

İnşaat süreci, yapı malzeme ve yapı bileşenlerinin inşaat teknikleri ile işçiler tarafından bir araya getirilmesi ile başlayan ve yapının tamamlanması ile son bulan süreçtir. Yapıyı oluşturan ürünler bu süreçte dördüncü sistem düzeyine ulaşmaktadır. Bu süreçte yapı malzemesinin şantiye alanına yakın olması, yerleştirilmesi, montajı ve kullanımı sırasında az miktarda enerji tüketilmesi, uygulama sırasında işçinin sağlığına zarar vermemesi, ürünün dayanımı ve atık oluşturmaması sürdürülebilirlik açısından önemlidir (Tuna, 2005).

İşletim ve bakım süreci, inşası tamamlanan yapıdaki malzemelerin kullanımlarından başlayarak faydalı ömürlerini tamamlamalarına kadar geçen süreçtir. Malzemelerin bu süreçte tam performans verebilmesi ve süreci uzatabilmesi için belirli periyotlarda veya gerektiğinde bakım ve onarımların yapılması gerekmektedir. Bu süreçte malzemenin bakım ihtiyacı, iç mekandaki hava kalitesine etkisi, yapının enerji performansına etkisi sürdürülebilirlik açısından önemlidir (Bayraktar, 2010)

2.7.3. Yapım Sonrası Evre

Günümüzde kaynakların bilinçsizce ve aşırı tüketimi sonucunda atık üretimi artmaktadır. Atıkların %68'i havaya, %22'si suya, %10'u toprağa gaz, sıvı veya katı halde karışmaktadır. Bu atıkların doğaya karışması insan ve çevre sağlığını tehdit edecek boyuta ulaşmıştır (Calkins, 2009).

Bu nedenle inşaat sektöründe ekonomik ömrünü tamamlayan yapı ve yapı malzemelerinin yıkımı sonucu oluşan atıklar ekonomiye ve çevreye faydalı olması için yeniden kullanım, geri dönüşüm ya da yok etme süreçlerinden geçirilmektedir (Şekil 2.16). Bir yapı malzemesinin yeniden kullanılması veya geri dönüştürülmesiyle, hammadde çıkarma işlemi ve üretim sürecinde tüketilen enerji ve hammaddelere ihtiyaç duymadan yaşam döngüsüne yeniden kazandırılır. Böylece bu süreçlerdeki çevresel etkiler ortadan kaldırılmaktadır (Soylu, 2020).



Şekil 2.16. Sürdürülebilir yapı malzemelerinin yapım sonrası evre (Gültekin, 2006)

Yeniden kullanım süreci, ekonomik ömrünü tamamlamış yapı içerisinde kullanılabilir durumdaki yapı malzemelerinin sökülerek başka bir binada yeniden kullanılmasına kadar geçen süreçtir. Ekonomik değeri yüksek olan çelik taşıyıcı sistem elemanları, kapı ve pencere doğramaları, mutfak dolapları, kompozit ve cam cephe giydirme elemanları bir başka binada yeniden kullanılması gereken malzemelerdir. Bu süreçte yapı malzemesi dördüncü sistem düzeyinden üçüncü sistem düzeyine geçer.

Geri dönüşüm süreci, yaşam döngüsünü tamamlamış ve tekrar kullanılamayan malzemelerin geri dönüşüm tesislerinde ayrıştırılarak çevreye ve ekonomiye kazandırılması sürecidir. Süreç sonunda yapı malzemesi üçüncü sistem düzeyinden ikinci sistem düzeyine geçer. Bu süreçte geri dönüşüm işlemlerinin çevreye olan etkisi, maliyeti, geri dönüşüm sonucu elde edilen malzemelerin piyasadaki talebi, işlemler sırasında ortaya çıkan atıkların denetlenmesi, miktarının azaltılması veya yok edilmesi sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Çizelge 2.4'te belirtildiği gibi yapı üretim sürecinde oluşan atıklar malzemeler ve fireler, yenileme, onarım ve yıkım işlemlerinde ortaya çıkan beton, metal, çelik, ahşap, seramik, plastik, cam vb. atıkları kırma, öğütme, ufalama, eritme, ezme vb. işlemlerden geçirilerek tekrar kullanıma sunulmaktadır.

Çizelge 2.4. Yapı Malzemelerinin geri dönüştürülmesi (İpekçi vd., 2017)

Yapı Malzemeleri/ Bileşenleri	Geri Dönüşüm İşlemi	Geri Dönüştürülmüş Ürün
Beton	Kırma, ufalama	Geri dönüştürülmüş agregası (kırmataş) Dolgu malzemesi, Düşük dayanımlı beton bileşiminde agregası (grobeton) Yol yapımında alt yapı malzemesi Parke taşı, sıva ve peyzaj elemanlarında
Tuğla-Kiremit	Harç artıklarının temizlenmesi Kırma, ufalama Yakılarak uçucu küle dönüştürme	Yeniden kullanılacak tuğla Dolgu malzemesi Tuğla/kiremit üretiminde hammadde
Doğal Taş	Kırma, ufalama	Geri dönüştürülmüş agregası Dolgu malzemesi
Mermer	Kırma Toz haline getirme	Beton ve asfalt uygulamalarında agregası Dolgu malzemesi Asfalt, çimento-beton harcında ve zemin iyileştirmede dolgu katkı malzemesi
Metaller	Doğrudan kullanım Eritme	Yeniden kullanılacak metal Yeni metal üretimi
PVC Esaslı	Yıkama, Kurutma, Eritme Kırma, kesme Kırma, ufalama Toz haline getirme	Panel, Geri dönüştürülmüş plastik Geri dönüştürülmüş agregası Alan drenajı, Asfalt, Sentetik toprak
Cam	Doğrudan kullanım, İkinci kalite cam üretimi Öğütme, ezme, eritme	Yeniden kullanılacak cam Geri dönüştürülmüş cam Cam lifli yalıtım malzemesi (cam yünü, cam elyaf) Seramik, Yol döşeme bloğu Yol kenarlarındaki yansıtıcı boya üretiminde
Seramik	Kırma / öğütme	Camlar ile birlikte de geri dönüştürülerek tezgâh üretiminde, Beton ve Tuğla üretiminde katkı olarak
Ahşap	Doğrudan kullanım Temizleme/Kesme/Yeniden boyutlandırma Yüksek su buharı altında şekil verme Rendelenerek Lif, Talaş ve yonga haline getirme Yakma	Yeniden kullanılacak ahşap Mobilya ve mutfak elemanları Enerji kaynağı Ahşap kökenli malzemeler Yalıtım levhası, Hafif yalıtım ve dolgu malzemesi Kâğıt
Yalıtım Malzemeleri	Yıkama, kurutma, öğütme ve ezme Yakma	Yeniden üretilen yalıtım malzemesi Asfalt yapımında
Kapı/pencere Mutfak Ekipmanları	Doğrudan kullanım Temizleme/Boyutlandırma	Yeniden kullanım

Yok Etme Süreci, yeniden kullanılamayan veya geri dönüştürülemeyen yapı malzemelerinin özel yöntemlerle imha edilmesi işlemidir. Yok etme işlemi resmi kurumlar veya resmi kurumun izni ve kontrolünde bu işlemi yapmaya yetkili geri dönüşüm firmaları tarafından yapılmalıdır. Atıkların bilinçsizce doğaya salınarak çevre ve insan sağlığına zarar vermemesi için resmi kurum, kuruluş ve sivil toplum kuruluşları tarafından imha süreçleri desteklenmeli ve halk geri dönüşüm konusunda bilinçlendirilmelidir. Atıkların yok etme sürecinden önce madde haline göre ayrıştırılması imha sürecini kolaylaştırmakta ve hızlandırmaktadır. Bu süreçte yapı malzemesinin üretimi sırasında oluşan atıklar ve malzemenin kendisini yok etme yöntemleri, malzeme durumuna göre farklılık göstermektedir (Çizelge 2.5). Süreç sonunda yapı malzemesi ikinci sistem düzeyinden birinci sistem düzeyine geçer.

Çizelge 2.5. Yapı malzemelerinin geri dönüştürülmesi (Ciambrone, 1997).

Katı Atıklar	Sıvı Atıklar	Hava Emisyonları
Toprak altında biriktirme	Kanalizasyona akıtma	Fırında yakma
Fırında yakma	Endüstriyel işleminden geçirme	Aktif karbon
Biyolojik çürütme	Fırında yakma	Yoğunlaştırma (sıvılaştırma)
Toprak yüzeyinde toplama	Yer altına atma	Havadaki tozu toplama
Eritme	Buharlaştırma	Havadaki Gazı Temizleme
Camlaştırma	Denize Akıtma	Filtreleme
Çimentolama	Filtreleme	
Arındırma	Katılaştırma	

2.8. Yapı Malzemeleri Açısından Sürdürülebilir Yapı Sertifikalarının İncelenmesi

Günümüzde sürdürülebilir yapılar farklı kaynaklarda ekolojik yapı, yeşil bina, çevre dostu yapı vb. isimlerle adlandırılmaktadır. Sürdürülebilir yapılar, inşa edileceği arsanın seçiminden başlayarak yaşam sürecini ve sonrasındaki geri dönüşüm sürecini sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda toplumsal, çevresel ve ekonomik sorumluluklarını kapsayıcı bir şekilde ele alan, çevre şartlarına göre tasarlanan, minimum enerji tüketen, enerjisini yenilenebilir enerji kaynaklarından elde eden, çevre ile insanın ilişkisinin en iyi şekilde kurgulandığı, insan sağlığı ve konforunu göz önünde bulunduran, kaynakları verimli kullanan, atık üretimi kontrollü ve az olan, sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanıldığı yapılardır (Sur, 2012).

Sürdürülebilir yapıları diğer yapılardan ayıran en temel özellik, çevreye az zarar vermeleri ya da hiç zarar vermemeleridir. Sürdürülebilir yapıların çevresel etkilerini niteliksel olarak değerlendirmek için sürdürülebilir yapı sertifikasyon ve değerlendirme sistemleri oluşturulmuştur. Bu sistemlerde yapılar belirlenen kriterlere göre değerlendirilir ve puanlama sistemine göre sertifika seviyeleri belirlenir. Önceleri gelişmiş ülkeler tarafından kendi koşullarına göre geliştirilen bu sistemler daha sonra gelişmekte olan ülkeler tarafından doğrudan veya kendi koşullarına göre uyarlanarak kullanılmaya başlanmıştır.

Ülkemizde Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği tarafından verilen ÇEDBİK sertifikası ve Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi tarafından oluşturulan SEEB-TR (Sürdürülebilir Enerji Etkin Binalar) sertifika sistemi bulunmaktadır. Ancak bu sertifika sistemleri tercih edilmemektedir. Bu sertifika sistemleri yerine uluslararası bilinirliği daha fazla olan Amerika Birleşik Devletleri'nin LEED sertifika sistemi ve İngiltere'nin BREEAM sertifika sistemi kullanılmaktadır. Sürdürülebilir yapı sertifikalarının puanlama sistemleri incelendiğinde, malzeme kullanımının ortalama %18 oranında puanlamaya katkı sağladığı görülmektedir. Bu nedenle yapılarda kullanılan malzemeler, sürdürülebilir yapı sertifikalarının puanlama sistemlerinde büyük bir paya sahiptir. Malzeme seçiminin öneminden dolayı sürdürülebilir yapılarda doğal, toksik madde içermeyen ve geri dönüştürülebilir yapı malzemelerinin kullanımı yaygınlaşmıştır.

Dünyadaki diğer gelişmiş ülkeler kendi ülkelerindeki koşullara göre sertifika sistemleri oluşturmuştur. Bu ülkelere örnek olarak Avustralya, Hong Kong, Japonya, Kanada, Tayvan, Singapur, Filipinler, Kore, Hindistan ve Avrupa'daki ülkeler verilebilir (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6. Ülkelere göre kullanılan sürdürülebilir yapı sertifikaları (Nashi, 2020)

Ülke	Sertifika Sistemi
Türkiye	ÇEDBİK(Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği), SEEB-TR (Sürdürülebilir Enerji Etkin Binalar)
Amerika Birleşik Devletleri	LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), GBI, Energy Star
Avustralya	Green Star, AGBR
Birleşik Krallık	BREEAM (The Building Research Establishment's Environmental Assessment Method)
Japonya	CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency)
Kanada	SBTool
Hong Kong	BEAM (Building Environmental Assessment Method)
Tayvan	EEWH (The Ecological Community Evaluation System)
Singapur	BCA (Building and Construction Authority)
Filipin	Philippine Green Building Council
Avrupa	European Environment Agency
Kore	KGBC (Korea Green Building Certification)
Hindistan	IGBC (Indian Green Building Council)

Kullanımı her geçen gün artan yapı sertifika sistemleri, yapıların ve yapı malzemelerinin tüm yaşam döngüleri boyunca çevresel etkilerinin azaltılmasını ve sertifikalı yapı malzemelerinin kullanımının artmasını amaçlamaktadır. Başlangıçta üretim maliyeti yüksek olan sürdürülebilir yapılar zaman içerisinde tasarruf ederek yapı kullanım maliyetini düşürmektedir. Sürdürülebilir yapılar, uygun mimari tasarım, sürdürülebilir malzeme kullanımı, enerji verimliliği, atık yönetimi ve geri dönüşüm sayesinde hem ekonomik kazanç sağlaması hem de çevreye saygılı olmasıyla diğer yapılardan ayrılmaktadır. Bu farklılıkların belgelenmesi için bina sahipleri istekleri

doğrultusunda yetkili kurumlara başvurur ve binalar belirlenen kriterlere göre yetkililer tarafından değerlendirildikten sonra bina puanlanır ve buna karşılık gelen sertifikayı almaya hak kazanırlar.

Sürdürülebilir yapı tasarımında kullanılan malzemeler çevreyi etkilemektedir. Bu nedenle, sertifika sistemlerinde yapının değerlendirilmesinde ve puanlanmasında yapıda kullanılan malzemeler büyük önem taşımaktadır. Yapı malzemesinin oluşum enerjisi, yaşam süreci boyunca bakım ve onarımı, faydalı ömrünü tamamladıktan sonra geri dönüşüm süreci sürdürülebilir tasarımı etkilediği için sürdürülebilir yapı malzemeleri tercih edilmelidir.

Sertifika sistemleri, sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanımını artırmak ve yapı malzemelerinin yaşam süresince çevreye verdiği zararları azaltmak için;

- Sürdürülebilir yapı tasarımında atık malzemelerin toplanması ve depolanması için alan oluşturulmasına,
- Yapının kullanımı sırasında insanların oluşturduğu atık miktarını azaltmak ve yapıdan uzaklaştırmak için atık planının yapılmasına,
- Yeni inşa edilecek sürdürülebilir yapıda, ömrünü tamamlamış yapıdan sökülmiş ekonomik değeri yüksek olan çelik kolon ve kirişler, kapı ve pencere doğramaları, korkuluklar, armatürler vb. yapı elemanlarının kullanılmasına,
- Mevcut yapının (iç duvarlar, kapılar, zemin ve tavan kaplamaları) en az %50'sini koruyarak binanın yaşam döngüsünün uzatılmasına,
- Yapının inşaatı ve yıkımı sırasında ortaya çıkan zarar görmemiş atıkların geri dönüştürülmesi veya yeniden kullanılmasına, zarar görmüş atıkların şantiye alanında dolgu malzemesi olarak kullanılması ya da şantiye alanından atık tesislerine taşınarak bertaraf edilmesinin sağlanmasına,
- Yapı inşasında hammadde kullanımını azaltan geri dönüşüm malzemelerinden üretilen yeni yapı malzemelerinin kullanılmasına,
- Yapıda kullanılan malzemelerin üretim yerinin proje alanına yakın olması ve bölgede üretilen yerel yapı malzemelerinin kullanılmasına,
- Hasattan sonra 10 yıl veya daha kısa sürede kendini hızla yenileyen ağaç, bitki, bambu vb. malzemelerin kullanılmasına,
- Strüktür sisteminde, döşemelerde, kapılar ve kaplamalarda Çevre Dostu ve Orman Koruma sertifikasına sahip ahşap malzemelerin kullanılmasına ek puanlar vererek teşvik etmektedir (Nashi, 2020).

2.8.1. ÇEDBİK B.E.S.T- Konut Sertifikası

ÇEDBİK B.E.S.T- Konut Sertifikası, Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği tarafından yeni inşa edilecek konutların sertifikalandırılması için geliştirilmiştir. ÇEDBİK B.E.S.T- Konut Sertifikası yaşanabilir bir çevre oluşturarak toplumların sağlıklı bir şekilde yaşayabilmesi hedeflemektedir. Sertifika çalışmalarına akademisyenler, sivil toplum kuruluşları, meslek odaları ve sektör temsilcileri katılmıştır (İriş, 2019).

Çizelge 2.7’de ÇEDBİK B.E.S.T- Konut Sertifikasının Değerlendirme Kriterleri ve Puanlama Sistemi bilgileri verilmiştir.

Çizelge 2.7. ÇEDBİK B.E.S.T- Konut Sertifikası değerlendirme kriterleri ve puanlama sistemi (ÇEDBİK, 2023a)

Değerlendirme Kriterleri	Puanlama Sistemi
Bütünleşik yeşil proje yönetimi	Onaylı (46-64 puan),
Arazi kullanımı	İyi (65-79 puan)
Su kullanımı	Çok iyi (80-99 puan)
Enerji kullanımı	Mükemmel (100-110 puan)
Sağlık ve konfor	
Malzeme ve kaynak kullanımı	
Konutta yaşam	
İşletme ve bakım	
Yenilikçilik	

Yapılan araştırma ve çalışmalar sonucunda Türkiye şartları göz önünde bulundurularak 9 değerlendirme kriteri ve 4 farklı sertifika seviyesi oluşturulmuştur (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. B.E.S.T- Konut sertifika seviyeleri (ÇEDBİK, 2023b)

2.8.2. Ulusal Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemi (Sürdürülebilir Enerji Etkin Binalar; SEEB-TR)

Ulusal Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemi, 2014 yılında Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi tarafından kurulan Yapı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nin çalışmaları sonucunda oluşturulmuştur. Bu çalışmalara farklı üniversitelerden akademisyenler ve sivil toplum kuruluşları katılmıştır. Dünyada yaygın olarak kullanılan sertifika sistemlerinin incelenmesi sonucunda Türkiye koşullarına en uygun sertifika sistemi geliştirilmiştir. Türkiye'nin sürdürülebilir yapı inşasında yol gösterici olarak kullanılabilecek bu sertifika sistemi, dünyadaki sistemlerde bulunmayan birçok konuda ilklere imza atmaktadır.

Sürdürülebilir yapı değerlendirilmesi sürecinde 13 ana kriter ve 600 alt kriter belirlenmiştir. Bu kriterler arasında “Uyarlanabilirlik” ve “Afet ve Yangın Güvenliği” ana başlıkları ilk kez kullanılmıştır. Belirlenen 13 ana kriter; enerji, su verimliliği, malzeme ve kaynak kullanımı, konfor, arazi kullanımı, atık yönetimi, proje ve yapım yönetimi, işletme ve bakım, kirlilik, uyarlanabilirlik, yangın güvenliği ve afet, tasarım, inovasyondur. Bu ana kriterler doğrultusunda yapı değerlendirilmektedir. Değerlendirmeler sonucunda puanlamanın sonucuna göre 15 farklı sertifika verilebilmektedir (Aytaç, 2023).

Ulusal Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemi, diğer sürdürülebilir yapı sertifikalandırma sistemlerinden farklı olarak bazı ilklere sahiptir. Bu ilkler arasında değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi için üniversitedeki uzmanlardan görüş alınması, sürdürülebilirlik ilkelerine göre geliştirilen yazılım ile onay ve kontrol sürecine uzaktan erişimin sağlanması, tasarımda çocuk, yaşlı ve özürlü kullanıcıların yapı içinde mekanlara erişiminin kolay ve güvenli olmasının ayrı ayrı değerlendirilmesi bulunmaktadır.



Şekil 2.18. Ulusal Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemi logosu (Ekoyapı, 2014)

2.8.3.LEED (Leadership in Energy & Environmental Design- Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik)

LEED, 1998 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde ABD Yeşil Bina Konseyi (The U. S. Green Building Council; USGBC) tarafından geliştirilmiştir. Günümüze kadar geçen süreçte en çok tercih edilen sürdürülebilir yapı değerlendirme sistemidir. USGBC 1993 yılında mimarlar, inşaat sektörü çalışanları ve çevre grupları tarafından gönüllü olarak kurulan bir konseydir. Kuruluşundan sonra üyeler, kullanımda olan belgelendirme sistemlerini incelemiş ve ardından ABD koşullarına göre sürdürülebilir yapı kavramını tanımlayan yeni bir değerlendirme sisteminin geliştirilmesi üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmaların sonucunda 1998 yılında “LEED NCv1.0” pilot modelini geliştirmişlerdir ve 2000 yılına kadar 12 yapı değerlendirilerek bu model kapsamında değerlendirilerek sertifikalandırılmıştır. 2000 yılında model çalışmaların devam etmesi ve geliştirilmesi sonucunda “LEED NCv2.0” kullanıma sunulmuştur. Değerlendirme süreçlerinde yeni gelişmelerin devam etmesi nedeniyle 2005 yılında “LEED NCv2.2”, 2009 yılında “LEED v3.0”, 2016 yılında “LEED v4.0” ve 2019 yılında şu an kulanımda olan “LEED v4.1” yayımlanmıştır. 2023 yılında değişen değerlendirme standartları ile daha geniş bir kapsama sahip olan “LEED v5.0” kullanıma sokulacaktır. Bu modelde, sürdürülebilir bina standartlarını ve üretimi artırmak için süreç basit ve kolay yönetilebilir olacaktır. LEED sertifikası, güncel çalışmaları ve farklı kategorilerde yapı değerlendirme sistemleri oluşturması sayesinde uluslararası tanınırlık kazanmıştır.

LEED çalışmalarının temel amacı, çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyen, az maliyetle yüksek enerji verimliliği sağlayan, kullanımları sırasında malzeme performansını kaybetmeyen sürdürülebilir malzemeler kullanan, sürdürülebilir tasarımıyla sosyal ve toplumsal fayda sağlayan, iyi tasarıma sahip, yenilikçi teknolojileri barındıran yapıların tasarlanmasını teşvik etmek ve bu kriterlere göre inşa edilen yapılara değerlendirme sonrası sertifika vermektir.

LEED değerlendirme sistemi, yapıları çeşitli proje başlıkları ve farklı değerlendirme kriterleri altında değerlendirilerek, puanlama sonucuna denk gelen sertifika düzeyine göre yapıları sertifikalandırmaktadır. Günümüzde halen “LEED v4.1” versiyonuna göre değerlendirmeler yapılmaktadır

“LEED v4.1” versiyonuna göre yapılar 6 farklı proje başlığı altında değerlendirilmektedir (USGBC, 2023a).

Bu proje başlıklar;

- Bina Tasarımı ve İnşaatı (BD+C);
- İç Tasarım ve İnşaat için (ID+C)
- Bina İşletme ve Bakım (O+M)
- Mahalle Geliştirme (ND)
- Şehirler ve Topluluklar
- Yeniden Belgelendirme.



Şekil 2.19. LEED sertifika seviyeleri (USGBC, 2023b)

LEED sertifika değerlendirmeleri, enerji ve atmosfer (34 Puan), su verimliliği (11 Puan), sürdürülebilir sahalar (10 Puan), iç ortam kalitesi (16 Puan), konum ve ulaşım (16 Puan), malzeme ve kaynaklar (13 Puan) kriterlerine göre yapılmaktadır. Değerlendirme sonunda 100 puan üzerinden sertifika düzeyi belirlenmektedir. Projede tasarım ve yerel öncelik konusunda yenilikler varsa 10 puan daha eklenmektedir. Bu ek puanı kazanmak için ön koşulların karşılanması gerekir.

LEED sertifika sistemine göre değerlendirilen yapılar, belirlenen kategorilerden aldıkları puanların toplamına göre sertifikalandırılmaktadır. Platin, altın, gümüş, sertifikalı olmak üzere 4 farklı sertifika düzeyi bulunmaktadır (Çizelge 2.8).

Çizelge 2.8. LEED puanlama sistemi (USGBC, 2023c)

LEED Sertifika Düzeyi	Değerlendirme	Puan
Platin	80+	4 Yıldız
Altın	60-79	3 Yıldız
Gümüş	50-59	2 Yıldız
Sertifikalı	40-49	1 Yıldız

2.8.4. BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method- Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Metodu)

BREEAM, 1990 yılında İngiltere’de Yapı Araştırma Kurumu (Building Research Establishment; BRE) tarafından geliştirilerek kullanıma sunulmuştur. BREEAM, dünyadaki ilk sürdürülebilir yapı sertifika sistemi olarak tanınmaktadır (Kömürlü, 2018). Kendi sertifika sistemlerini oluşturmak isteyen gelişmiş ülkeler BREEAM’i kullanarak kendi ülke koşullarına göre sertifika sistemleri geliştirmişlerdir.

BREEAM’in temel amacı, yeni teknolojik çözümlerle yapıların çevresel etkilerini azaltmak ve ülkedeki yasal düzenlemelere göre kriter ve standartlar belirleyerek sürdürülebilir yapıların inşasını teşvik etmektir. Başlangıçta sadece yeni inşa edilmiş ofis binaları değerlendirilirken zaman içerisinde endüstri yapıları, ev, okul market vb. yapılar da değerlendirmeye alınmıştır. BREEAM sisteminde yapılar belirlenen kriterler çerçevesinde değerlendirilerek puan kazanmaktadır. Binanın belgelendirilebilmesi için puanlama sistemindeki puanların en az %30’unu kazanması gerekmektedir. Bu değerlendirmeleri Yapı Araştırma Kurumu tarafından eğitilen lisanlı uzmanlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Değerlendirme süreci, yapı sahibinin yetkili kuruluşa başvurusu ve yapının hangi yapı tipi kapsamında değerlendirileceğine uzmanların karar vermesiyle başlamaktadır. Daha sonra süreç üç aşamada ilerlemektedir. Birinci aşama “Tasarım ve Satın Alma (Design and Procurement)” sürecinin değerlendirilmesi, ikinci aşama yapının BREEAM kriterlerine göre yapının “İnşaat Değerlendirmesi (Post Construction)” süreci, üçüncü aşama ise yapının inşasından sonraki işletme sürecini kapayan “Yönetim ve Operasyon (Management and Operation)” aşamasıdır (Sayın, 2020).

Değerlendirme sürecinde enerji, yönetim, sağlık ve konfor, ulaşım, su, arazi kullanımı ve ekoloji, kirlilik, yenilik, malzeme ve atık başlıkları altında yapı puanlanır. Yapılar aldığı puanların toplamına göre Geçer, İyi, Çok iyi, Mükemmel ve Seçkin olmak üzere beş farklı sertifika düzeyinden birini almaya hak kazanır (Çizelge 2.9).

Çizelge 2.9. BREEAM puanlama sistemi (Kömürlü, 2018).

BREEAM Sertifika Düzeyi	Değerlendirme	Puan
Seçkin	85+	5 Yıldız
Mükemmel	70-85	4 Yıldız
Çok iyi	55-70	3 Yıldız
İyi	45-55	2 Yıldız
Geçer	30-45	1 Yıldız

Puanlama sırasında;

- Yönetim kategorisinde, sürdürülebilir yapının tasarım sürecinden başlanarak tüm yaşam süreci boyunca gerçekleştirilen operasyonların yönetiminin sürdürülebilirliğini,
- Enerji kategorisinde, binadaki enerji tüketimini değerlendirmek için binanın tasarımı, binada kullanılan enerji sistemleri ve ekipmanları ve binadaki malzemelerin oluşum enerjisi,
- Su kategorisinde, binanın ihtiyacı olan su miktarı ve kullanılan suyun siyah veya gri su olarak ayrılarak tekrar kullanılması,
- Atık kategorisinde, binanın inşaatı ve kullanımı sırasında oluşan atık miktarını ve atıkların geri dönüşüm yöntemleri ile kontrollü bir şekilde bertaraf edilmesini,
- Sağlık ve konfor kategorisinde, yapı tasarımının ve yapı malzemelerinin insan yaşamına ve sağlığına etkisi,
- Arazi kullanımı ve ekoloji kategorisinde, yapının inşa edileceği alandaki canlı yaşamının korunması ve yapı inşası için arazinin topografyasındaki değişiklikleri,
- Ulaşım kategorisinde, yapının çevresindeki yollarla kurduğu bağı ve yapının kent içerisindeki konumu,
- Kirlilik kategorisinde, yapının kullanımı sırasında ortaya çıkan atıkların havaya, suya ve toprağa verdiği zarar,
- Yenilik kategorisinde, yapının tasarımında, inşasında ve kullanımında maliyeti düşüren, çevreye verilen zararı azaltan yöntemlerin kullanılmasını değerlendirir (Bayraktar, 2010).



Şekil 2.20. BREEAM logosu (BRE Group, 2022)



Şekil 2.21. BREEAM sertifikası (BREEAM International, 2018)

2.8.5. Green Star (Yeşil Yıldız)

Green Star, Avustralya Yeşil Bina Konseyi (GBCA) tarafından 2003 yılında geliştirilmiştir. Yapının çevre ile kurduğu ilişkileri ve yapının kendisini değerlendirmektedir. Green Star'ın temel amacı iklim değişikliğini engellemek için ülkedeki iklim şartlarına uygun sürdürülebilir yapıların sayısını arttırmaktır. Birçok çevre kuruluşunun katılımıyla gerçekleştirilen toplantılar sonucunda Green Star her yıl küçük güncellemeler, 3 yılda bir ise büyük güncellemeler yapmaktadır.

Avustralya'nın geniş yüz ölçümü nedeniyle ülke genelinde farklı iklimler görülmektedir. Bu nedenle yapılar, bölgedeki iklim koşullarına bağlı olarak puanlamada ağırlık katsayıları çarpılarak değerlendirilmektedir. Green Star'ın ülke genelinde binaların farklı iklim koşullarına göre değerlendirilebildiği bir sistem haline gelmesinin ardından binlerce sürdürülebilir bina sertifikalandırılmıştır. Green Star sertifika sistemi, yapıları Green Star Bina, Green Star Konut, Green Star İç Mekân, Green Star Performans, Green Star Mahalle başlıkları altında değerlendirilir. Değerlendirilecek olan yapı yeni inşa edilmiş yapı, mevcutta bulunan yapı, karma kullanımlı yapı, tadilatı gerçekleştirilmiş yapı olabilir. Green Star sertifika sisteminde, Düşük, Ortalama, İyi, Çok iyi, Avustralya'nın en iyisi, Dünyanın en iyisi olmak üzere 6 farklı seviyede sertifika bulunmaktadır. Değerlendirme sonucunda yapının sertifika alabilmesi için en az 4 yıldız için gereken minimum puanı elde etmesi gerekmektedir (Erdede vd., 2014).

Çizelge 2.10. Green Star puanlama sistemi

Green Star Sertifika Düzeyi	Değerlendirme	Puan
Dünyanın en iyisi	75-100	6 Yıldız
Avustralya'nın en iyisi	60-74	5 Yıldız
Çok iyi	45-59	4 Yıldız
İyi	30-44	3 Yıldız
Ortalama	20-29	2 Yıldız
Düşük	10-19	1 Yıldız



Şekil 2.22. Green Star logosu (Avustralya Yeşil Bina Konseyi, 2013)

2.8.6. CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency- Yapılı Çevre Verimliliği için Kapsamlı Değerlendirme Sistemi)

CASBEE, Japonya Sürdürülebilir Bina Konsorsiyumu (Japan Sustainable Building Consortium; JSBC) tarafından ulusal ve yerel yönetimlerin desteğiyle 2001 yılında geliştirilmiştir. CASBEE'nin temel amacı, tek bir binadan kent ölçeğine kadar tüm yapıların verdiği zararı azaltmak, ülkedeki yaşam kalitesini yükseltmek, binaları ve inşa edildikleri çevreleri değerlendirip derecelendirmek ve sertifikalar vermektir. İlk olarak ofis yapıları değerlendirilmeye başlanmıştır. Ardından kapsamı genişletilerek yeni yapılar, mevcuttaki yapılar ve yenilenen yapılar değerlendirilmeye başlanmıştır. CASBEE'nin Japonya genelinde kullanımının yaygınlaşmasının ardından 2015 yılında dünya çapında özellikle Asya ülkelerinin kullanımı için “CASBEE for Cities” geliştirilmiştir (Anbarcı vd., 2012).



Şekil 2.23. CASBEE logosu (CASBEE, 2015a)

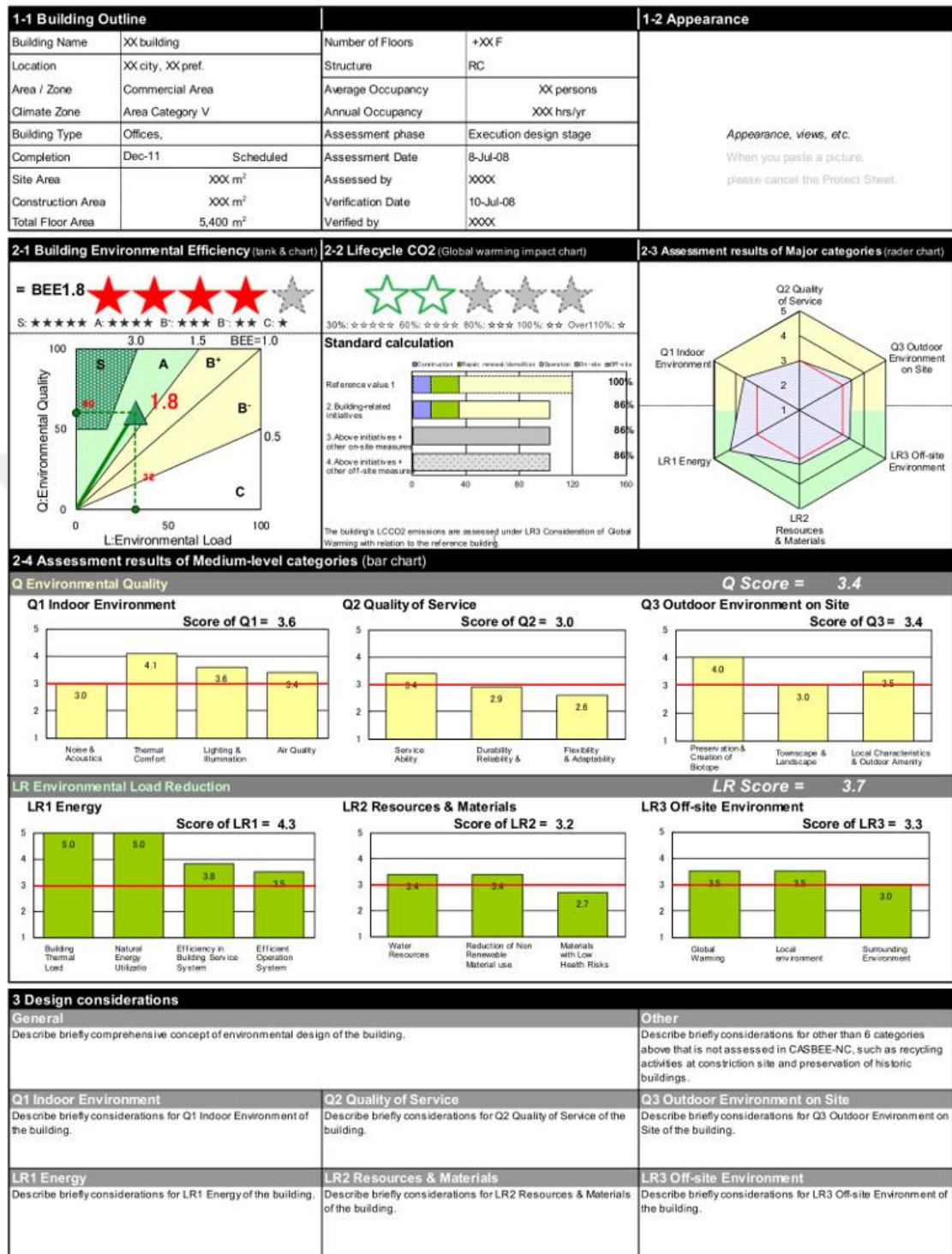
Yapılar işlevlerinden çok yapım aşamalarına göre değerlendirilmektedir. Yapının yaşam döngüsü, yapının çevresel etkileri ve yapının çevre performansı olmak üzere 3 kriter üzerinden değerlendirme yapılır. Değerlendirme sonucunda S, A, B+, B-, C olmak üzere beş farklı düzeyde sertifika verilmektedir (Çizelge 2.11).

Çizelge 2.11. CASBEE puanlama sistemi (Anbarcı vd., 2012)

CASBEE Sertifika Düzeyi	Değerlendirme	Puan
S	Mükemmel	5 Yıldız
A	Çok iyi	4 Yıldız
B+	İyi	3 Yıldız
B-	Kötü	2 Yıldız
C	Çok kötü	1 Yıldız

CASBEE[®] for New Construction | Assessment result

Manual : CASBEE for New Construction (2010 Edition) software : CASBEE-NCe_2010(v.1.0)



Şekil 2.24. CASBEE sertifikası (CASBEE, 2015b)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada “Sürdürülebilir Yapı Malzemelerinin Mimari Tasarımdaki Rolü” tez başlığı kapsamında,

Giriş bölümünde sürdürülebilirlik kavramı, tarihsel süreç içerisindeki gelişimi ve sürdürülebilir kalkınma çalışmaları (Ekolojik ayak izi ve Dünya limit aşım günü) incelenmiştir. Ardından ekonomik, toplumsal ve çevresel sürdürülebilirlik başlıkları altında sürdürülebilirliğin boyutlarına değinilmiştir. Genel bilgiler için literatür araştırması sırasında makaleler, kitaplar, dergiler, bildiriler, tezler, kütüphanedeki basılı kaynaklar ve internet kaynaklarından yararlanılmıştır. Tarihsel süreç içerisinde gerçekleştirilen sürdürülebilirlik çalışmaları hakkında bilgiler için toplantı ve kongreleri sonucunda yayımlanan sonuç raporları incelenmiştir.

Genel bilgiler bölümünde sürdürülebilir mimari ve tasarım süreci hakkında bilgiler verilerek sürdürülebilir yapıların yaşam süreci (yapı öncesi evre, yapı evresi, yapı sonrası evre) ve özellikleri açıklanmıştır. Ardından Türkiye’de ve yurtdışında sürdürülebilir mimari ile ilgili standartlar ve yasal düzenlemeler alt başlıklar altında incelenmiştir. Bu bölümde son olarak teze konu olan sürdürülebilir yapı malzemelerinin özellikleri, yaşam döngüsü süreçleri (yapım öncesi evre, yapım ve kullanım evresi, yapım sonrası evre) ve sürdürülebilir yapı sertifikaları açısından önemi incelenmiştir. Sürdürülebilir yapı sertifikaları incelenirken, puanlama sistemi ve sertifika seviyelerine ait bilgi ve görseller resmi internet sitelerinden temin edilmiştir.

Araştırma bulguları ve tartışma bölümünde;

- Düşük oluşum enerjisine sahip biyo-bazlı malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri ana başlığı altında mantarlar ve bakterilerden, yaşayan malzemelerden (canlı bitkiler), yiyecek atıklarından, suda yaşayan organizmalardan, kanalizasyon atıklarından, topraktan, bitkilerden ve miselyumdan üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri ve örnek yapı olarak Patlatılmış Görünüm Ötesinde Bina ve Büyüyen Pavilyon yapıları,
- Geri dönüştürülmüş malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri ana başlığı altında yapısal atıklar yeniden kullanım, yeniden üretim, geri dönüşüm olmak üzere üç farklı şekilde ve örnek yapı olarak Döngüsel Pavilyon ve Geri dönüşüm Evi,

- Yerel doğal kaynaklardan üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri ana başlığı altında kenevir (Düz Ev), kerpiç (Marakeş Yves Saint Laurent Müzesi), sıkıştırılmış toprak (Batı Avustralya Seddi), bambu (Panyaden Uluslararası Okulu) ve samandan (Kumul Evi) üretilmiş yapı malzemeleri ve bu malzemelerin kullanıldığı örnek yapılar incelenmiştir.

Sonuç ve öneriler bölümünde tez çalışması boyunca sürdürülebilirlik, sürdürülebilir mimari ve sürdürülebilir yapı malzemeleri hakkında elde edilen bilgiler değerlendirilmiştir. Ardından günümüz şartlarında bu konu hakkında yapılabilecek çalışmalara yol gösterecek, ışık tutacak öneriler sunulmuştur.

3.2. Yöntem

Sürdürülebilir yapı malzemeleri incelenirken öncelikle malzemelerin yaşam döngü süreçleri hakkında bilgiler verilmiştir ardından malzemenin genel, fiziksel ve kimyasal özellikleri ve kullanım alanları çizelge şeklinde incelenmiştir. Hammaddenin elde edilışinden yapı malzemesi üretiminde kullanılmasına kadar geçen süreç internet kaynaklarından elde edilen yaşam döngüsü diyagramları ve üretim aşaması görselleri ile desteklenmiştir.

Sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanıldığı örnek yapılar hakkında bilgiler, yapıya ait mimari çizimler analiz edilerek ve mimari proje raporları okunarak elde edilmiştir. Sürdürülebilir yapılar hakkında bilgiler elde edildikten sonra yapıda kullanılan malzemeler görsel olarak analiz edilerek çizelge haline getirilmiştir. Sürdürülebilir yapının künyesi, yapının karakteristik malzemesi ve yapıda kullanılan malzemeler strüktür malzemeleri, detay malzemeleri ve koruyucu malzemeler kategorilerinde incelenerek yapı malzemesi analizi çizelgesine eklenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Dünyadaki enerji kaynaklarının gereksiz kullanımı ve çevre kirliliği göz önünde bulundurulduğunda inşaat sektöründe bu olumsuzluklara neden olan en önemli unsur yapılarda kullanılan yapı malzemeleridir. Yapı malzemeleri, yapının temel bileşenleridir. Yapının yaşam sürecinde dinamik, değişken, hayatın ritmine ve inşa edildiği topoğrafyaya uygun, çevre ve canlı ekosistemi ile sürdürülebilir ilişkiler kuran malzemeler tercih edilmelidir. Bu nedenle mimari tasarım sırasında yapısal tasarım ile malzeme arasında bir denge kurabilmek için her mimarın yapı malzemesi hakkında bilgi sahibi olması gerekmektedir.

Bu bölümde sürdürülebilir yapı malzemelerinin tasarımcı tarafından yapıda bilinçli olarak kullanılması ve malzemenin daha iyi bilinmesi için gerekli olan genel, fiziksel ve kimyasal özellikler ve kullanım alanları genel hatlarıyla incelenmiştir.

Sürdürülebilir yapı malzemeleri incelenirken düşük oluşum enerjisine sahip biyo-bazlı malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri, geri dönüştürülmüş malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri ve yerel doğal kaynaklardan üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri başlıkları altında üçe ayrılarak incelenmiştir (Çizelge 4.1).

Sürdürülebilir yapı malzemelerinin özellikleri incelendikten sonra, sürdürülebilir yapı malzemelerinin mimari tasarımdaki rolünün anlaşılması ve yapı malzemelerinin mimari tasarımdaki kullanım alanlarının irdelenmesi amacıyla örnek sürdürülebilir yapılar incelenmiştir. Sürdürülebilir yapılarda kullanılan yapı malzemeleri incelendikten sonra elde edilen bilgiler malzemelerin kullanım alanlarına göre bölümlere ayrılarak tablolastırılmıştır.

Çizelge 4.1. Sürdürülebilir yapı malzemeleri

SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI MALZEMELERİ
Düşük oluşum enerjisine sahip biyo-bazlı malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri
Geri dönüştürülmüş malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri
Yerel doğal kaynaklardan üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri

4.1.1.Düşük Oluşum Enerjisine Sahip Biyo-Bazlı Malzemelerden Üretilen Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri

İnsanlar zaman içerisinde karşısına çıkan problemlere çözüm oluşturabilmek için yeni yöntemler ortaya çıkarmışlardır. İnsanlığın kendini geliştirdiği süreçte özellikle sanayi devrimi ve ardından gelen teknolojik gelişmeler sayesinde üretim hızı ve miktarı artmıştır. Artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için üretimin artmasıyla birlikte enerji ve kaynaklar bilinçsizce tüketilmeye başlanmıştır. Bunun sonucunda karbon salınımının artması, üretim sonucu oluşan atıkların kontrol altına alınmaması vb. nedenlerle çevre ve insan sağlığı tehlikeye girmiştir. Tüm bu sorunlara çözüm yolu üretmek için biyomimikri (biyomimetik) yaklaşımı ortaya çıkmıştır (Pawlyn, 2011).

Biyomimikri kavramı literatürde 1960 yılında ilk defa “bionic” terimi, 1969 yılında biomimetic isimleri ile anılmaya başlanmıştır. 1997 yılında biyolog ve yazar Janine Benyus tarafından “Biyomimikri: Doğadan İlham Alan İnovasyon (Biomimicry: Innovation Inspired by Nature)” adlı kitabında konsept haline getirilerek mimarlık, mühendislik, malzeme bilimi, kimya, nanoteknoloji ve yazılım sektörleri başta olmak üzere tüm sektörlerde kullanılmaya başlanmıştır. Biyomimikri kavramında insanlar doğayı rehber kabul edip doğayı taklit ederek doğadan ilham alma yöntemleriyle yeni oluşumlar, yaklaşımlar, malzemeler üretirler ve bunun sonucunda doğa ile insan arasında faydalı bir ilişki ortaya çıkar (Benyus, 1997).

Günümüzde canlıların doğadaki yaşam süreci ve oluşumlarının incelenerek üretimlerin gerçekleştirildiği biyomimikri yaklaşımı, yapı tasarımında da popülaritesini artırmaya başlamıştır. Mimari tasarımda biyomimikri yaklaşımı yapının formundan yapıda kullanılan malzemelere kadar pek çok yerde kullanılmaya başlanmıştır. Biyomimetik tasarımların temeli, yapının esinlenerek inşa edildiği çevre ile uyum içinde olmasıdır. Bu tasarımlar sonucunda enerji verimliliği sağlayan ekosistemdeki dengeyi koruyan ve çevre ile olumlu ilişkiler kuran yapılar ortaya çıkmaktadır. Gelişen teknoloji ve biyomimikri yaklaşımı ile tasarımcılar doğadan esinlenerek yeni inşaat teknikleri geliştirmekte ve yapı üretiminde ortaya çıkan karmaşık sorunlara çözüm üretmektedir.

Mimari tasarımda kabul gören bir yaklaşım haline gelen biyomimikri yaklaşımı, malzeme bilimi alanındaki çalışmalarla birlikte yapı malzemelerinin üretiminde de yer almaya başlamıştır. Böylece doğadan ilham alan ve karmaşık sorunlara çözüm üreten biyomimetik malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemelerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Biyomimetik sürdürülebilir yapı malzemeleri, doğadaki

oluşumların yapısından ve özelliklerinden esinlenilerek, yapılarda kullanıma uygun hale getirilen doğal malzemelerdir. Doğada bulunduktan sonra fazla bir işleme ve düzenlemeye uğramadan yapılarda kullanıldığı için oluşum enerjisi düşüktür. Malzemenin performansını doğada olduğu gibi gösterebilmesi için fiziksel ve kimyasal özelliklerinin gerektirdiği şartların sağlanması gerekmektedir. Biyomimetik malzeme üretimi multidisipliner bir iş olduğu için malzeme, biyoloji, kimya, nanoteknoloji ve fizik bilimleri birlikte çalışmaktadır (Yıldırım, 2020).

Biyomimetik yaklaşımla üretilen sürdürülebilir yapı malzemelerinin yapılarda kullanılmasıyla birlikte işlevsellik, esneklik, hafiflik, rahatlık, dayanıklılık ve geri dönüşüm kriterleri büyük ölçüde karşılanmaktadır. Biyomimetik malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri, yapı malzemesinde bulunması gereken tüm potansiyel özellikleri barındırması nedeniyle tercih edilmeye başlanmıştır. Çizelge 4.2’de Biyo-bazlı yapı malzemelerinin genel, fiziksel ve kimyasal özellikler ve kullanım alanları genel hatlarıyla incelenmiştir.

Çizelge 4.2. Biyo-bazlı yapı malzemelerinin incelenmesi

Malzeme	Genel Özellikleri	Fiziksel Özellikleri	Kimyasal Özellikleri	Kullanım Alanı
Biyo-bazlı yapı malzemeleri	Doğada hazır bulunma	Emicilik	Antioksidan	Dikey bahçe
		Isı yalıtımı	Karbon tutucu	Yalıtım malzemesi
	Düşük oluşum enerjisi	Ses yalıtımı	Nem tutucu	Beton katkısı
	Ekonomik	Hava geçirgenliği	Antialerjik	Duvar, zemin ve çatı kaplaması
	Çevre dostu	Akustik performans	Doğada kolay çözülebilme	Sıva katkısı
	Hafif	Yalıtım performansı		Ev tekstili
	Hızlı büyüme	Suya ve ateşe dayanıklılık		Vitrifiye
	Kolay geri dönüşüm			İç mekan tefrişi

4.1.2. Patlatılmış Görünüm Ötesinde Bina (The Exploded View Beyond Building)

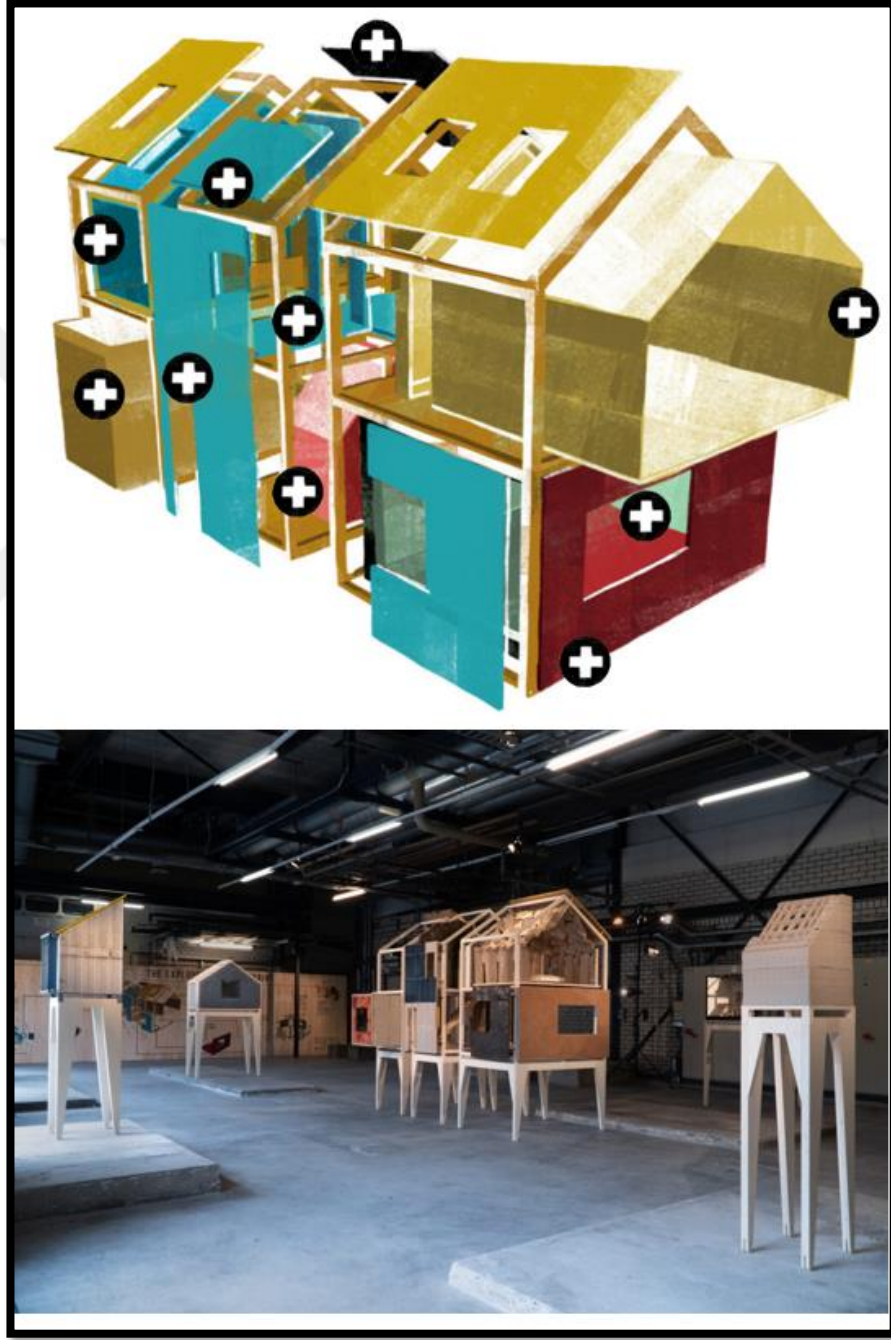
Patlatılmış Görünüm Ötesinde Bina (The Exploded View Beyond Building), 2021 yılında Hollanda'nın Eindhoven kentinde Biobased Creations tarafından 100 farklı biyo-bazlı sürdürülebilir yapı malzemesi kullanılarak inşa edilmiştir (Şekil 4.1). Yapı, tasarımcılar, çiftçiler, politikacılar, sanatçılar ve enstitülerin ortak girişimi sonucu biyo-bazlı malzemelerin gerçek yapı projelerinde uygulanmasının başlangıcı olarak konsept ev olarak tasarlanmıştır. Ev formunda tasarlanmasındaki sebep geniş kitleye hitap edebilmektir.

Yapının inşa edilme amacı ziyaretçilere doğal malzemelerle sürdürülebilir bir yapı inşa etmenin ve kullanmanın mümkün olduğunu göstermektedir. İnsanlar ziyaret sırasında yapı malzemelerinin gerçek ölçekte örneklerini görebilmekte, dokunabilmekte ve deneyimleyebilmektedir. Yapının inşası ve biyo-bazlı malzemelerinin üretimi ortak deneysel çalışmalarla gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar kapsamlı ve uzun bir süreç olsa da yapı, aldığı birçok ödül sayesinde sanat, tasarım, mühendislik ve inşaat sektörlerinde sürdürülebilirlik çalışmalarında öncü olmuştur.



Şekil 4.1. Patlatılmış Görünüm Ötesinde Bina (Biobased Creations, 2021a)

Yapı 100'den fazla girişimci tarafından inşa edilmiştir. Her girişimci ekip yaptığı çalışmalar sonucunda kendi seçtiği bir yapı elemanını veya malzemeyi üretmiştir. Daha sonra farklı ekipler tarafından modüler olarak üretilen malzemeler bir araya getirilerek yapı oluşturulmuştur. Yapı inşasında 100 farklı malzeme ve 3D baskı, modüler sistem, sökülebilir sistem gibi 6 farklı yenilikçi inşaat tekniği kullanılmıştır. Yapı inşa edilmeden önce küçük ölçekte maketi yapılmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Patlatılmış Görünüm Ötesinde Bina'nın maketi (Simonis ve Melander, 2021)

Yapıda kullanılan malzemeler strüktür malzemeleri, detay malzemeleri ve koruyucu malzemeler olarak 3 başlık altında yapı elemanlarına göre ayrı ayrı analiz edilmiştir. Daha sonra elde edilen analiz sonuçları çizelge haline getirilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Patlatılmış Görünüm Ötesinde Bina yapı malzemeleri analizi

Sürdürülebilir Yapının Künyesi	Yapının Adı	Patlatılmış Görünüm Ötesinde Bina (The Exploded View Beyond Building)	
	Yapı Tipi	Sergi Yapısı	
	Konumu	Eindhoven, Hollanda	
	Yapım Tarihi	2021	
	Tasarımcısı	Biobased Creations	
Yapının Karakteristik Malzemesi	100 farklı biyomalzeme		
Yapıda Kullanılan Malzemeler	Bina kabuğu Malzemeleri	Düşük oluşum enerjisine sahip biyo-bazlı malzeme	
	Strüktür Malzemeleri	Duvar	Sıkıştırılmış toprak+ Miselyum panel+ Yosun tekstil
		Kolon	Lamine ahşap
		Kiriş	Lamine ahşap
		Döşeme	Lamine ahşap
		Çatı iskeleti	Lamine ahşap
	Detay Malzemeleri	Doğrama	Kamış lifli panel
		Zemin kaplama	Yosun karo+ Biyolaminat+ Biyolit karo
		Duvar kaplama	Pirinç kabuğu+ Miselyum fayans+ Mantar boya kaplama
		Çatı kaplama	Yeşil çatı+ Mantar panel
		Tavan kaplama	Kenevir panel
	Koruyucu Malzemeler	Isı yalıtım	Miselyum kompozit
		Su yalıtım	Dikey bahçe
		Ses yalıtım	Preslenmiş kamış ve odun levhası

Yapıda kullanılan malzemelerin hammaddeleri doğada hazır bulunsa da deneysel çalışmalarla geliştirilip ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Yapı malzemeleri mantarlar ve bakteriler, yaşayan malzemeler (canlı bitkiler), yiyecek, su, kanalizasyon, toprak ve bitkiler olmak üzere 7 kategoride üretilmiştir (Çizelge 4.4). Sürdürülebilir yapının üretiminde en çok bitkiler kullanılmıştır. Üretilen yeni yapı malzemeleri daha önce inşaat sektöründe neredeyse hiç kullanılmamıştır. Bu nedenle bu yapıda kullanılan yapı malzemeleri, sürdürülebilir yapı malzemelerinin üretilmesi ve kullanılması açısından öncü bir uygulamadır.

Çizelge 4.4. Düşük oluşum enerjisine sahip biyo-bazlı malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri

Düşük Oluşum Enerjisine Sahip Biyo-Bazlı Malzemelerden Üretilen Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri
Mantarlar ve bakterilerden üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri
Yaşayan malzemelerden (canlı bitkiler) üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri
Yiyecek atıklarından üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri
Suda yaşayan organizmalardan üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri
Kanalizasyon atıklarından üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri
Topraktan üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri
Bitkilerden üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri
Miselyumdan üretilen yapı malzemeleri

4.1.2.1.Mantarlar ve bakterilerden üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri

Binlerce yıldır doğada yaşayan mantarlar ve bakteriler doğanın temel taşıdır. Ekosistemdeki birçok denge unsuru mantar ve bakteriler tarafından sağlanır. Tarım sektöründe bitki ve ağaçların gelişimini sağlamaktadırlar. Son yıllarda inşaat sektöründe sürdürülebilir yapı malzemelerinin üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Mantarlar ve bakterilerden üretilen biyo-bazlı malzemeler döşeme ve duvar kaplaması, tefriş elemanı, dış mekân zemin kaplaması olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.3).



ESNEK MİSELYUM DÖŞEME

İç tasarım ve mimari için Mogu Srl biyo-bazlı esnek karolar.



BAKTERİ LAMBASI

Jan Klinger Bakteriler her yerde. Aslında üzerimizde ve içimizde insan hücrelerinden on kat daha fazla bakteri var.



MİSELYUM VE AĞAÇ ABAJUR

SEBASTIAN COX STUDIO / SEBASTIAN COX VE NINELA IVANOVA Tasarım stüdyosu Sebastian Cox, doğal bir bakış açısıyla mobilya ve ev aksesuarları tasarlar ve üretir.



AĞAÇ MASA / SONSUZ VAZO

Blast studio Blast Studio, kentsel atıkları, canlı organizmaları ve güncel teknolojiyi kullanarak sanat ve mimari yapıyor.



BIYOLİT

Biomason Biomason, içinde kalsiyum karbonatı çökelten bakterilerle Bioliti prekast beton kiremit üretmektedir.



MİSELYUM KOMPOZİTLERİ

Grown.Bio Grown.bio, tarımsal atıklardan ve miselyumdan ürünler üretir. Mikokompozitler olarak da bilinen bu



AKUSTİK MİSELYUM FAYANS

Mogu Srl / Akustik kiremit Mogu Akustik kiremitler, seçilen miselyumun (bitkisel miselyum) fermente edilmesiyle oluşturulan sertifikalı ürünlerdir.



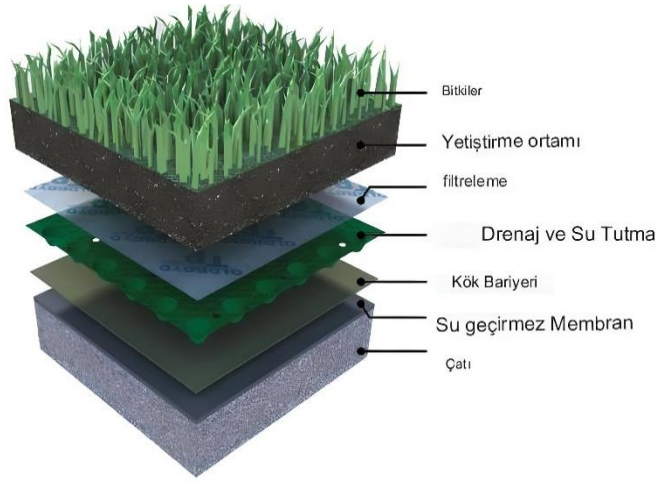
MANTAR KAPLAMA

Xylo Biofinish Xylo biofinish, ağaç üzerine uygulanabilen canlı bir konuma tabakasıdır. Bu kaplamaya dayalı

Şekil 4.3. Mantarlar ve bakterilerden üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri (Biobased Creations, 2021b)

4.1.2.2.Yaşayan malzemelerden (canlı bitkiler) üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri

İnşaat sektöründe, canlı bitkilerden üretilen yapı malzemeleri, insanların ekolojik ayak izini azaltmak için tasarımlarda kullanılmaktadır. Gelecek nesillere daha iyi ve yaşanabilir bir dünya bırakmak için tasarlanan sürdürülebilir yapıların doğal bir yaşam alanı oluşturması ve estetik bir yarar da sağlaması amacıyla üzerinde yeşil çatı, iç ve dış mekanların duvarlarında ise dikey bahçeler tasarlanmaktadır. Bu yaşayan sistemlerde canlı bitkiler katman içinde bir üst örtü malzemesi olarak değerlendirilmekte ve çevre kirliliği ve enerji tüketimini de azaltmaktadır. Çatı ve duvar yüzeyinde oluşturulan bu bahçeler ekstansif (düşük yoğunluklu) ve entansif (yüksek yoğunluklu) olarak iki farklı şekilde tasarlanmaktadır. Yeşil çatı ve dikey bahçe uygulaması, belirlenen yüzeyin yalıtım malzemesiyle kaplanması ile başlar. Kaplama malzemelerinin üzerine drenaj levhası ve filtre keçesi yerleştirilir. Ve son olarak istenilen yoğunluğa göre bitkiler yerleştirilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Yeşil çatı katmanları (Türkeş, 2022)

Bu bahçeler sayesinde yeşil görünüm, hava temizliği, nem dengeleme ve biyolojik çeşitlilik sağlanmaktadır. Canlı bitkilerin CO₂ emme potansiyeli sayesinde karbon ayak izi azaltılmaktadır. Çevre kirliliğinin azaltılmasının yanında bu yapı malzemeleri bakım ve sulama gibi ihtiyaçları kendileri karşıladığı için maliyeti düşüktür.

Yaşayan malzemelerden üretilen bir diğer sürdürülebilir yapı malzemesi ise biyoplastiklerdir. Biyoplastik malzemeler, plastik malzemelerin çevreye verdiği zararın giderek artması sonucu petrol bazlı plastik kullanımını azaltmak için organik ham maddeler (bitki, bitkisel yağ, saman balyası, mısır nişastası, odun yongaları, yiyecek atıkları vb. biyokütle kaynakları) kullanılarak üretilen bir tür geri dönüştürülmüş malzemedir. Fosil yakıtlar (petrol bazlı polimerler) kullanılarak üretilen plastik malzemelere alternatif olarak üretilen biyoplastik malzemelerin kullanımı çevreye fayda sağlamasına rağmen geçmişte üretim ve geri dönüşüm süreçlerinin maliyetli ve zor olması nedeniyle kullanım alanları sınırlı kalmıştır. Günümüzde ise biyoplastik malzemeler, küresel plastik üretim ve kullanım oranının küçük bir bölümünü oluştursa da kullanım alanlarının ve bilinirliğinin her geçen gün artması nedeniyle gelecek vaat etmektedir. Bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde teknolojinin gelişmesiyle birlikte biyoplastik malzemelerin 3D baskı makineleri aracılığıyla çeşitli form ve boyutlarda farklı tasarımlara cevap verebilecek malzemeler olarak üretildiği görülmektedir. Biyo-bazlı ham maddeler ve biyoplastikler kullanılarak üretilen bu sürdürülebilir yapı malzemeleri, yalıtım malzemesi, döşeme ve duvar kaplama paneli, mobilya, yeşil çatı ve dikey bahçe uygulamalarında üst örtü malzemesi olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.5).



AŞIRI BÜYÜMÜŞ DUVAR

Holcim Bouw & Infra Concrete çok yönlü bir yapı malzemesidir, ancak önemli bir karbon ayak izine sahiptir. Holcim t hedefliyor



AKILLI HAVA TEMİZLİĞİ

Smartty Eduard van Vliet'in icadı sayesinde Smartty Air Clean, standart bir testisten daha akıllıdır



EKOLVE

Scape Agency Ecolve, betona biyolojik bir alternatif. Ecolve, tr'den geri dönüştürülmüş malzemelerden oluşur



YENİDEN HAYAT

EXIE / EARTH KWEEK ReLife, CO2 emisyonları, tarım ilaçları ve toprak kirliliği ile mücadele amacıyla kurulmuştur.



DOBBERTUIN

Dobberweelde DobberWeelde'nin yüzen bahçeleri rahat görünüyor; su üzerinde sallanan her türlü bitki



SMARTTY AQUA YEŞİL PANEL

Smartty Aqua Green Panel, Eduard van Vliet'in bir icadıdır ve ince, su tamponlu yeşil bir panel sunar.



MANTAR YEŞİL ÇATI

Earth Kweek/ Dakdorpen 'The Exploded View' için geliştirilen Yeşil Çatı, genişletilmiş temele dayalı %100 doğal modüllerden inşa edilmiştir.

Şekil 4.5. Yaşayan malzemelerden (canlı bitkiler) üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri (Biobased Creations, 2021c)

4.1.2.3. Yiyecek atıklarından üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri

Dünyada hammadde ve doğal kaynakların en çok kullanıldığı ve insanların gün içerisinde en fazla atık ürettiği sektör gıda sektörüdür. Üretilen yiyeceklerin üçte biri tüketilmediği için çöpe atılmaktadır. Dünya nüfusunun büyük çoğunluğu beslenme sorunu ile karşı karşıya kalırken, çöpe atılan gıdalar hiçbir şekilde değerlendirilmemektedir.

Gıda sektöründeki bir diğer problem de sebze, meyve, yumurta kabukları ve paketlenmiş gıdaların ambalajlarıdır. Sürdürülebilir bir gelecek için insanların gıda tüketimi ve gıda atıklarının geri dönüşümü konusunda bilinçlenmesi gerekmektedir. Bu problemleri azaltmak ve çözüm bulabilmek için gıda ve inşaat sektörleri ortak çalışmalar yapmaya başlamışlardır. İnşaat sektöründe sürdürülebilir mimari yaklaşım doğrultusunda sürdürülebilir yapı malzemeleri üretiminde yiyecek atıkları kullanılmaya başlanmıştır. Yiyecek atıklarının yüksek potansiyeli sayesinde kaliteli yapı malzemeleri üretilmektedir. Üretilen yapı malzemeleri yapının farklı yerlerinde kullanılmaktadır. Yumurta kabuğundan seramik tabak, muz kabuğundan tepsi, kahve tavelerinden fincan, bitki liflerinden sıkıştırılmış duvar paneli, bitki yapraklarından ve mısır kabuklarından duvar kağıdı, hayvan yemlerinden ısı yalıtım levhaları üretilmektedir (Şekil 4.6).



YUMURTA KABUĞU SERAMİK

ATELIER LVDW Hollanda, yılda 10 milyar yumurta ile dünyanın en büyük yumurta üreticisidir. Bir yumurta val saçlar



DEKORATİF TEPŞİ

Materia Madera Muz ve kahve, Porto Riko diyetinin iki temel unsurudur. Üretilir ve tüketilirler.



YUMURTANIZI NASIL İSTERSİNİZ?

Basse Stittgen Her yıl dünyadaki 6,4 milyar tavuk yaklaşık 1,1 trilyon yumurta bırakır. Bunların üçte biri, örneğin



ESPRESSO FİNCANI VE CAPPUCCİNO FİNCANI

KAFFEEFORM (DESIGN JULIAN LECHNER) Ürün tasarımcısı Julian Lechner, yeni ve sürdürülebilir bir şey yapma fikrinin ilgisini çekmişti.



EKO-PANOLAR®

Ecoboard international BV ECOboards Doğal liflerden yapılmış standart paneller, sürdürülebilir ve yeşil bir çözümü temsil eder.



YUVARLAK MADDELER SİYAH KAZAK & YUVARLAK KONULAR KIRMIZI KAZAK

Döngüsel Konular Döngüsel Konular Paneli %100 biyo-daireseldir. Bu, malzemenin tamamen yapılabileceği anlamına gelir



ORGANOİD KORNBLUAMA

Organoid / Campo iç mekan ve tavsiyeler Doğal tasarım giderek daha önemli hale geliyor. Organoid, doğayı kolay bir şekilde bir binaya getiriyor



TOTOMOXTLE

Fernando Laposse Totomoxtle, aile yadigarı Meksika mısırtının kabuklarıyla yapılan yeni bir kaplama malzemesidir.



ECOCOCON

Strotec BV Strotec, prensipte bulunan EcoCocon prefabrik hızlı inşaat sisteminin ankasındaki kuruluşur.



BİBER BİBER

Rik Makes Seralardan gelen muazzam miktarda artık akış nedeniyle, büyük bir serayı dönüştürmek mümkündür.



ÖSTERPLAT

D' werkplaats Marjolein Stappers Bir istirdiyenin yenilebilir bir ürüne dönüşmesi beş ila sekiz yıl sürer. Buna ulaştıktan sonra



MARMOLEUM, BORİNG KOLEKSİYONU

Forbo Zemin Kaplama Sistemleri Marmoleum sürdürülebilir zemin kaplamasıdır ve %97 doğal malzemelerden yapılmıştır, bunların %72'si hızlı bir şekilde yıkanır.



GRAMİTHERM®

Gramitherm Europe sa Gramitherm® çim lifli bazlı yalıtım levhalarıdır. Bu süreçte ham madde olarak çim kullanılmaktadır.



KETEN TOHUMU YAĞI MARMOLEUM ZEMİN

Forbo-Flooring BV / Marmoleum Cookie Bu biyobazlı zemin kaplaması 150 yılı aşkın süredir piyasada! Tamamen CO2 nötr malzeme

Şekil 4.6. Yiyecek atıklarından üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri (Biobased Creations, 2021d)

4.1.2.4. Suda yaşayan organizmalardan üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri

Yeryüzündeki sular yaşamın başlangıç noktası olarak kabul edilmektedir. Doğada tatlı su ve tuzlu su ortamında yaşayan virüsler, bakteriler, yosunlar, midyeler, istiridyeler vb. organizmaların dünyanın varoluşundan beri yaşadığına inanılmaktadır. Geçmiş binlerce yıl eskiye dayanan bu canlılar sağlık, ilaç ve tarım sektörlerinde kullanılmaktadır. Son yıllarda uluslararası sürdürülebilirlik çalışmalarındaki gelişmeler sonucunda inşaat sektöründe de kullanılmaya başlanmıştır. Biyomimikri yaklaşımının mimari tasarımda yaygınlaşması ile canlıların doğadaki form ve yaşam tarzlarının sürdürülebilir özelliklerinden ilham alınarak mimari tasarıma yansıtılmaya başlanmıştır. Bu esinlenmeyle inşaat sektörünün ekosisteme verdiği zararları en aza indirebilmek için suda yaşayan organizmalardan yapı malzemeleri üretilmesine yönelik çalışmalara başlanmıştır. Yapı malzemeleri çalışmaları ilk kez yapıldığından deneme yanılma yöntemi ile ilerlemektedir. Sürdürülebilir bir yapının gerektirdiği özelliklere sahip yapı malzemelerinin üretimi için su canlıları incelenmekte ve deneylerle yapı malzemeleri üretilmektedir. Günümüzde suda yaşayan yosun, istiridye, bakteri ve midyelerden yapı malzemesi üretilenmiştir.

Su yosunu, basit köksü yapıları sahip suda kendiliğinden oluşan tek veya çok hücreli bitkilerdir. Su yosunları yapılarında bulundurdıkları klorofiller sayesinde besinlerini kendileri sağlamaktadır. Sudaki popülasyonunun hızlı artması sonucu yosun patlaması yaşanmaktadır. Yosun patlamasının sudaki canlılara, çevreye ve insan sağlığına zarar vermemesi için suyun temizlenmesi gerekmektedir. Temizlenen yosunlar değerlendirilmek üzere sürdürülebilir yapı malzemelerine dönüştürülmektedir. Su yosunu, doğrama, kurutma ve presleme işlemlerinden sonra yalıtım malzemesi ve zemin kaplaması olarak kullanılır. Su yosunlarının bazı türleri herhangi bir işleme uğramadan iç ve dış mekanlarda tasarlanan doğal dikey bahçelerde kullanılmaktadır.

Midye, iki kabuk parçasının eklemlenmesiyle oluşan bir yumuşakçadır. Kıyıya yakın kayalara tutunarak topluca yaşamlarını sürdürmektedirler. Gerekli izinler alındıktan sonra denizlerde midye çiftlikleri kurularak midye yetiştirilebilmektedir. Gıda sektöründe popülaritesinin artması sonucunda midye yetiştiriciliği bir endüstri haline gelmiştir. Midyenin iç kısmı tüketildikten sonra kabuk kısmı kullanılmamaktadır. Kullanılmayan midye kabukları değerlendirilmek üzere yapı malzemesine dönüştürülmektedir. Midye kabukları yıkanma, parçalanma, öğütülme işlemlerinin ardından büyük parçalar zemin kaplaması, küçük parçalar sıva katkısı olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.7).



MANZARALARI DENGелеMEK

Klarenbeek & Dros Klarenbeek & Dros, Algae Biopolymers fr ile 3D baskılı modüler öğelerden oluşan bu manzarayı oluşturdu



AQUATECTURE KOMPAKT SU HASAT SİSTEMİ

Studio Sway Aquatecture, düşen yağmur suyunu toplamak için tasarlanmış kompakt ve modüler bir su toplama sistemidir.



LUMA YOSUN SIVASI

BC malzemeleri / Atelier Luma Bu sıva, kazılmış toprak ve az miktarda biyobazlı malzemenin benzersiz bir karışımına dayanmaktadır.



YOSUN DÖNGÜSÜ / WIERWAAR'DAN KOPYALAYICI KLM SOFRA TAKIMI / KOPYA JOLMA VENNOLA KAVERİ

Studio Klarenbeek & Dros, Yosun Döngüsü projelerinde Studio Klarenbeek & Dros, yerel bir kapanış başlatmaya çalışıyor



BÖLGESEL İNŞA YÖNTEMİ

Bouwtuin Bouwtuin, (öz) inşaat zincirinin sürdürülebilirliğini radikal bir şekilde iyileştirmeye kararlıdır.



NABASCO® 8010

NPSP BV Bu sert malzeme, çeşitli artık akışlardan oluşur: doğa rezervlerinden ve incilerden elde edilen kamış lifleri



BİYOLAMİNAT

HuisVeendam HuisVeendam, doğal yerel liflere ve nişastaya dayalı ürünler geliştirir. Ana bileşen catta'dır.



ZOAK

Tilesystems ZOAK kısaltması (Hollandaca), Çok Açık Atık Seramikler veya Çok Açık Atık Seramikler anlamına gelir p



SESSİZ KAMIŞ

Het Stille Verzet Silent Reed, mükemmel akustik performanslarla kesilip seçilen doğal bir kamış.



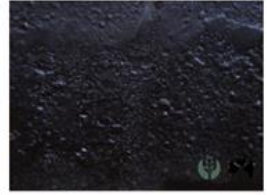
SÖULD AKUSTİK PASPASLAR

Sould Sould'un akustik ürünleri, doğal, toksik olmayan, CO₂ depolayan bir malzeme olan eelgrass'tan yapılmıştır.



SU GEÇİRGEN KAROLAR

Waterweg / Baggerbeestring Her yedi yılda bir, Hollanda'daki her su yolu taranır. Ekstraksiyon, kurutma ve eleme ile



YOSUN KAROLARI

Studio Klarenbeek & Dros Geleceğin plastiklerinin ham maddeleri denizde yerel olarak yetiştirilmektedir. bu ifade



PRESLENMİŞ YOSUN KAROLARI

BlueBlocks, Blue City / Sea-Wood Materials Deniz yosunu, tatlı su, toprak, gübre veya haşere gerektirmeyen, hızlı büyüyen bir üründür.



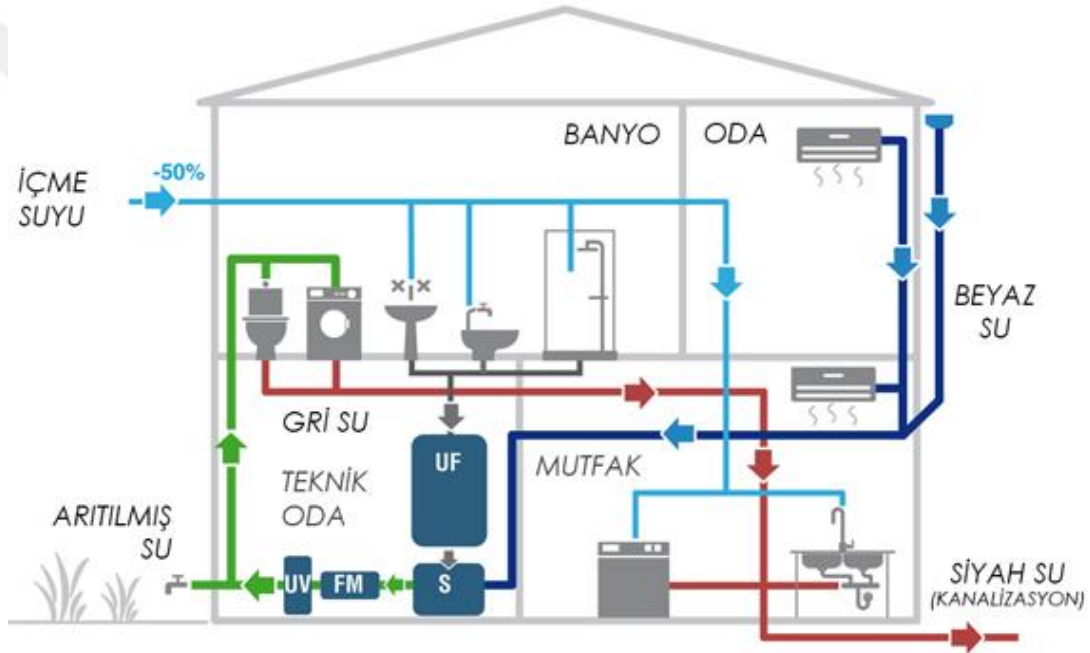
YOSUN TEKSTİLİ

Carolyn Raff Studio / Yosun bazlı Biyopolimer Bu tamamen kompostlanabilir biyopolimer, agar, gliserol ve doğal boyalardan oluşur. Agar bir alg-bastır

Şekil 4.7. Suda yaşayan organizmalardan üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri (Biobased Creations, 2021e)

4.1.2.5. Kanalizasyon atıklarından üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri

İnsanlar ve hayvanlar doğaları gereği tuvalet ihtiyacını karşılamak zorundadırlar. İnsanlar ve hayvanlar tarafında çevreye verilen en büyük zararlardan biri de budur. Vücuda alınan besinlerin gerekli kısımları emildikten sonra geriye kalan posa vücuttan atılmalıdır. Hayvanlar dışkılarını doğaya bırakmaktadırlar fakat insanlar tuvaletlere ihtiyaç duymaktadırlar. İnsanlar tuvalet ihtiyacını karşılamak için su ve peçeteye ihtiyaç duyarlar. Dolayısıyla tuvalet ihtiyacını karşılarken su ve peçete atığı oluştururlar. Yapılarda mutfak, balkon, banyo vb. mekanlarda kullanılan evsel atık içeren sular gri su, tuvaletlerden gelen kullanılan dışkı kontaminasyonu içeren sular siyah su olarak adlandırılmaktadır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Yapı su tesisatı şeması (Mayer Kimya, 2023)

Sürdürülebilir mimari tasarımına sahip yapılarda gri su filtrelenerek bahçe sulamasında kullanılmaktadır. Siyah su ise şehirdeki kanalizasyon sisteminden su artıma tesislerine ulaşmaktadır. Su artıma tesislerinde su filtrelendikten sonra tesiste kanalizasyon atık çamuru oluşur. Bu kanalizasyon çamurunun ve doğaya bırakılan hayvan gübrelerinin doğaya zarar vermesini önlemek için malzeme bilimciler çalışmalar yapmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda toplanan atıklar gerekli işlemlerin ardından insan ve çevre sağlığına zarar vermeyen sürdürülebilir yapı malzemelerine dönüştürülmüştür. Bu atıkların geri dönüşümünü vurgulamak adına yemek takımları, kapı doğraması, duvar panelleri, vitrifiye elemanları üretilmiştir (Şekil 4.9).



MERCACOTTA

Museo della merda Bu sofa takımı görünüşte pişmiş toprakları andırıyor ama değil. Bu seramik inek gübresinden yapılmıştır.



NABASCO® 80 10

NPSP BV Bu sert malzeme, çeşitli atık akışlarından oluşur: doğa rezervlerinden ve incilerden elde edilen kamış lifleri.



TROBOLO® KÜÇÜK KURU TUVALET

Ecosave Trobolo'nun bu TINY kuru tuvaleti yuvarlak şekillerde ahşaptan yapılmıştır. 'Kuru tuvalet' kelimesinin dediği gibi, ben.



SU ARITMA TESİSİNDEN BASILI YAPI ELEMANLARI

Omlab Hollanda'da yılda 180.000 ton tuvalet kağıdı temizleniyor ve atık olarak yakılıyor.



MÜDERNİZM

Studio Billie van Katwijk Atık suyumuzun arıtılmasından sonra kalan en önemli atık madde lağım suyudur.

Şekil 4.9. Kanalizasyon atıklarından üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri (T Biobased Creations, 2021f)

4.1.2.6. Topraktan üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri

Toprak en ekonomik, oluşum enerjisi en az ve geri dönüşümü en kolay olan malzemedir. Bu nedenle geçmişten günümüze yapı yapımında en çok kullanılan yapı malzemesidir. Malzeme bilimciler, inşaat sektöründe toprağın geleneksel kullanımdan farklı kullanabilmek için yenilikçi ve sürdürülebilir çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarda toprak önce elekten geçirilmekte daha sonra döküm, sıkıştırma ve kurutma işlemlerinden sonra yapı malzemesi haline getirilmektedir. Topraktan üretilen yapı malzemelerinde tasarımın gerekliliklerine göre doğal katkıları ve renklendiriciler eklenebilmektedir. Bu sürdürülebilir yapı malzemeleri, duvar, yemek takımı, panel levha ve duvar kaplaması olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.10).



KASTAR

Kastar, sıkıştırılmış toprağı geliştirilebilir. İçin çok miktarda çakıl içeren bir toprak karışımıdır. İndi



LEMIX / CLAYTEC

Ekoplus Lemix kil inşaat levhası, altı levha yerine iyi bir alternatiftir. bazı avantajları



TERRA STORY 2021 / 2019

Fabrikaat Her toprak türünün kendine has bir rengi vardır. Fabrikaat, yerli ürünler için tipik bölgesel malzemeleri keşfediyor



SIKIŞTIRILMIŞ TOPRAK DUVAR

Het Leemniscaat Loam, inşaat projelerinde kazılır ve kil sıva, duvar ve duvar yapımında kullanılabilir.



HARİKA TAŞ

Claytime Wonderstone, duvarlar ve zeminler için kil ve silika bazlı yeni bir Claytime doğal kaplamadır. Teşekkür etmek

Şekil 4.10. Toprakтан üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri (Biobased Creations, 2021g)

4.1.2.7. Bitkilerden üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri

Bitkiler yeryüzünün hemen hemen her coğrafyasında bulunmaktadır. Bitkilerin ekosistemdeki O₂ ve CO₂ dengesini sağlamak gibi önemli bir görevleri vardır. Bu nedenle sürdürülebilir gelecek hedefleri için yeşil alanların korunması gerekmektedir. Bu hedefler doğrultusunda inşaat sektöründe sürdürülebilir yapı malzemesi üretim çalışmaları yürütülmektedir. Malzeme bilimciler tarafından yürütülen bu deneysel çalışmalarda yeşil alanlarda kırılan, kuruyan veya özel olarak yetiştirilen bitkilerden yapı malzemeleri üretilmektedir. Bu tarım sektöründe yapı malzemeleri üretimi için alternatif bitki yetiştiriciliğine olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Pamuk, bambu ve kenevir bitkileri, kolay üretilmeleri, hızlı büyümeleri ve çevre dostu olmaları nedeniyle yapı malzemesi üretiminde kullanmak için en çok yetiştirilen bitkilerdir. Bu malzemelerden strüktür elemanı, duvar, döşeme, tavan kaplaması, kapı ve pencere doğraması, mobilya ve yalıtım levhası üretilmektedir (Şekil 4.11).



WESTERN RED KİREMİT ÇATI VE DUVAR + STAATSBOSBEHEER İLE İÇ KARAÇAM ZEMİN KAPLAMASI

Gras Wood Wide Wood, yalnızca işleme süreci ucuz olmamakla kalmayıp aynı zamanda mağaza ve perakende satışı da ucuz olan tek yenilenebilir ham maddedir.



AGEPAN DWD PROTECT NF

Warmteplan AGEPAN® DWD levhaları, kuru prosese, katkılı ve katkısız olarak üretilen geçirimsiz duvar ve çatı levhalarıdır.



CORKTESS VE CORKNATURE

Gencork Pallatılmış Görünüm Beyond Building'de Gencork'un iki uygulaması kullanılmıştır: Corktess, explor



ORMAN YÜNÜ

Tamara Orjola Çam ağaçları dünyanın başlıca odun kaynağıdır. Yalnızca Avrupa Birliği'nde 600 milyon çam ar



GELECEĞİN ORMANI

Pro Suber Pro Suber (Latince'den serbestçe çevrilir; mantar için), %100 biyobazlı genişletilmiş gazların kullanımı hakkında bilgi verir.



THERMO HANF KOMBI JÜT

Hempflax Thermo Hanf Kombi Jüt, endüstriyel elyaf kenefir pl'den yapılmış yüksek kaliteli bir yalıtım malzemesidir.



YAZI TAHTASI

Typha Technik, ortak geliştirici Fraunhofer-Institut für Bauphysik Typhaboard, her tür biçimde hızlı ve kolay büyüyen bir bitki olan typha'dan (keçi kuyruğu) yapılır.



KANAKURU

Exie CanaDry, kenefir kovanı, kireç ve doğal bir bağlayıcıdan oluşan bir yalıtım malzemesidir. Çatılar, zemin



TERMAL OLARAK DEĞİŞTİRİLMİŞ GERİ KAZANILMIŞ ÇATI KAPLAMASI

gebruiktebouwmateriaal.nl Ürünlerin ve yapı malzemelerinin eski bir imini olduğu ve özenle demonte edildiği,



ESB LITE

Yasal Forum Grubu ESB (eco strandboard), OSB'ye (Oriented Strandboard) çevre dostu bir alternatiftir.



OMIYAMA / SAKAIDE

Zwarthout I Shou Sugi Ban Her tahta CO2 depolar ve böylece atmosferdeki CO2'nin azalmasına katkıda bulunur. ahsap.com



KENEFİR PANELLERİ

Jory Swart Kenefir, Hollanda'da yetiştirilen ve çeşitli hammaddelere işlenen, hızla büyüyen bir malsüldür.



ATIK ZEMİN YOK

Herso dairesel ahşap işçileri Zemin %100 atık ahşaptan yapılmıştır, bu nedenle Herso FSC %100 geri dönüşüm sertifikasını alan ilk kişidir.



ECOLİNDE DOĞAL LATEKS YATAK

Ecolinde Ecolinde doğal lateks şilteler, el yapımı pamuklu yorganlar, yastıklar ve yataklar %100'dür.



PLATOWOOD

Platowood Sürdürülebilir şekilde yönetilen, sertifikalı ormanlardan hızla büyüyen ağaç türleri patentli bir süreçten geçer



KENEFİR KARIŞIMI

Rik Makes / Kompost Tahtası Tahtalar artık kullanılmaz hale geldiğinde tekrar toprağa konulabilir.



YOL KENARI ÇİMLİ BİOLAMİNAT

HuisVendamb HuisVendamb / Bio Laminaat HuisVendamb, bizi çevreleyen doğal ürünlerin estetik niteliklerini ekolojik bir ortamda konuyor.



KAVAK MULTİPLEKS

ECOPLEX Karak, eve yakın büyüyen, nispeten hızlı büyüyen bir ağaçtır. Bu ağaçları büyüterek



KERLOC CEPHE KAROLARI

Martens keramik BV / Kerloc Kerloc herhangi bir ilave ısıtma yapılmadan üretilen soğuk bir seramik malzemedir. malzeme



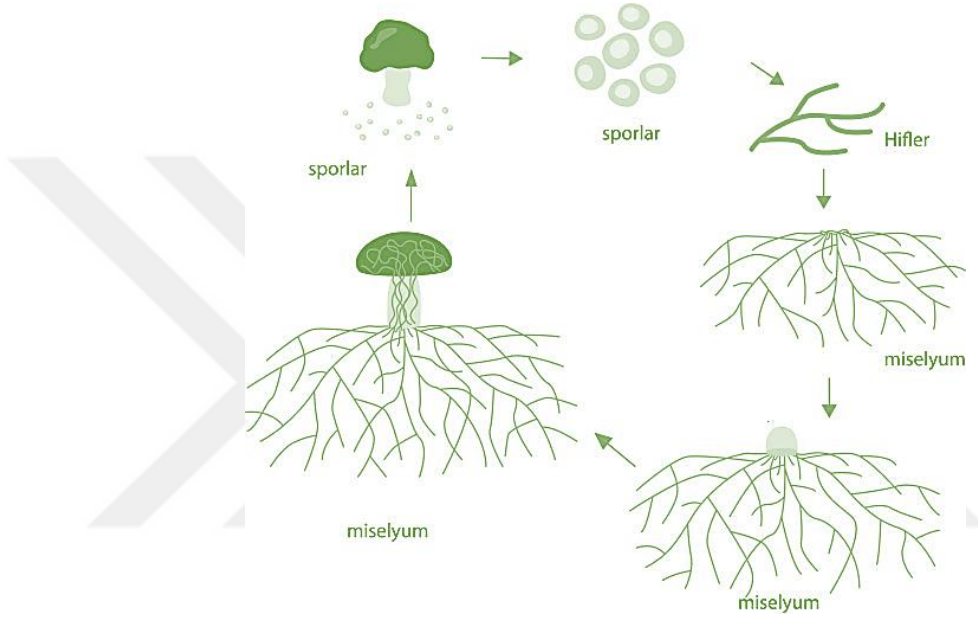
BİOFOLD JÜT DUVARLARI

SAMIRA BOON, NPSP BV, DOFACTORY EN WOLCK / BIOFOLD Biyokompozit Biofold, tekstil atıklarından ve biyobazlı plastiklerden yapılır. origami kombinasyonu

Şekil 4.11. Bitkilerden üretilen biyo-bazlı yapı malzemeleri (Biobased Creations, 2021h)

4.1.3. Miselyumdan Üretilen Yapı Malzemeleri

Mantarların toprak altında bulunan kök kısmını oluşturan liflerin birleşmesi ile oluşan miselyum, son zamanlarda malzeme bilimciler tarafından incelenmeye başlanmıştır. Miselyum, mantar sporlarının rüzgarla taşınarak toprakla karışması ve toprakta büyümesiyle oluşur (Şekil 4.12). Toprak üstünde gördüğümüz mantarlar miselyum ağının gövdesini oluşturan kısımdır. Toprak altında oluşan ağlar mantarları birbirine bağlar ve topraktaki besinleri emer.



Şekil 4.12. Miselyum büyüme süreci (Nircan, 2022)

Bastığımız hemen hemen her toprakta bulunan mantar miselyumu, kolaylıkla yetiştirilebilen, yönlendirilerek istenilen form kolayca giren ve doğada kısa sürede ayrılan bir malzemedir. Bundan dolayı yapı malzemesi olarak kullanımı giderek artmaktadır. Isıya ve suya karşı oldukça dayanıklı olduğu için yapıların iç ve dış mekanlarında rahatlıkla kullanılabilir. Miselyum yapı malzemesi, tarım ve odun atıklarının miselyum ağları ile karıştırılarak kompozit malzeme haline getirilmesiyle oluşturulur. Karışımın kullanılabilir malzeme haline gelmesi ortalama bir hafta sürmektedir. Karışımın içindeki miselyum zamanla gelişerek atık maddeyi kendi içinde hapsederek tasarımcının istediği forma uygun olarak gelişmektedir. İşlem sonunda istenilen forma gelen malzeme preslenerek mukavemeti artırılır. Ardından yapıda kullanıma hazır hale gelmektedir. Miselyum yapı malzemesinin sahip olduğu özellikler ve kullanım alanları Çizelge 4.5'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.5. Miselyum yapı malzemelerinin incelenmesi

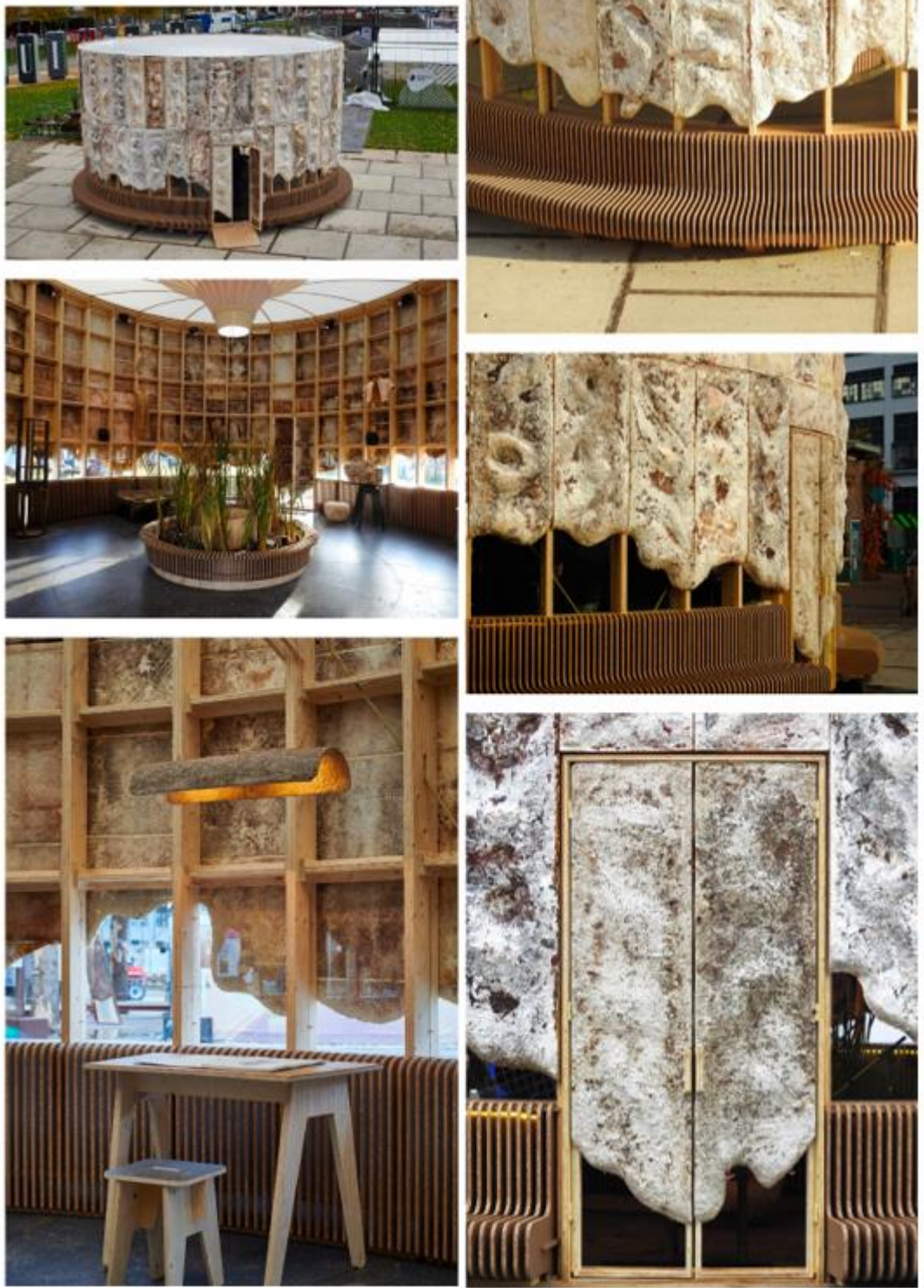
Malzeme	Genel Özellikleri	Fiziksel Özellikleri	Kimyasal Özellikleri	Kullanım Alanı
Miselyum	Bitkisel malzeme	Akustik performans	Karbon tutucu	Yalıtım malzemesi
	Çevre dostu	Yalıtım performansı	Toksin giderme	Duvar kaplaması
	Estetik görünüm	Yangına dayanıklılık	Doğada kolay çözülebilir	
	Düşük oluşum enerjisi			
	Ekonomik			

4.1.3.1. Büyüyen Pavilyon (The Growing Pavilion)

Büyüyen Pavilyon (The Growing Pavilion), 2019 yılında Hollanda'nın Eindhoven kentinde Biobased Creations tarafından biyobazlı miselyum paneller kullanılarak inşa edilmiştir. Yapı Hollanda tasarım haftasında çeşitli etkinliklere ev sahipliği yapmıştır. Yapı inşasında çevreye verilen zararları ve iklim değişikliğini azaltmak için oluşum enerjisi düşük yapı malzemeleri kullanılmıştır. Yapının inşasında hemen hemen her yapı elemanı sürdürülebilir yapı malzemelerinden üretilmiştir. Yapıda odun, tarım atıkları, pamuk, hasır ve miselyum olmak üzere beş temel malzeme kullanılmıştır. Yapı malzemelerinin doğadan elde edildiği şekliyle görünümü korunarak yapıya organik bir doku ve renk kazandırılmıştır (Şekil 4.13). Yapıda kullanılan yapı malzemelerinin karbon tutucu özelliği sayesinde nakliye ve üretim süreçleri dahil 10 tonluk negatif CO₂ emilmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.13. Büyüyen Pavilyon iç mekanı (Oscar, 2019a)



Şekil 4.14. Büyüyen Pavilyon görselleri (Oscar, 2019b)

Tasarımcılar, yapının formuna estetik ve ikonik bir görünüm kazandırmak için projeyi dairesel bir planda tasarlamışlardır (Şekil 4.15). Yapının zemini uzun kuyruklu bitki liflerinin nişasta ile karıştırılmasıyla elde edilen laminant parke tahtaları ile kaplanmıştır. Toplamda 50 m² alanı kaplayabilmek için 30 plaka kullanılmıştır. Yapının strüktür sistemi aspen ve çam ağacından elde edilen 44 ahşap elemandan oluşmaktadır. Strüktür sistem elemanlarının arasına 88 tane miselyum cephe yerleştirilmiştir. Miselyum paneller kıyılmış kenevirlerin mantar sporlarıyla karıştırılmasıyla elde edilmiştir. Yapının dış cephesinin çevresine insanların oturabileceği dairesel formda oturaklar tasarlanmıştır. Bu oturaklar pirinç samanı ve miscanthus bitkisinin liflerinin karıştırılmasıyla üretilen 80 eko levhanın dairesel olarak yan yana birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Yapının çatısı 223 m² dokuma pamuklu kumaş asma-germe yöntemiyle gerilerek kaplanmıştır.



Şekil 4.15. Büyüyen Pavilyon yapı elemanları (The Growing Pavilion, 2019)

Yapıda kullanılan malzemeler strüktür malzemeleri, detay malzemeleri ve koruyucu malzemeler olarak 3 başlık altında yapı elemanlarına göre ayrı ayrı analiz edilmiştir. Daha sonra elde edilen analiz sonuçları çizelge haline getirilmiştir (Çizelge 4.6).

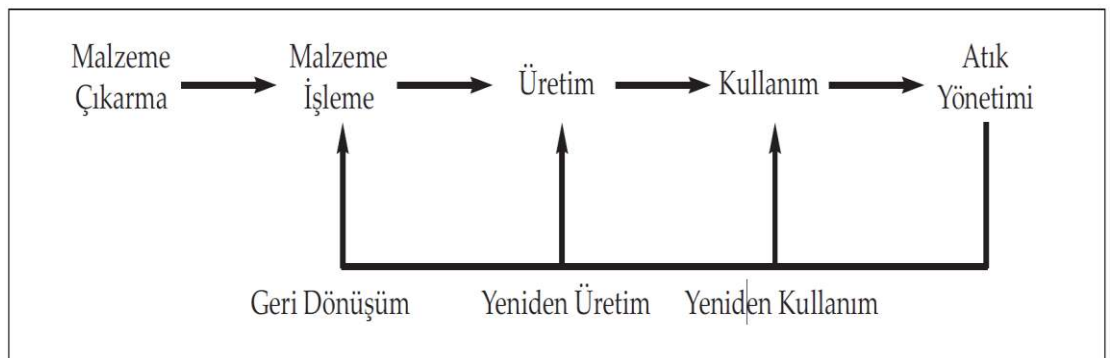
Çizelge 4.6. Büyüyen Pavilyon yapı malzemeleri analizi

Sürdürülebilir Yapının Künyesi	Yapının Adı	Büyüyen Pavilyon (The Growing Pavilion)	
	Yapı Tipi	Pavilyon-Sergi Merkezi	
	Konumu	Eindhoven, Hollanda	
	Yapım Tarihi	2019	
	Tasarımcısı	Biobased Creations	
Yapının Karakteristik Malzemesi	Miselyum paneller		
Yapıda Kullanılan Malzemeler	Bina kabuğu Malzemeleri	Miselyum paneller	
	Strüktür Malzemeleri	Duvar	Miselyum paneller
		Kolon	Aspen ve çam ağacı
		Kiriş	Aspen ve çam ağacı
		Döşeme	Uzun kuyruklu bitki lifleri
		Çatı iskeleti	Dokuma pamuk kumaş
	Detay Malzemeleri	Doğrama	Miselyum paneller
		Zemin kaplama	Hasır otu
		Duvar kaplama	İnka dolgu macunu
		Çatı kaplama	Dokuma pamuk kumaş
		Tavan kaplama	Dokuma pamuk kumaş
	Koruyucu Malzemeler	Isı yalıtım	Miselyum paneller
		Su yalıtım	Miselyum paneller
		Ses yalıtım	Miselyum paneller

4.2. Geri Dönüştürülmüş Malzemelerden Üretilen Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri

Günümüzde en fazla atık inşaat sektörünün faaliyetleri sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıklar yapısal atık olarak adlandırılmaktadır. Atıklar arasında yapıların yaşam sürecinin sona ermesinin ve yıkımının ardından oluşan yapısal atıklar en büyük hacimli ve en ağır atıklardır. Dünyanın gelişmiş ülkelerinde ve ülkemizde yapısal atıkların kontrollü geri dönüşümü ile ilgili yasal düzenlemeler bulunmaktadır. Bu yasalara uymayan kişilere büyük yaptırımlar uygulanmaktadır. Yapıların inşası ve yapı malzemelerinin üretimi yüksek maliyetlidir. Bu nedenle çevre ve insan sağlığı açısından büyük sorunlara neden olan yapısal atıklar geri dönüştürülerek ekonomiye tekrar kazandırılmalıdır (Yalçınkaya ve Karadeniz, 2022).

Yapı inşasında ve sonrasında oluşan atıkların miktarı inşaat tekniğine, proje büyüklüğüne, kullanılan malzemenin türüne ve miktarına göre değişmektedir. Günümüzde yapılarda taşıyıcı sistemin yapımında beton, çelik ve ahşap, diğer yapı elemanlarının üretiminde ise alüminyum, cam, sıva, tuğla, ahşap, alçı ve metaller kullanılmaktadır. Yapılarda kullanılan bu yapı malzemelerinin doğada yok olma süresi yüzyıllarca sürmektedir. Bu nedenle yapısal atıklar çevresel, ekonomik ve toplumsal sorunlar ortaya çıkarmadan geri dönüştürülmelidir (Buzkan ve Erman, 2020). Yapısal atıklar yeniden kullanım, yeniden üretim, geri dönüşüm olmak üzere üç farklı şekilde ekonomiye geri kazandırılmaktadır (Şekil 4.16). Bu dönüşüm sayesinde malzeme üretimi için hammadde çıkarma sürecinde harcanan zaman, para ve enerjiden tasarruf sağlanmaktadır. Geri dönüşümün bir diğer olumlu etkisi de daha önce şehir dışında olan ancak şehrin plansız ve hızlı büyümesi sonucu şehir içinde kalan çöplüklerin temizlenmesidir.



Şekil 4.16. Yapı malzemelerinin geri dönüşüm süreci (Şengül, 2010)

Yeniden kullanım yöntemi, yapının ömrünü tamamlamasına rağmen yapıdaki malzemeler hala kullanılabilir durumdayken gerçekleştirilir. Yeniden kullanılabilir yapı malzemelerine örnek olarak ekonomik değeri yüksek ve kapsamlı üretim süreci olan çelik taşıyıcı sistem elemanları, metal balkon ve merdiven korkulukları, kapı ve pencere doğramaları, kompozit ve cam cephe kaplama elemanları gösterilebilir. Bu yapı elemanları ömrünü tamamlamış yapıdan söküldükten sonra temizlenmektedir. Temizlik işleminin ardından gerekli bakım ve onarım işlemleri gerçekleştirilerek yeni inşa edilecek yapıda kullanıma hazır hale getirilmektedir.

Yeniden üretim yöntemi, kullanım ömrü tamamlanmış yapı malzemelerin veya kullanılan bir yapıda eskimiş, kırılmış veya parçalanmış malzemelerin yeniden ürün haline getirilmesidir. Yeniden üretim sürecinde yeniden hammadde çıkarmak yerine yapısal atıklar tekrar kullanılabilir hale getirilmektedir. Bu yöntemde yapı malzemesi bütünlüğünü koruduğu için yaşam döngüsünü aynı yapı malzemesi olarak tamamlar.

Geri dönüşüm yöntemi, yeniden kullanımı ve yeniden üretimi mümkün olmayan yapısal atıkların çeşitli işlemlerden geçirilerek hammadde haline getirildiği bir yöntemdir. Bu yöntemde yapısal atıklar öncelikle şantiye alanından atık tesislerine getirilmektedir. Atık tesislerinde ayrıştırma işlemlerinin ardından malzemenin cinsine göre farklı işlemlerden geçirilerek hammadde haline getirilir. Bu yöntemde yapı malzemesi hammadde haline getirildiği için farklı bir malzemeye dönüşebilmektedir. Geri dönüştürülmüş malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemelerinin sahip olduğu özellikler ve kullanım alanları Çizelge 4.7’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.7. Geri dönüştürülmüş malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemelerinin incelenmesi

Malzeme	Genel Özellikleri	Fiziksel Özellikleri	Kimyasal Özellikleri	Kullanım Alanı
Geri dönüştürülmüş malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri	Çevre dostu Düşük oluşum enerjisi Ekonomik Kolay geri dönüşüm	Akustik performans Yangına dayanıklı Suya ve ateşe dayanıklı	Geri dönüşüm Kolay şekil alma Yüksek dayanım	Cephe kaplaması Taşıyıcı Sistem elemanı Kapı ve pencere doğraması

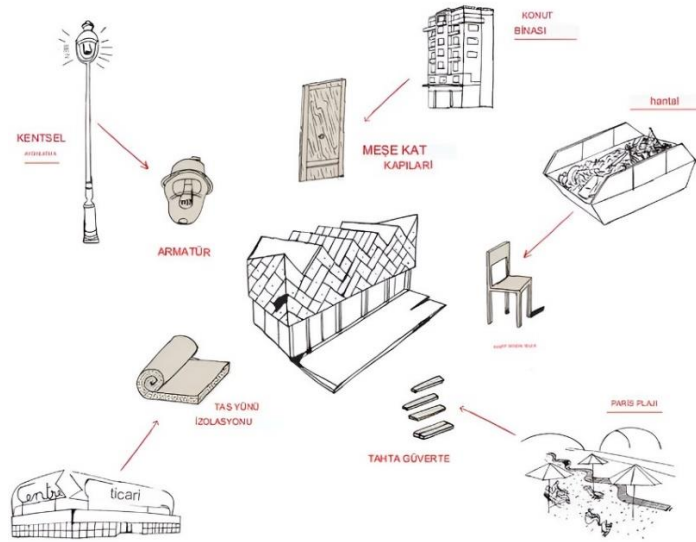
4.2.1. Döngüsel Pavilyon (Pavillon Circulaire)

Döngüsel Pavilyon (Pavillon Circulaire), 2015 yılında Fransa'nın Paris kentinde Encore Heureux Architectes tarafından geri dönüştürülmüş yapı malzemeleri kullanılarak inşa edilmiştir (Şekil 4.17). Paris Belediye Binası'nın avlusunda konumlandırılan 70 m²'lik yapının içerisinde kafe, gösteri ve tartışma alanları ve atölye bulunmaktadır. Yapı formu üst ve alt olmak üzere 2 kısımdan oluşmaktadır. Alt kısım dikdörtgenler prizması şeklindedir. Üst kısım 2 adet yarım beşik çatı arasına yerleştirilmiş üçgen şeklinde 4 adet tam beşik çatıdan oluşmaktadır.

Yapı, mimari tasarımda yapı malzemelerinin değişikliğe uğramadan yeniden kullanımı üzerine deneysel bir proje çalışması olarak inşa edilmiştir. Yapıda kullanılan yapı malzemelerinin birçoğu geri dönüştürülmüş malzemelerdir. Farklı bir yapıda kapı olarak kullanılan yapı elemanları bu yapıda cephe kaplaması olarak kullanılmıştır. Kapılar doğal meşe ağacından yapıldığından cephelere yerleştirilen kapılarda renk tonu farklılıkları ile estetik bir görünüm elde edilmiştir. Yapıyı gören insanlarda bu görüntü merak uyandırmaktadır (Şekil 4.18).

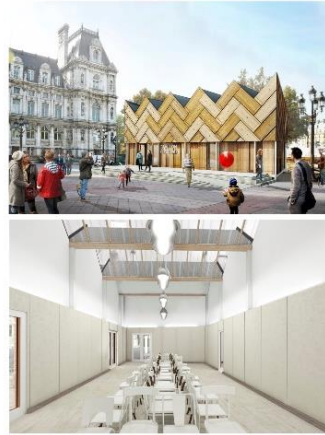
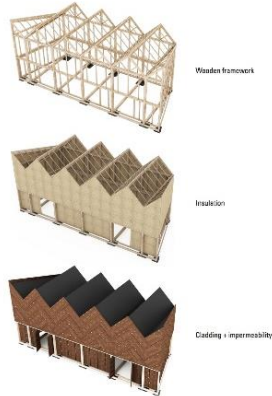


Şekil 4.17. Döngüsel Pavilyon (Weiner, 2015)



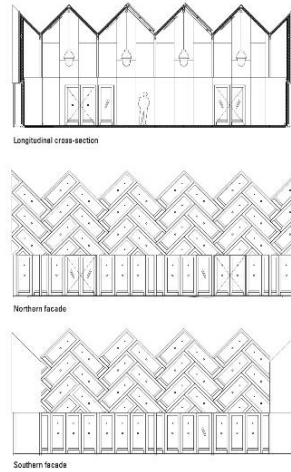
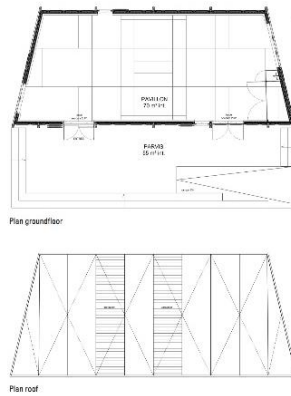
Şekil 4.18. Döngüsel Pavilyon yapısında kullanılan geri dönüşüm malzemeleri (Encore Heureux Architectes, 2015a)

Project



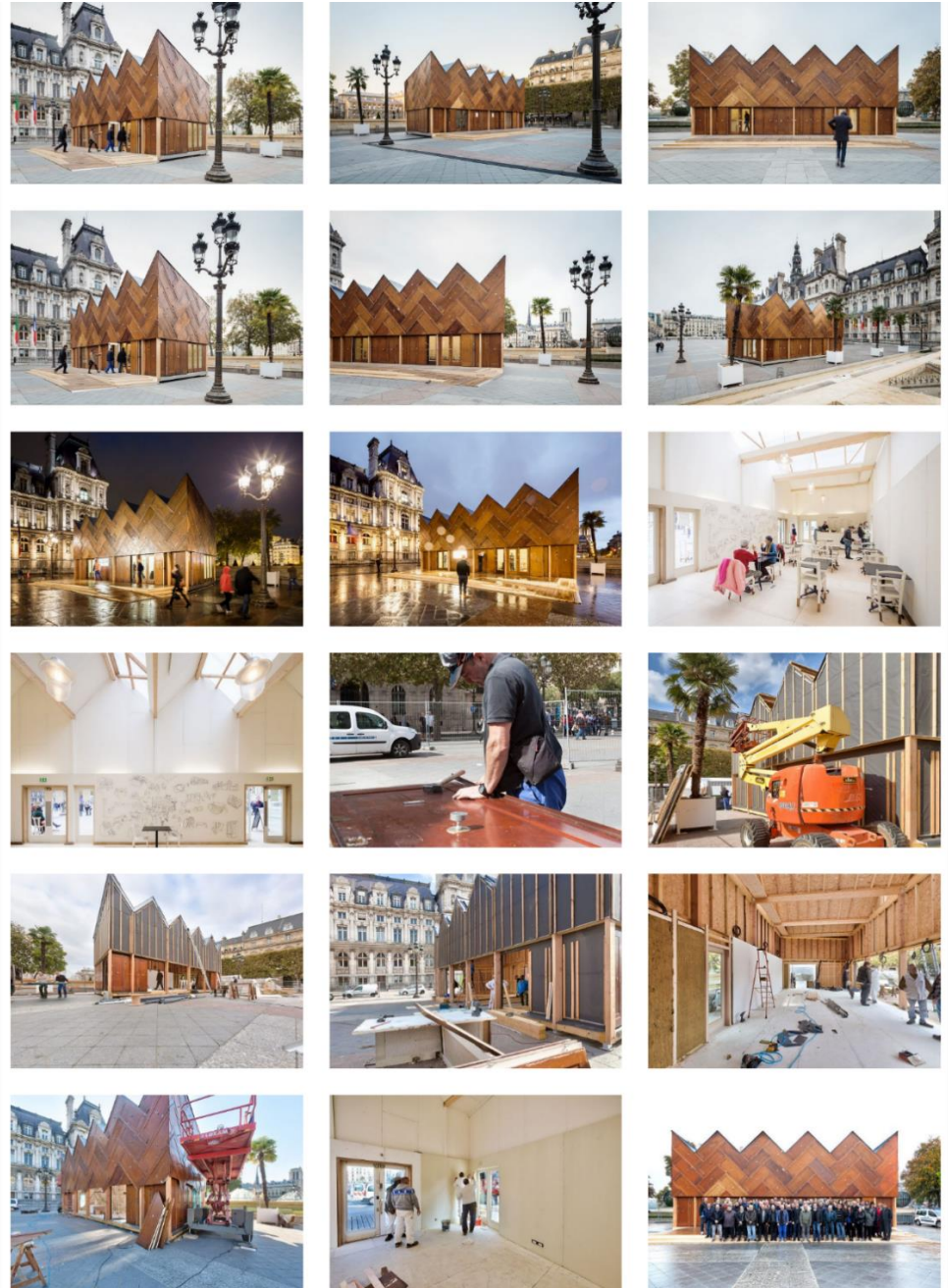
Şekil 4.19. Döngüsel Pavilyon renderları (Encore Heureux Architectes, 2015b)

Plans and cross-sections



Şekil 4.20. Döngüsel Pavilyon teknik çizimleri (Encore Heureux Architectes, 2015c)

Yapının en dikkat çeken yeri ekonomik ömrünü tamamlayan bir toplu konut yapısından demonte edilen 180 adet meşe kapıdan yapılan cephesidir. Meşe kapılar balık sırtı formunda çapraz akslarla cepheye monte edilmiştir. Yapının ahşap taşıyıcı sistem elemanları huzurevinden sökülüştür. Yalıtım malzemesi olarak süpermarketin çatısından sökülen taş yünü kullanılmıştır. Zemin ve duvarda kullanılmış sergi malzemeleri kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. İç mekânda geri dönüşüm merkezinden getirilip bakımı yapılan mobilyalar kullanılmıştır (Şekil 4.20).



Şekil 4.21. Döngüsel Pavilyon görselleri (Cornut ve Morisson, 2015)

Yapıda kullanılan malzemeler strüktür malzemeleri, detay malzemeleri ve koruyucu malzemeler olarak 3 başlık altında yapı elemanlarına göre ayrı ayrı analiz edilmiştir. Daha sonra elde edilen analiz sonuçları çizelge haline getirilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Döngüsel Pavilyon yapı malzemeleri analizi

Sürdürülebilir Yapının Künyesi	Yapının Adı	Döngüsel Pavilyon (Pavillon Circulaire)	
	Yapı Tipi	Pavilyon	
	Konumu	Paris, Fransa	
	Yapım Tarihi	2015	
	Tasarımcısı	Encore Heureux Architectes	
Yapının Karakteristik Malzemesi	Geri dönüştürülmüş yapı malzemeleri		
Yapıda Kullanılan Malzemeler	Bina kabuğu Malzemeleri	Ahşap oda kapıları	
	Strüktür Malzemeleri	Duvar	Masif ahşap
		Kolon	Masif ahşap
		Kiriş	Masif ahşap
		Döşeme	Masif ahşap
		Çatı iskeleti	Masif ahşap
	Detay Malzemeleri	Doğrama	Meşe kapı
		Zemin kaplama	Kompozit alçı panel
		Duvar kaplama	Alçıpan
		Çatı kaplama	Pvc polimer panel
		Tavan kaplama	Alçı panel
	Koruyucu Malzemeler	Isı yalıtım	Taş yünü
		Su yalıtım	Ahşap koruyucu cila
		Ses yalıtım	Taş yünü

4.2.2. Geri Dönüşüm Evi (Recycling House)

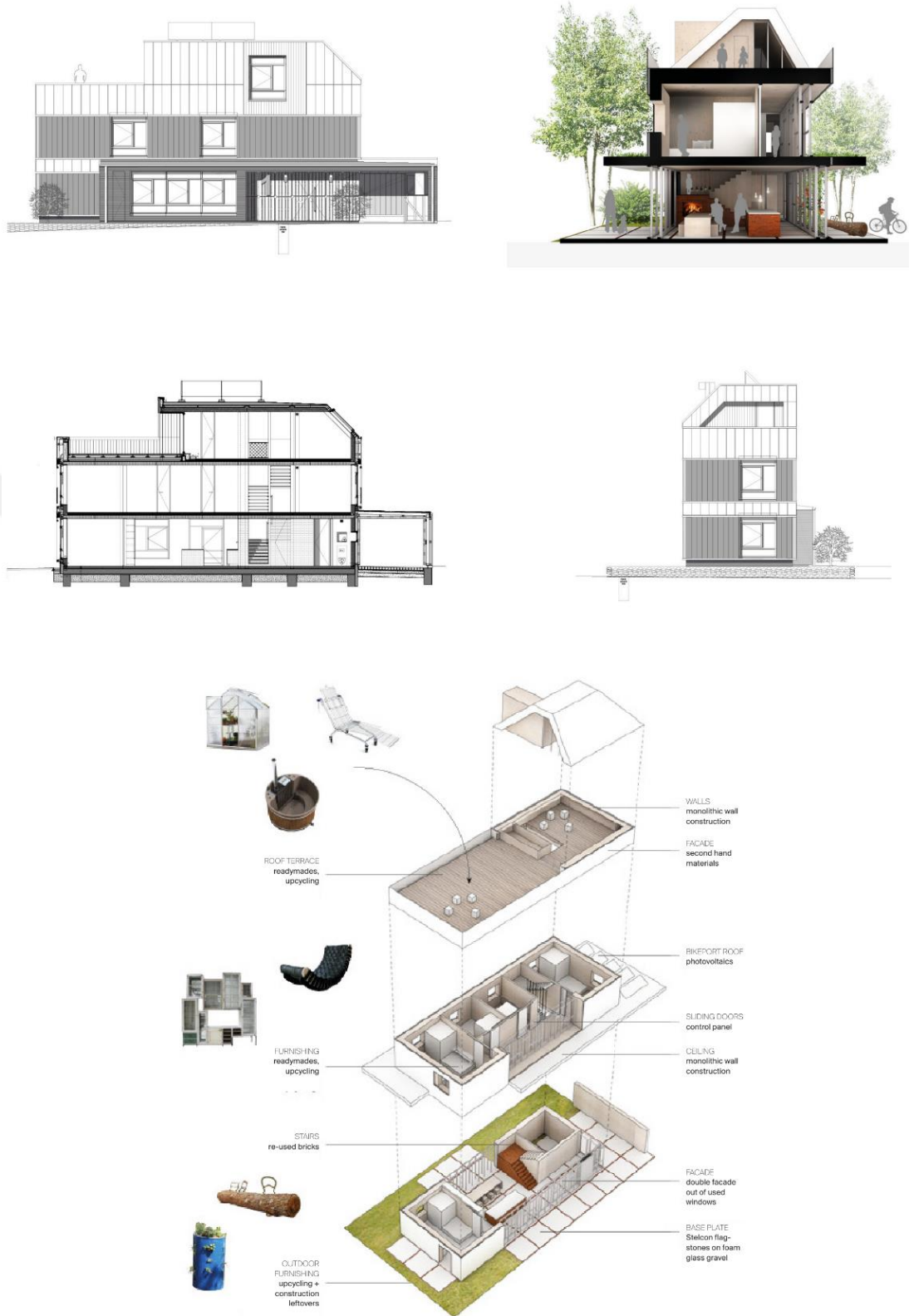
Geri Dönüşüm Evi (Recycling House), 2019 yılında Almanya'nın Hannover kentinde Mimar Verena Brehm ve ekibi tarafından geri dönüştürülmüş yapı malzemeleri kullanılarak inşa edilmiştir (Şekil 4.22). Yapı, tasarımcının yeni bina yapımında geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımına yönelik deneysel çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır. Tamamen geri dönüştürülmüş malzemelerden inşa edilen Almanya'daki ilk binadır. Yapı çevreci tasarım yaklaşımı sayesinde Almanya'da ve uluslararası organizasyonlarda birçok ödül kazanmıştır. Projenin uygulanması yaklaşık 3 yıl sürmüştür. Bunun sebebi ise geri dönüştürülebilir yapı malzemeleri üretebilen ve uygulayabilen bir teknik ekibin bulunamamasıdır. Evin çoğu yapı elemanı daha önce başka bir yapıda kullanılan malzemelerden oluşturulmuştur. Evin pencereleri yıkılan gençlik merkezinden, merdiven ve bazı duvarlar banka yapısından getirilmiştir. Dış cephenin yalıtımı kakao çekirdeği çuvallarının geri dönüştürülmesiyle elde edilen malzemelerden yapılmıştır. Dış cephe ise kullanılmış eternit panel, oluklu demir ve sauna oturaklarından yapılan çıtalarla kaplanmıştır. Yapı toplam 2,5 kattan oluşmaktadır. İç mekânın merkezinde katlar arası sirkülasyonu sağlayan merdiven bulunmaktadır. Zemin katta salon, mutfak ve banyo bulunmaktadır. 1. katta 2 adet yatak odası en üst katta ise teras ve 1 oda bulunmaktadır (Şekil 4.23).



Geri Dönüşüm Evi'ne ait görseller ve plan, kesit, görünüş ve perspektif resimler
Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'te bir araya getirilmiştir.



Şekil 4.23. Geri Dönüşüm Evi görselleri ve teknik çizimleri (Gundlach, 2018)



Şekil 4.24. Geri Dönüşüm Evi teknik çizimleri (Mahlstedt, 2019)

Yapıda kullanılan malzemeler strüktür malzemeleri, detay malzemeleri ve koruyucu malzemeler olarak 3 başlık altında yapı elemanlarına göre ayrı ayrı analiz edilmiştir. Daha sonra elde edilen analiz sonuçları çizelge haline getirilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Geri Dönüşüm Evi yapı malzemeleri analizi

Sürdürülebilir Yapının Künyesi	Yapının Adı	Geri Dönüşüm Evi (Recycling House)	
	Yapı Tipi	Konut	
	Konumu	Hannover, Almanya	
	Yapım Tarihi	2019	
	Tasarımcısı	Verena Brehm ve Ekibi	
Yapının Karakteristik Malzemesi	Geri dönüştürülmüş yapı malzemeleri		
Yapıda Kullanılan Malzemeler	Bina kabuğu Malzemeleri	Eternit plaka+ Cam	
	Strüktür Malzemeleri	Duvar	Moloz tuğla
		Kolon	Geri dönüştürülmüş beton
		Kiriş	Geri dönüştürülmüş beton
		Döşeme	Geri dönüştürülmüş beton
		Çatı iskeleti	Geri dönüştürülmüş beton
	Detay Malzemeleri	Doğrama	Alüminyum+ Ahşap
		Zemin kaplama	Terrazo karo
		Duvar kaplama	Masif ahşap+ Doğal taş
		Çatı kaplama	Seramik
		Tavan kaplama	Masif ahşap
	Koruyucu Malzemeler	Isı yalıtım	Kakao çekirdeği çuvalı
		Su yalıtım	Kakao çekirdeği çuvalı
		Ses yalıtım	Kakao çekirdeği çuvalı

4.3. Yerel Doğal Kaynaklardan Üretilen Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri

Mimari tasarımda malzeme seçimi kapsamlı bir süreç içinde gerçekleşmektedir. Geçmişte yapı inşasında yaşam şartları ve coğrafi koşullar nedeniyle bölgede bulunan malzemelerden üretilen yapı malzemeleri kullanılmaktaydı. Günümüzde ise dünyanın küreselleşmesinin sonucunda yapı malzemeleri hava, kara ve deniz yollarıyla uzak mesafelerden getirilebilmektedir. Yapı inşasında uzun mesafelerden getirilen yapı malzemeleri yerine yerel malzemelerin tercih edilmesi enerji kullanımı ve çevre kirliliği açısından büyük önem taşımaktadır. Sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarında görüldüğü gibi yapının yapıldığı lokasyonda bulunan yerel malzeme kullanımı geçmişte ülkemizde yapılan geleneksel yapılarda da görülmektedir. Ülkemizde yedi farklı coğrafyada insan yaşamı ve iklim koşulları dikkate alınarak yapı maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla yerel yapı malzemeleri kullanılmıştır. Yapı malzemesi olarak Ege, Akdeniz ve Karadeniz’de ahşap, İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu’da toprak, Marmara, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu’da taş kullanılmıştır. Farklı coğrafyalarda farklı yapı malzemelerinin kullanımı ülkemizde olduğu gibi dünyadaki koşullara göre de değişmektedir (Özgünler, 2017).

Eski zamanlardan günümüze ulaşan vernaküler (yerel) mimari tasarıma sahip yapı örnekleri incelendiğinde yerleşik veya göçebe yaşam koşulları, ekonomi, kültür, coğrafya ve iklim şartları yapıda kullanılan yapı malzemelerinin seçiminde etkilidir. Ekonomik şartlar nedeniyle yerel kaynaklar kullanılarak inşa edilen yapılar, bir mimari tasarımcının yerine inşaat ustasının el ve tasarım becerisine göre şekillenmekteydi. Yerel yapı malzemeleri kullanarak geleneksel inşaat yapım teknikleri ile yapı inşa etmenin yanı sıra günümüzde yaşam koşullarının gerektirdiği standartlarda güncel teknolojiye yararlanarak çağdaş yapım teknikleri kullanılarak yapılar inşa edilmeye başlanmıştır. Bu gelişmelerin arkasında sürdürülebilirlik çalışmaları yer almaktadır. Bu çalışmalarda sürdürülebilir bir gelecek için üretim sırasında oluşum enerjisi yüksek olan, nakliye sırasında karbon salınımı oluşturan, kullanım sırasında bakım ve onarım maliyetleri yüksek olan, kullanımdan sonra çevreye ve insan sağlığına zarar veren yapay malzemeler yerine doğada hazır bulunan yerel malzemelerin tercih edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Kısacası malzeme teknolojisinin gelişmesine rağmen geçmişe bağlı kalınarak ekolojik tahribatın azaltılması vurgulanmıştır (Fettahoğlu ve Yalçınkaya, 2021).

Yerel malzemelerin doğada hazır bulunması ve kolay bir şekilde elde edilmesinden dolayı geçmişte yaygın olarak kullanılmaktaydı. Fakat günümüzde büyük inşaat alanına

sahip yüksek yapılarda dayanımı yüksek seri üretim endüstri yapı malzemeleri kullanılmaktadır. Buna rağmen yapay malzemelerin çevreye verdiği zararı azaltmak için bazı mimari tasarımcılar sürdürülebilir yapıların farklı yerlerinde yerel malzemeleri kullanılmaya devam etmektedir.

Yerel yapı malzemesi olarak kerpiç, sıkıştırılmış toprak, bambu, saman ve sazlık kamışın yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Bu doğal yapı malzemeleri doğada hazır bulunduğu için düşük oluşum enerjisine sahiptir. Çevre dostu olan bu temel malzemeler, çeşitli basit işlemlerden geçirildikten sonra yapının kullanımı sırasında bakım ve onarıma ihtiyaç duymadan uzun yıllar performanslarını korurlar. Yerel kaynaklardan üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri, taşıyıcı sistem elemanı, duvar, çatı kaplama, separatör, zemin kaplama olarak kullanılmasının yanı sıra görsel olarak çevreye uyması ve insanların dikkatini çekmesi nedeniyle genellikle dış cephelerde kullanılmaktadır. Yerel doğal kaynaklardan üretilen sürdürülebilir yapı malzemelerin sahip olduğu özellikler ve kullanım alanları Çizelge 4.10’da belirtilmiştir.

Çizelge 4.10. Yerel doğal kaynaklardan üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri incelenmesi

Malzeme	Genel Özellikleri	Fiziksel Özellikleri	Kimyasal Özellikleri	Kullanım Alanı
Yerel doğal kaynaklardan üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri	Çevre dostu	Akustik performans	Geri dönüşüm	Cephe kaplaması
	Düşük oluşum enerjisi	Yangına dayanıklılık	Kolay şekil alma	Taşıyıcı sistem elemanı
	Ekonomik	Suya ve ateşe dayanıklılık	Yüksek dayanım	Duvar
	Kolay geri dönüşüm		Katkı maddesi içermeme	Çatı kaplaması
	Nakliyesi kolay			Separatör
				Zemin kaplaması

4.3.1. Kenevir

Kenevir günümüzde farklı sektörlerde kullanılan endüstriyel bir bitkidir. Anavatanı Orta Asya olan kenevir günümüzde dünyanın farklı yerlerinde yetiştirilmeye başlanmıştır. Genellikle nemli ve fazla yağış alan yerlerde yetiştirilmektedir. En değerli kısmı saplarından elde edilen liflerdir. Başlangıçta ip, halat ve kumaş yapımında sadece kenevir lifleri kullanılmaktaydı. Kullanımı yaygınlaştıktan sonra kenevirin tohumları ve yaprakları da kullanılmaya başlanmıştır. İnşaat, tekstil, gıda, ilaç ve kozmetik sektörlerinde farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Genellikle kenevir tohumları ilkbaharda ekilir ve yaz aylarında olgunlaştıktan sonra sonbaharda hasat edilir (Şekil 4.25). Kenevir bitkisi düzenli bakım ve sulama ile 1 metreden 6 metreye kadar uzayabilmektedir (Yılmaz ve Yazıcı, 2022).



Şekil 4.25. Kenevir bitkisi büyüme süreci (Bezvershenko, 2020)

Kenevir gelişimi sırasında ilaç ve gübreye ihtiyaç duymadığı için çevre dostu bir bitkidir. Bir ağacın yetiştirme süresi uzun yıllar sürerken kenevir ekildikten yaklaşık 4 ay sonra hasat edilebilmektedir. Diğer yapı malzemeleri üç kez geri dönüştürülebilirken kenevirden üretilen yapı malzemeleri 8 kere geri dönüştürülebilmektedir. Böylece ham madde üretimi sırasında ihtiyaç duyulan zamandan ve oluşum enerjisinden tasarruf edilmektedir. Mimari tasarımda insan ve çevre odaklı tasarım anlayışında kenevir bitkisi önemli yere sahiptir. Kenevir bitkisinin oluşum enerjisi düşük olduğu için çeşitli işlemlerden geçirilerek beton, tuğla, yalıtım malzemeleri ve panel gibi sürdürülebilir yapı malzemelerinin üretiminde kullanılmaktadır (Hayıt ve Kahraman, 2021).

Kenevir bitkisi belli bir yola ulaştıktan sonra hasat edilir. Hasattan sonra yapraklar ve saplar nemsiz ortamda güneş altında kurutulur. Kurutulan kenevir kesme ve parçalama işlemleriyle küçük parçalar haline getirilir. Üretilcek yapı malzemesinin boyutlarına ve özelliklerine göre kenevir parçaları katkı maddeleri ile karıştırıldıktan sonra preslenerek kullanıma hazır hale getirilmektedir. Kenevir malzemesinin sahip olduğu özellikler ve kullanım alanları Çizelge 4.11’da belirtilmiştir.

Çizelge 4.11. Kenevir malzemesinin incelenmesi

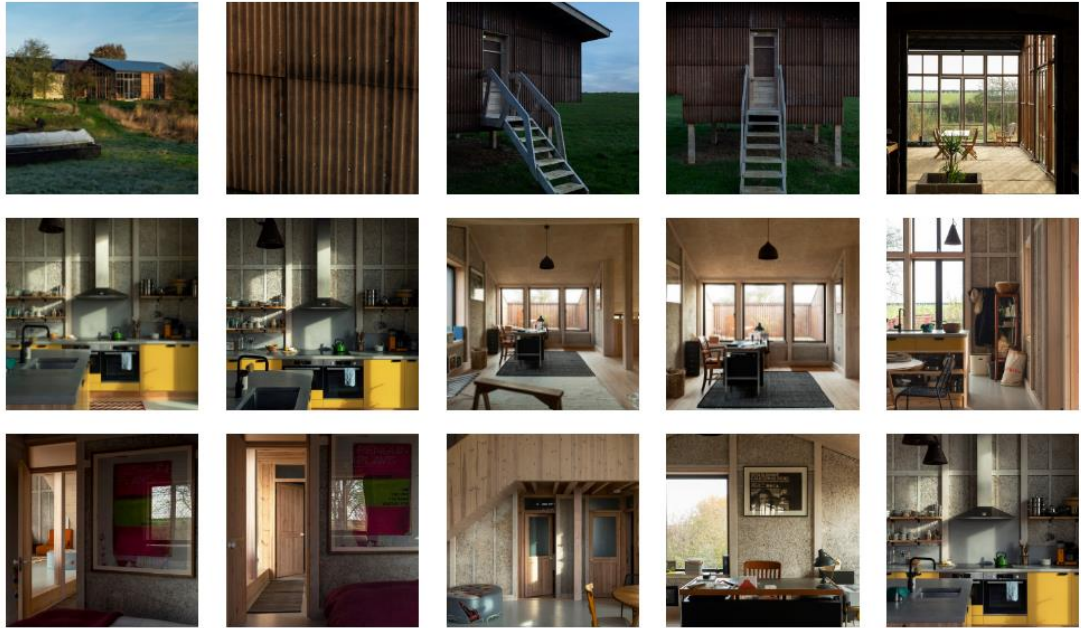
Malzeme	Genel Özellikleri	Fiziksel Özellikleri	Kimyasal Özellikleri	Kullanım Alanı
Kenevir	Bitkisel malzeme	Yüksek mukavemet	Karbon tutucu	Yalıtım malzemesi
	Kolay yetiştirilebilme	Emicilik	Nem tutucu	Duvar elemanı
	Düşük oluşum enerjisi	Isı yalıtımı	Kimyasallara karşı direnç	Beton ve çelik katkısı
	Ekonomik	Hava geçirgenliği	Antialerjik	
	Çevre dostu		Doğada kolay çözülebilme	

4.3.1.1.Düz Ev (Flat House)

Düz Ev (Flat House), 2019 yılında Birleşik Krallık’ın Cambridgeshire kentinde Paloma Gormley ve ekibi tarafından kenevir paneller kullanılarak inşa edilmiştir (Şekil 4.26). Kırsal yerleşimde bulunan bir Ar-Ge tesisi olan Margent Farm’ın düşük karbonlu sürdürülebilir bir çiftlik evi istemesi üzerine tasarlanmıştır. Tasarımcılar, Margent Farm tarafından yetiştirilen ekonomik, organik ve çevre dostu kenevir bitkisinden yola çıkarak sürdürülebilir karbon sıfır deneysel bir yapı inşa etmeyi amaçlamışlardır. Geçmişte ve günümüzde farklı uygulamaları olan kenevir bu yapıda yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. Yapının inşa edildiği bölgedeki kenevir yetiştirme potansiyelini vurgulamak için yapının büyük bölümü kenevirden yapılan yapı malzemelerinden oluşturulmuştur. Yapıda malzeme olarak kenevirin kullanılması ile yalıtım, akustik, estetik, havalandırma vb. birçok sorun çözülmüştür. Proje sonunda tasarım ekibi tarafından doğal yapı malzemeleri üzerine araştırmalar yapan Material Cultures organizasyonu kurulmuştur (Şekil 4.27).



Şekil 4.26. Düz Ev (Proctor, 2019a)



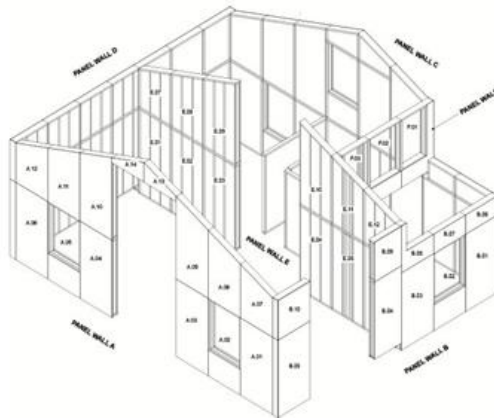
Şekil 4.27. Düz Ev görselleri (Proctor, 2019b)

Yapı imar izinleri doğrultusunda eskiden ahır olarak kullanılan 100 m²'lik bir alan üzerine inşa edilmiştir. Alt kat birbiriyle bağlantılı 3 odadan oluşmaktadır. Alt katta oturma odası, yatak odası ve mutfak bulunmaktadır. Oturma odası tavana kadar çift kat yüksekliğine sahip olduğundan dolayı ferah bir görünüme sahiptir. Üst katta ahşap merdivenle çıkılabilen çalışma odası bulunmaktadır.

Yapı prefabrik ve yerinde imalat yöntemleri ile inşa edilmiştir. Yapının inşasına alçı bazlı şapın dökülmesiyle başlanmıştır. Ardından strüktür sistemi yerinde inşa edildikten sonra prefabrike kenevir paneller taşınarak yerleştirilmiştir (Şekil 4.28). Kenevir paneller, toplam 53 dönüm alana sahip olan Margent Farm'ın 20 dönümünde yetiştirilen kenevirlerden üretilmiştir. Hasat edilen kenevirler şeker bazlı reçine ile karıştırılarak panel kalıbına dökülmektedir. Ardından panel kalıbına dökülen karışım preslenerek ısıtıl işlemlerle pişirilerek kullanıma hazır hale getirilir. Kenevir panellerin, lamine ahşap ve çelikten oluşturulan strüktür sistemine montajı 2 gün sürmüştür (Şekil 4.28). Çatı iskeleti lamine ahşaptan inşa edilmiştir. Çatı yapının enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla fotovoltaiik panellerle kaplanmıştır.



Şekil 4.28. Kenevir panel yerleştirme süreci (Gormley, 2019a)



Şekil 4.29. Kenevir panel yerleştirme modeli (Gormley, 2019b)

Yapıda kullanılan malzemeler strüktür malzemeleri, detay malzemeleri ve koruyucu malzemeler olarak 3 başlık altında yapı elemanlarına göre ayrı ayrı analiz edilmiştir. Daha sonra elde edilen analiz sonuçları çizelge haline getirilmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Düz Ev yapı malzemeleri analizi

Sürdürülebilir Yapının Künyesi	Yapının Adı	Düz Ev (Flat House)	
	Yapı Tipi	Çiftlik Evi	
	Konumu	Cambridgeshire, Birleşik Krallık	
	Yapım Tarihi	2019	
	Tasarımcısı	Practice Mimarlık (Paloma Gormley ve Ekibi)	
Yapının Karakteristik Malzemesi	Kenevir		
Yapıda Kullanılan Malzemeler	Bina kabuğu Malzemeleri	Oluklu kenevir panel	
	Strüktür Malzemeleri	Duvar	Kenevir panel
		Kolon	Lamine ahşap+Çelik
		Kiriş	Lamine ahşap+Çelik
		Döşeme	Lamine ahşap
		Çatı iskeleti	Lamine ahşap
	Detay Malzemeleri	Doğrama	Alüminyum
		Zemin kaplama	Alçı bazlı şap
		Duvar kaplama	Oluklu kenevir+ Cam
		Çatı kaplama	Fotovoltaik panel
		Tavan kaplama	Masif ahşap panel
	Koruyucu Malzemeler	Isı yalıtım	Elyaf-keten yalıtım
		Su yalıtım	Kenevir panel
		Ses yalıtım	Kenevir panel

4.3.2. Kerpiç

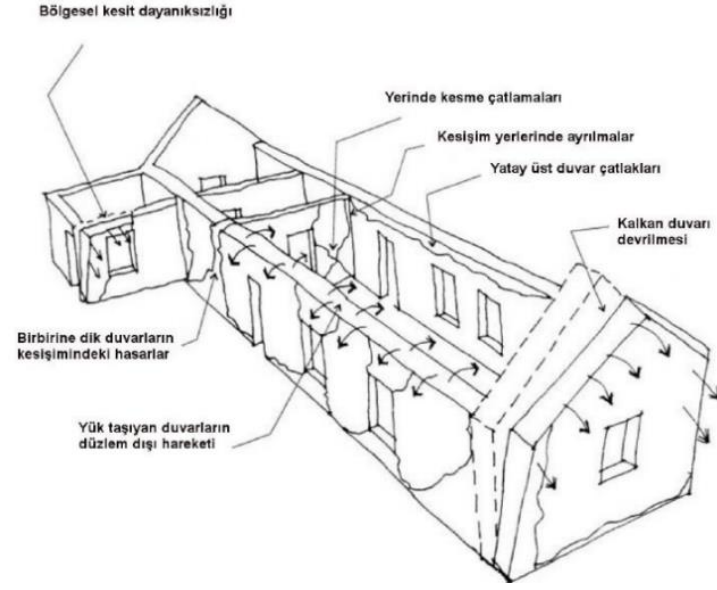
Kerpiç, kil, silt, kum, çakıl ve çeşitli liflerin su yardımıyla birleştirilmesi sonucu ortaya çıkan karışımın güneşte kurutulmasıyla elde edilen bir yapı malzemesidir. Kerpiç doğadan kolaylıkla elde edilebildiği ve dünyanın hemen her coğrafyasında üretilbildiği için yerel sürdürülebilir yapı malzemesi olarak değerlendirilmektedir. Yerel bir malzeme olduğu için günlük hayattaki ihtiyaçları karşılamak amacıyla birçok eşya üretiminde özellikle yapı malzemesi olarak kerpiçten yararlanılmıştır. Tarih boyunca yerleşik hayata geçen insanlar tarafından yapı inşasında kullanılması ve bu yapılarda birlikte yaşanması nedeniyle toplumsal sürdürülebilirliğe katkı sağlamış bir yapı malzemesidir.

Üretimin aşamasından yapıda kullanımına kadar geçen süreçte çok az işleminden geçmektedir. Bu işlemler sırasıyla karışımın hazırlanması, tasarımda istenilen ölçüye göre üretilen kalıplara karışımın dökülmesi ve karışımın güneş altında kurutulmasıdır (Şekil 4.30). Kurutulan kerpiç tuğlalar tasarıma göre dizilerek duvar, merdiven ve çatı imalatında kullanılmaktadır. Üretim ve kullanım sırasında enerji kaynağına ve makine gücüne gerek kalmadan insan gücüyle üretilen nadir yapı malzemelerinden biridir.



Şekil 4.30. Kerpiç tuğla üretim aşamaları (Soare, 2003)

Kerpiç yapılar, sürdürülebilir bir yapı olmasına rağmen, yapıda kullanılan malzemenin toprak olması ve yapım tekniği gereği suya ve depreme karşı dayanıksız olması nedeniyle güvenli değildir. Aşırı yağışlı günlerde çatıdan, duvarlardan ve zeminden su alabilmektedir. Yığma inşaat tekniği ile inşa edildiğinden ve herhangi bir taşıyıcı sistem elemanı bulunmadığından deprem anında gelen kuvvetlerden dolayı duvarları zarar görebilmekte hatta devrilebilmektedir (Şekil 4.31).



Şekil 4.31. Kerpiç ev yapı hasarları (Inspedia, 2020)

Topraktan üretildiği için yaşam döngüsü boyunca çevreye en az zarar veren yapı malzemesi olarak bilinmektedir. Dünyada yaşayan insanların büyük bir çoğunluğu, düşük maliyetleri ve kolay erişilebilirlikleri nedeniyle halen kerpiç yapılarda yaşamaktadır. Günümüz sürdürülebilir yapı tasarımında oluşum enerjisinin düşük olması, geri dönüşümünün kolay olması, çevre ile uyumlu olması, ısı yalıtımı sayesinde enerji verimliliği sağlaması, gözenekli yapısı sayesinde doğal havalandırma sağlaması nedeniyle yerel kaynaklardan üretilen kerpiç kullanılmaktadır. Kerpiç malzemenin sahip olduğu özellikler ve kullanım alanları Çizelge 4.13’te belirtilmiştir (Akbaş vd., 2022).

Çizelge 4.13. Kerpiç malzemenin incelenmesi

Malzeme	Genel Özellikleri	Fiziksel Özellikleri	Kimyasal Özellikleri	Kullanım Alanı
Kerpiç	Bitki ve toprak karışımı malzeme	Gözenekli yapı	Karbon tutucu	Yalıtım malzemesi
		Isı yalıtımı	Nem tutucu	Duvar elemanı
	Kolay erişim ve ekonomik	Hava geçirgenliği	Antialerjik	Merdiven
	Düşük oluşum enerjisi	Akustik	Doğada kolay çözülebilme	Çatı
		Suya karşı dayanıksız		

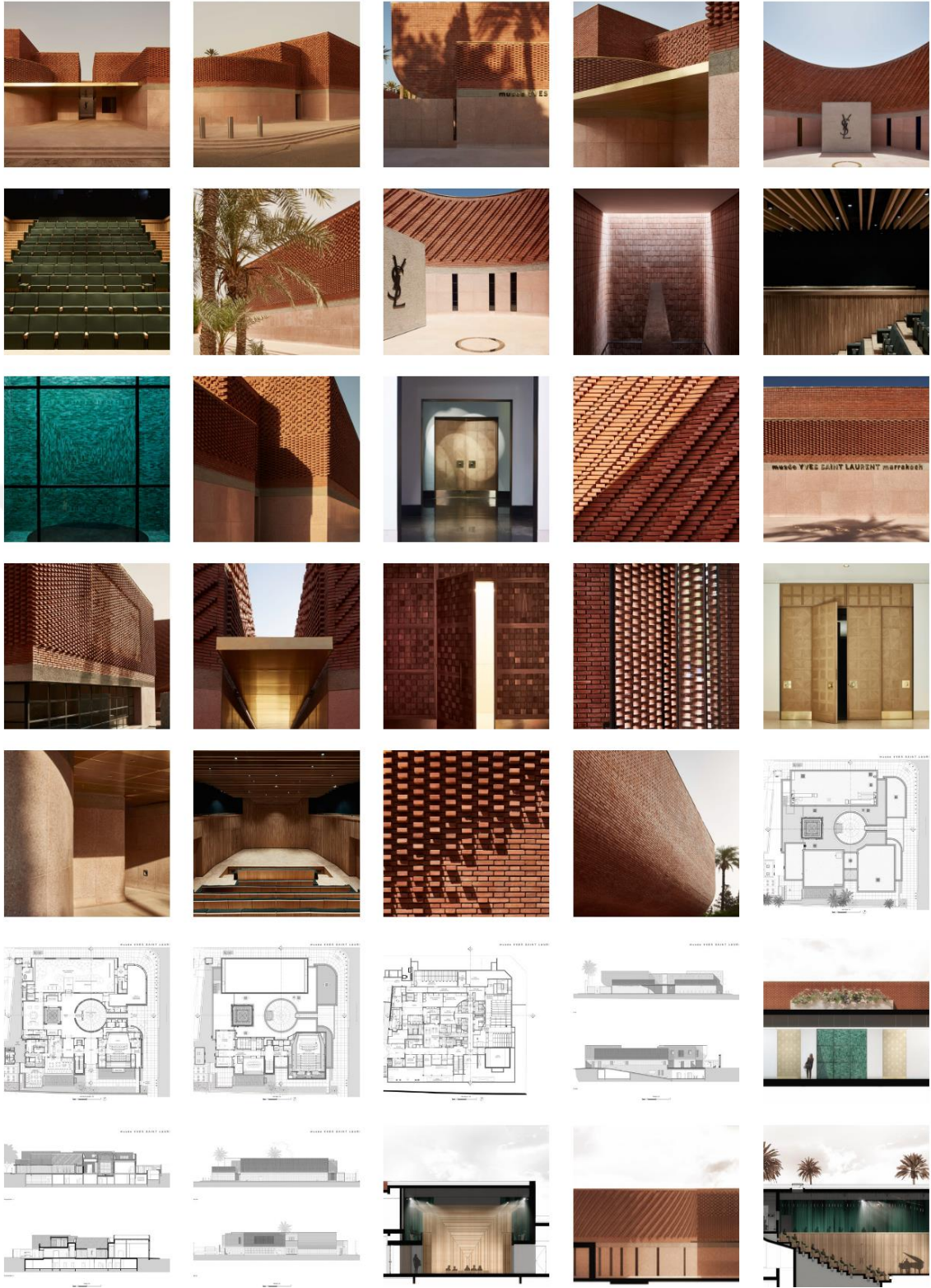
4.3.2.1.Marakeş Yves Saint Laurent Müzesi (Marrakech Yves Saint Laurent Museum)

Marakeş Yves Saint Laurent Müzesi, 2017 yılında Fas'ın Marakeş kentinde Studio KO tarafından kerpiç tuğlalar kullanılarak inşa edilmiştir. Ünlü Fransız moda tasarımcısı Yves Saint Laurent, Fas gezisinde Marakeş şehrinin renklerinden, yapı formlarından ve malzeme dokularından etkilenmiştir. Sonuç olarak şehrin dokusu ve renk tonu tasarımlarının şekillenmesine katkı sağlamıştır. Marakeş Yves Saint Laurent Müzesi, tasarımcının tasarımlarına yön veren şehirde kurulacak bir müzede eserlerinin sergilenmesi talebi üzerine tasarımcı adına kurulan vakıf tarafından yaptırılmıştır. Toplam 4.000 m²'lik alanı kaplayan müze içerisinde sergi salonları, kütüphane, 130 kişilik oditoryum, kitapçı ve teras kafe bulunmaktadır.

Mimari tasarımcılar kentin dokusunu ve Yves Saint Laurent'nin tasarım anlayışını yansıtmak için yapıda yerel malzeme olan pişmiş kerpiç tuğlalar eğrisel ve şaşırtmalı olarak örülmüştür. Mimari tasarımcılar, kentin dokusunu ve Yves Saint Laurent'in tasarım anlayışını yansıtmak amacıyla, eğrisel ve kademeli duvarlar inşa ederek yapının inşasında yerel malzeme olan pişmiş kerpiç tuğlaları kullanmışlardır.

Yapıda kullanılan yapı malzemeleri, ceket kumaşını yansıtan özelliklere sahiptir. Binanın dış cephesi kumaş iplerinin dokusunu andıran kerpiç tuğlalardan, iç ve mekanlar ise ceketin iç astarını yansıtan parlak, kadifemsi ve pürüzsüz yapı malzemelerinden oluşturulmuştur. Dış cephe tasarımında sıkıştırılmış toprak ve kerpiç kullanımı ile yapının çevreye verdiği zarar önlenmiş ve müzedeki eserlerin şehrin yüksek sıcaklığından korunması sağlanmıştır. Yapının iç mekânında yerel üreticilerden tedarik edilen Fas'a ait yerel taşlar ve mermerler kullanılmıştır. Yves Saint Laurent'in moda tasarımlarındaki detaylara verdiği önem nedeniyle mimari tasarımcılar, farklı yerel malzemeler kullanarak yapı içerisinde detaylı ve özenli çalışma gerektiren uygulamalar gerçekleştirmiştir

Müze yapısı olduğu için mimari tasarımcılar farklı mühendislik hizmetlerinden yararlanmışlardır. Sergi salonunda kumaşların, eskizlerin, kitapların ve eserlerin korunması amacıyla sıcaklık ve nem kontrolü sağlayan iklimlendirme sistemleri bulunmaktadır. Oditoryumda akustik için son teknoloji akustik malzemeler kullanılmaktadır. Sergi salonları ve iç mekanlarda eserlerin dikkat çekmesi için aydınlatma elemanları özenle seçilmiştir (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Marakeş Yves Saint Laurent Müzesi görselleri ve teknik çizimleri (Glasser, 2017)

Yapıda kullanılan malzemeler strüktür malzemeleri, detay malzemeleri ve koruyucu malzemeler olarak 3 başlık altında yapı elemanlarına göre ayrı ayrı analiz edilmiştir. Daha sonra elde edilen analiz sonuçları çizelge haline getirilmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Marakeş Yves Saint Laurent Müzesi yapı malzemeleri analizi

Sürdürülebilir Yapının Künyesi	Yapının Adı	Marakeş Yves Saint Laurent Müzesi	
	Yapı Tipi	Müze	
	Konumu	Marakeş, Fas	
	Yapım Tarihi	2017	
	Tasarımcısı	Studio KO	
Yapının Karakteristik Malzemesi	Kerpiç tuğla		
Yapıda Kullanılan Malzemeler	Bina kabuğu Malzemeleri	Kerpiç tuğla	
	Strüktür Malzemeleri	Duvar	Kerpiç tuğla
		Kolon	Betonarme
		Kiriş	Betonarme
		Döşeme	Betonarme
		Çatı iskeleti	Betonarme
	Detay Malzemeleri	Doğrama	Fırçalanmış alüminyum
		Zemin kaplama	Terrazzo
		Duvar kaplama	Kerpiç tuğla
		Çatı kaplama	Gezilebilir yeşil çatı
		Tavan kaplama	Parlatılmış çelik paneller
	Koruyucu Malzemeler	Isı yalıtım	Kerpiç tuğla
		Su yalıtım	Membran
		Ses yalıtım	Akustik panel

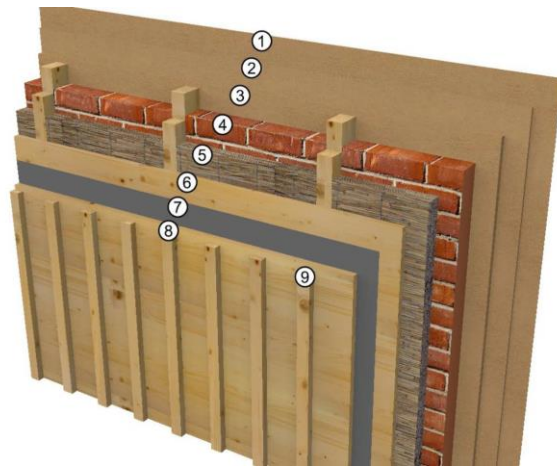
4.3.2.2.Kadıovacık Biyoevi

Kadıovacık Biyoevi, 2019 yılında Türkiye'nin İzmir kentinde Eds-a Mimarlık tarafından kerpiç tuğlalar kullanılarak yapılmıştır. Yapı 2 konut ve 1 ofisten oluşmakta olup toplamda 226m² alana sahiptir. Yapının ofis bölümü, 2015 yılında için And Akman ve Merve Titiz Akman tarafından yapıların insan sağlığı ve çevreye etkisi üzerine çalışmalar yürütmek üzere kurulan Yapı Biyolojisi ve Ekolojisi Enstitüsü'nün (YBE) merkez ofisi olarak kullanılmaktadır (Akbaş vd., 2022).



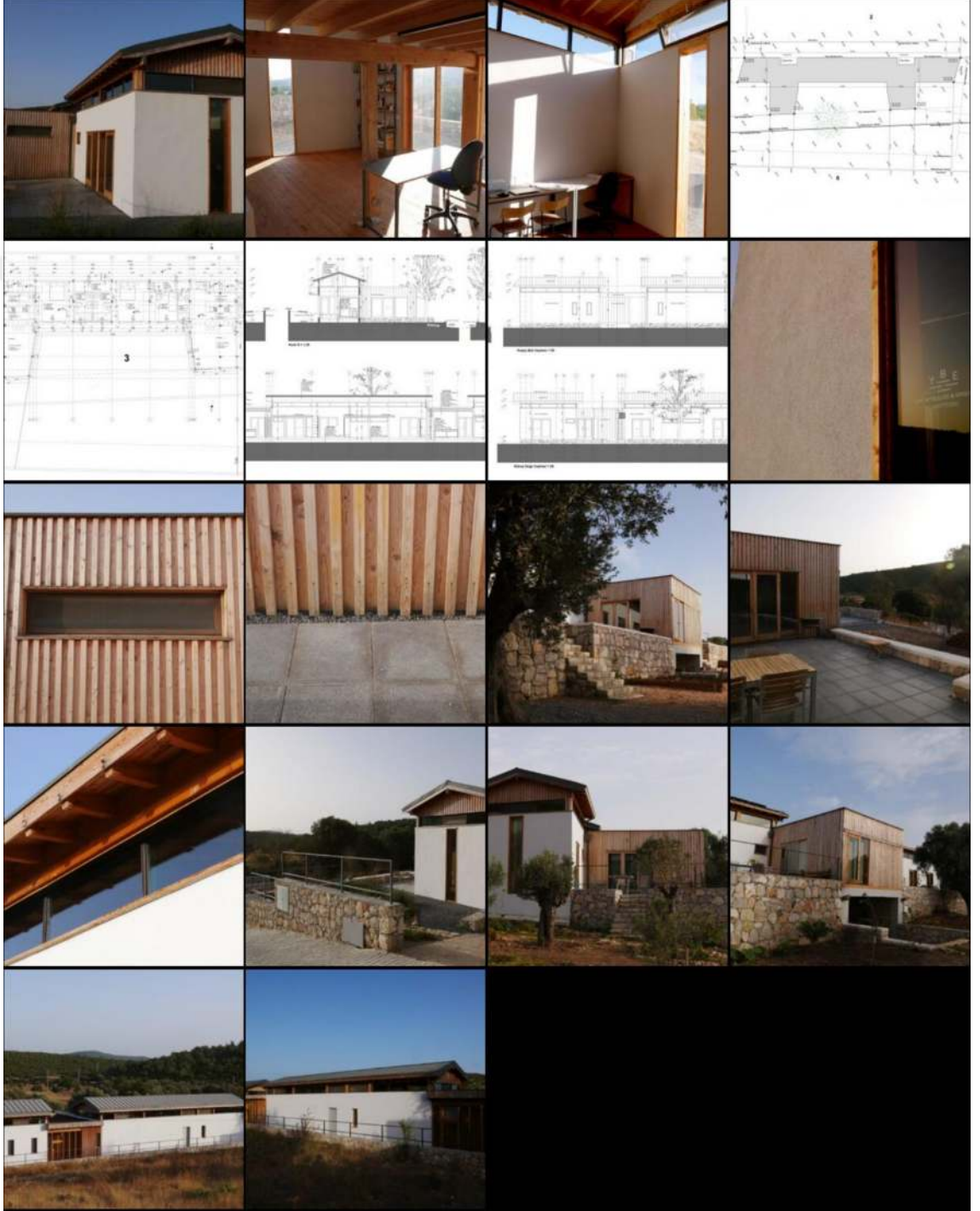
Şekil 4.33. Kadıovacık Biyoevi (Yapı Biyolojisi ve Ekolojisi Enstitüsü, 2023a)

Yapı, beton temel ve titanyum çinko çatı kaplaması haricinde tamamen sürdürülebilir yapı malzemeleri kullanılarak inşa edilmiştir. Yapının büyük bir bölümünü oluşturan ve en dikkat çeken yeri olan 2 sıralı kerpiç duvarlarında toprak ısıtma duvar teknolojisi ilk defa bu yapıda kullanılmıştır. Bu yapım tekniği sayesinde yapı içerisindeki iç hava kalitesi, nem oranı ve sıcaklık kontrol altına alınarak insan yaşamına uygun ortam sağlanmaktadır (URL-65).



Şekil 4.34. Kadıovacık Biyoevi kerpiç duvar imalatı ve teknik çizimi (Yapı Biyolojisi ve Ekolojisi Enstitüsü, 2023b)

Yapıda kullanılan sürdürülebilir yapı malzemelerine kil boya, saz kamışı, kerpiç tuğla, sıkıştırılmış toprak panel, masif ahşap örnek verilebilir. Yapı, sürdürülebilir mimarlık alanında çalışan And AKMAN ve Mehmet ŞENOL tarafından sürdürülebilir mimari tasarım kriterlerine uygun tasarlandığı için Türkiye’de sürdürülebilir tasarım alanında tasarımcılara örnek olabilecek öncü bir yapıdır.



Şekil 4.35. Kadıovacık Biyoevi görselleri ve teknik çizimleri (Yapı Biyolojisi ve Ekolojisi Enstitüsü, 2019)

Yapıda kullanılan malzemeler strüktür malzemeleri, detay malzemeleri ve koruyucu malzemeler olarak 3 başlık altında yapı elemanlarına göre ayrı ayrı analiz edilmiştir. Daha sonra elde edilen analiz sonuçları çizelge haline getirilmiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Kadiovacık Biyoevi yapı malzemeleri analizi

Sürdürülebilir Yapının Künyesi	Yapının Adı	Kadıovacık Biyoevi	
	Yapı Tipi	Konut-Ofis	
	Konumu	İzmir, Türkiye	
	Yapım Tarihi	2019	
	Tasarımcısı	Eds-a Mimarlık	
Yapının Karakteristik Malzemesi	Kerpiç tuğla		
Yapıda Kullanılan Malzemeler	Bina kabuğu Malzemeleri	Kerpiç tuğla	
	Strüktür Malzemeleri	Duvar	Kerpiç tuğla+Masif ahşap
		Kolon	Masif ahşap
		Kiriş	Masif ahşap
		Döşeme	Masif ahşap
		Çatı iskeleti	Masif ahşap
	Detay Malzemeleri	Doğrama	Masif ahşap
		Zemin kaplama	Masif ahşap
		Duvar kaplama	Ahşap çıta
		Çatı kaplama	Titanyum çinko panel
		Tavan kaplama	Saz kamışı
	Koruyucu Malzemeler	Isı yalıtım	Kil panel+Kerpiç dolgu
		Su yalıtım	Doğal sıva
		Ses yalıtım	Kerpiç dolgu

4.3.3. Sıkıştırılmış Toprak

Sıkıştırılmış toprak, kalıba dökülen toprak, kum, kireç ve çakıl taşı karışımının tokmaklarla dövülerek sıkıştırılmasıyla elde edilir. İnsanlar yüzyıllardır barınma ihtiyacını karşılamak için topraktan yapılar üretmişlerdir. Tarihi yazının keşfinden çok daha eskiye dayanan sıkıştırılmış toprak yöntemi, insanoğlunun geliştirdiği ilk inşaat tekniklerinden biri olarak kabul edilmektedir (Şekil 4.36). Bu ilkel yöntemde toprağın içeriği ve kalıp sistemi kalite için önemli etkenlerdir. Enerji ve makine gücüne ihtiyaç duymadan insan gücü ile üretilebilmesi ve hammaddeye kolay ulaşılabilmesi nedeniyle sürdürülebilir bir malzeme olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4.36. Sıkıştırılmış toprak duvar (Rammed Earth Enterprises, 2019)

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte seri üretim endüstri yapı malzemeleri kullanılmaya başlanmıştır. Kimyasal içeriğe sahip çevreyi kirleten malzemeler yerine tarih eskilere dayanan, maliyeti düşük, doğal ve yerel kaynaklardan üretilen sıkıştırılmış toprak kullanımı sürdürülebilir mimaride yaygınlaşmıştır. Sıkıştırılmış topraktan inşa edilen yapılar incelendiğinde, yapıların taşıyıcı bir sisteme sahip olmadığı onun yerine taşıyıcı duvarlara sahip olduğu görülmektedir. İklim ve coğrafya ne olursa olsun sürdürülebilir bir yapıda duvar, merdiven, çatı, döşeme ve mobilya imalatında kullanılabilen sıkıştırılmış toprak, estetik bir görünüm ve konforlu bir yaşam sunmaktadır. Sıkıştırılmış toprak malzemenin sahip olduğu özellikler ve kullanım alanları Çizelge 4.16’da belirtilmiştir (Easton ve Easton, 2012).

Çizelge 4.16. Sıkıştırılmış toprak malzemenin incelenmesi

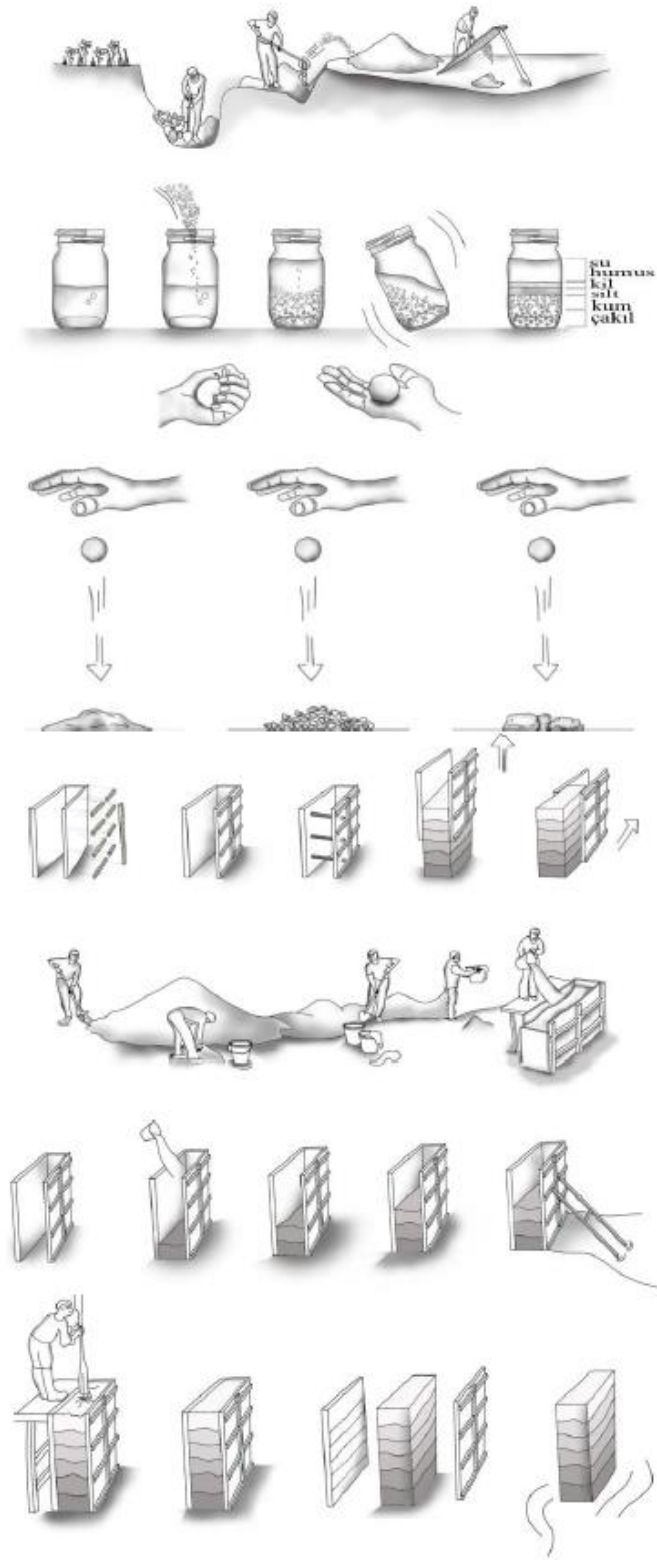
Malzeme	Genel Özellikleri	Fiziksel Özellikleri	Kimyasal Özellikleri	Kullanım Alanı
Sıkıştırılmış toprak	Toprak malzeme	Gözenekli yapı	Karbon tutucu	Duvar
		Isı yalıtımı	Nem tutucu	Merdiven
	Kolay erişim ve ekonomik	Ses yalıtımı	Antialerjik	Çatı
	Düşük oluşum enerjisi	Hava geçirgenliği	Doğada kolay çözülebilme	Döşeme
		Akustik		Mobilya
		Suya karşı dayanıksız		

Sıkıştırılmış toprak yöntemi sürdürülebilir bir yöntem olmasına rağmen çok aşamalıdır (Şekil 4.37). Duvarın sağlam ve estetik olması için her bir aşamada gerekli özenin gösterilmesi gerekmektedir.

Bu aşamalar;

- Toprağın seçimi, elenmesi ve kurutulması,
- Toprağa analiz sonuçlarına göre bağlayıcı malzeme ve toprak eklenmesi ,
- Toprak karışımına su eklenmesi ve yoğunluk testi,
- Tasarıma göre kalıp kurulumu,
- Karışımı katmanlar halinde kalıba dökme,
- Sıkıştırma işlemi,
- Kurlenme süreci,
- Kalıpların sökülmesi,
- Yüzey temizliğidir.

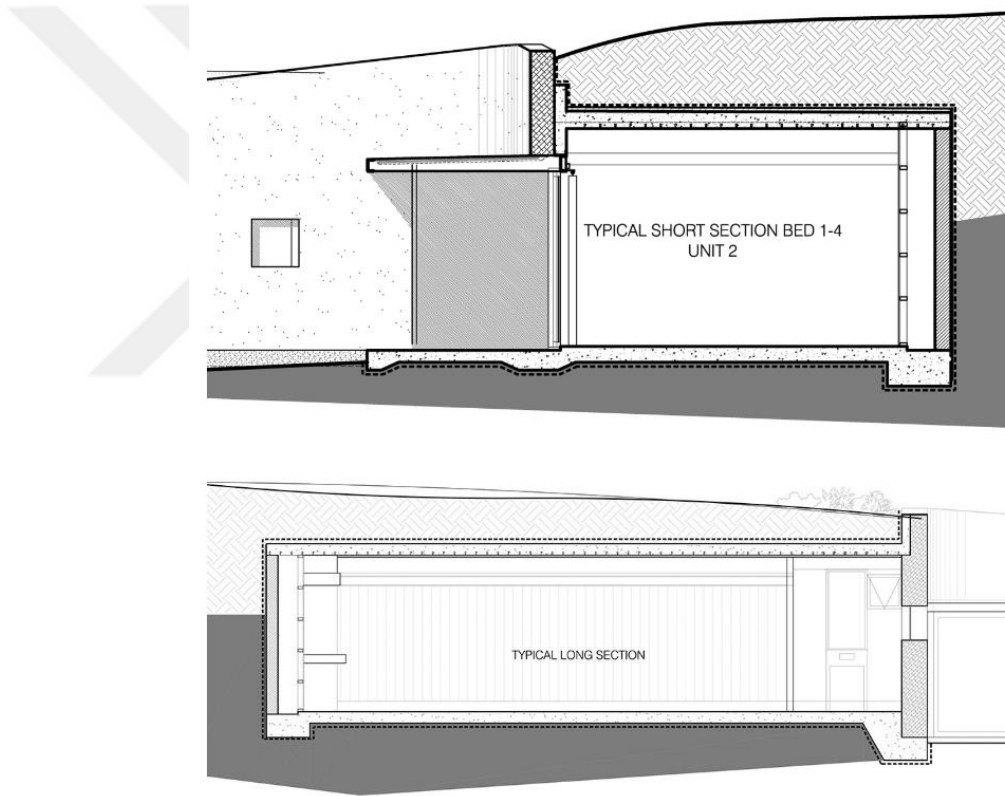
Tüm bu üretim sürecinde toprağın organik bileşenlerden ve tohumlardan arındırılmış olması ve su oranına dikkat edilmesi gerekmektedir. Gerekli özenin verilmediği durumlarda sıkıştırılmış toprak içindeki tohumlar su yardımıyla büyüyerek duvarda çatlaklara ve yarıklara neden olmaktadır. Bu durum herhangi bir doğal afet durumunda yapının tahrip olmasına ve can kaybına neden olabilmektedir (Alibeyoğlu ve Ökten, 2021).



Şekil 4.37. Sıkıştırılmış toprak duvar imalat süreci (Alibeyoğlu ve Ökten, 2021)

4.3.3.1.Batı Avustralya Seddi (The Great Wall of WA)

Batı Avustralya Seddi, 2015 yılında Avusturalya'nın Batı Avusturalya eyaletine ait Pilbara bölgesinde Mimar Luigi Rosselli ve ekibi tarafından sıkıştırılmış toprak kullanılarak inşa edilmiştir. Yapı, sığır çiftliğinde çalışan işçiler için tasarlanan 12 konuttan ve bu konutun ön cephesini oluşturan 230 metre uzunluğunda sıkıştırılmış topraktan yapılan kavisli bir duvardan oluşmaktadır. Bu duvar Avustralya'daki en uzun duvar ünvanına sahiptir. Konutlar aynı plan tipine ve ortak mutfak tasarımına sahiptir. Konutlar inşa edildikten sonra üzerlerinde topraktan bir tepe oluşturulmuştur. Böylece yapı, üzerine inşa edildiği topoğrafya ile bütünleşmiş ve doğanın bir parçası gibi uyum sağlamıştır (Şekil 4.38).

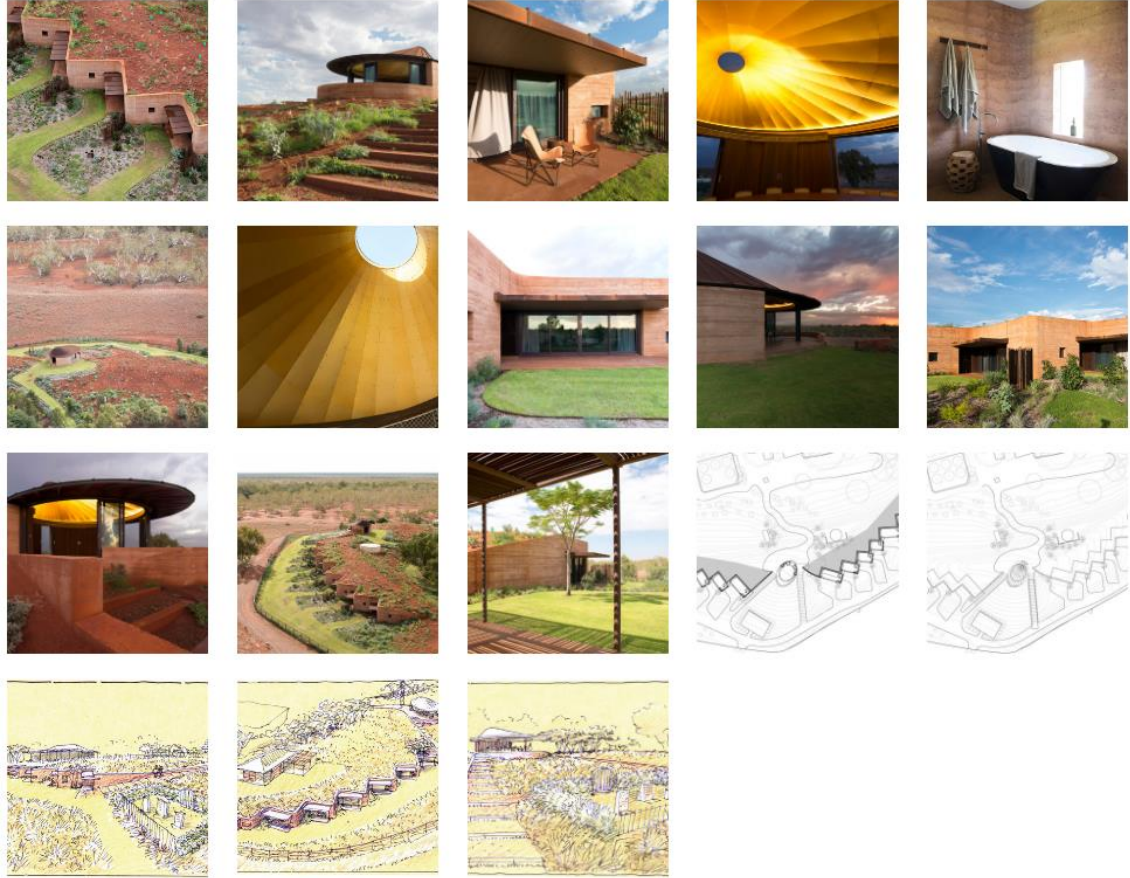


Şekil 4.38. Batı Avustralya Seddi yeşil çatı kesiti (Ateş, 2021)

Konutların üzerindeki toprak tepenin ortasına konutlara ek olarak bir şapel inşa edilmiştir. Şapel boş zamanlarda toplantı salonu ve meditasyon alanı olarak kullanılabilir. Şapelin çatısı konik bir forma sahiptir. Çatının üst kısmındaki dairesel açıklıktan güneş ışıkları içeri girerek mekânı aydınlatmaktadır. Şapelin çatısının dış kısmı korten çelik ile iç kısmı altın eloksallı alüminyum levhalarla kaplanmıştır.

Yapı kompleksinde kullanılan malzemelerin tamamına yakını yerel yapı malzemeleridir. Yapı mimari tasarımı ve yapıda kullanılan sürdürülebilir yerel malzemeler sayesinde birçok ödül kazanmıştır. Cephede sıkıştırılmış toprak duvarlar ve evlerin çatılarının yeşil çatı olarak kullanılmasıyla hem estetik bir görünüm hem de çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik sağlanmıştır.

Konutların ön cephesindeki dikkat çeken duvar sıkıştırılmış topraktan yapılmıştır. Sıkıştırılmış toprak, tamamen yerel demir açısından zengin kumlu kil, çakıl ve şantiye sahasından sondajla çıkarılan suyun karıştırılmasıyla yapılmıştır. Tasarımdaki aks yönünde geri çekilen duvar, konutların önünde mahremiyet alanları oluşturan ön bahçeler oluşturmaktadır. Avustralya'nın sıcak hava koşullarından korunmak için ön bahçelerin üstleri korten çelikten yapılmış güneş kırıcılar ile kapatılmıştır.



Şekil 4.39. Batı Avustralya Seddi görselleri (Brich, 2015)

Yapıda kullanılan malzemeler strüktür malzemeleri, detay malzemeleri ve koruyucu malzemeler olarak 3 başlık altında yapı elemanlarına göre ayrı ayrı analiz edilmiştir. Daha sonra elde edilen analiz sonuçları çizelge haline getirilmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Batı Avustralya Seddi yapı malzemeleri analizi

Sürdürülebilir Yapının Künyesi	Yapının Adı	Batı Avustralya Seddi (The Great Wall of WA)	
	Yapı Tipi	Konut	
	Konumu	Pilbara, Batı Avustralya, Avustralya	
	Yapım Tarihi	2015	
	Tasarımcısı	Luigi Rosselli Architects	
Yapının Karakteristik Malzemesi	Sıkıştırılmış toprak ve korten çelik		
Yapıda Kullanılan Malzemeler	Bina Kabuğu Malzemeleri	Sıkıştırılmış toprak	
	Strüktür Malzemeleri	Duvar	Sıkıştırılmış toprak
		Kolon	Betonarme
		Kiriş	Betonarme
		Döşeme	Betonarme
		Çatı iskeleti	Yeşil çatı
	Detay Malzemeleri	Doğrama	Alüminyum
		Zemin kaplama	Terrazzo karo
		Duvar kaplama	Sıkıştırılmış toprak
		Çatı kaplama	Yeşil çatı+Korten çelik
		Tavan kaplama	Altın eloksallı alüminyum panel
	Koruyucu Malzemeler	Isı yalıtım	Sıkıştırılmış toprak
		Su yalıtım	Sıkıştırılmış toprak
		Ses yalıtım	Sıkıştırılmış toprak

4.3.4. Bambu

Bambu, insanların barınma ihtiyaçlarını karşılamak için inşa ettikleri yapılarda kullandıkları ilk yapı malzemelerinden biridir (Şekil 4.40). Tarih öncesi çağlarda, insanlar günlük hayatta kullanmak için bambudan eşyalar üretmişlerdir. Kolay ve hızlı yetişen yerel bir malzeme olduğu için kullanım alanı geniştir. Bambu metrelerce uzunluğa ulaşsa da ağaç veya çalı yerine hızlı büyüyen bir çim bitkisi olarak kabul edilmektedir. Binden fazla türe sahip bambu günde ortalama 10 cm uzamaktadır. Genellikle ılıman iklimlerde yetişen bambu yağış miktarı, toprak türü, yükseklik ve coğrafi konuma göre farklı kalite ve hızda gelişmektedir (Krawczuk, 2013).



Şekil 4.40. Moso Bambu (Gardenia, 2023)

Bambu, deprem, yangın, rüzgâr gibi doğa olaylarına kimyasal ve fiziksel olarak dayanıklı olması nedeniyle yapı malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yapıda kullanım için seçilen bambuların yeterli çapa ve düzgün forma sahip olmaları gerekmektedir. Bambular ekildikten sonra genellikle 3-6 yıl içerisinde hasat edilir. Ekildikten sonra ilk yılda uzama, ikinci yılda sertleşme, üçüncü yılda ise yapı malzemesi olarak kullanılabilir güce ve gövde çapına ulaşmaktadır.

Kerpiç malzemenin sahip olduğu özellikler ve kullanım alanları Çizelge 4.18’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.18. Bambu malzemenin incelenmesi

Malzeme	Genel Özellikleri	Fiziksel Özellikleri	Kimyasal Özellikleri	Kullanım Alanı
Bambu	Bitkisel malzeme Kolay erişim ve ekonomik Düşük oluşum enerjisi Estetik görünüm Kolay bakım ve onarım	Isı yalıtımı Hava geçirgenliği Yüksek dayanım Kolay şekil verme Uzun ömür	Karbon tutucu Nem tutucu Doğada kolay çözülebilme Haşerelere karşı dayanıklı	Taşıyıcı sistem elemanı Bölücü duvar Çatı kaplaması Bahçe duvarı Yürüyüş yolu Pergola

Yapı malzemelerinin üretiminde kullanılan çam, meşe ve ceviz ağaçları ortalama 40 yılda büyürken, bambunun 3-6 yılda hızla büyümesi ekosistemde ormansızlaşmayı ve biyoçeşitliliğin azalmasını engellemekte ve çevresel sürdürülebilirlik sağlanmaktadır. Bambular hasat edildikten sonra çevre koşullarına 2-3 yıl dayanabilmektedir. Yapı malzemesi üretimde kullanılacak olan bambular çevre koşullarına ve haşerelere karşı daha uzun yıllar dayanabilmesi için kimyasal işlemlerden geçirilmektedir. Bambular hasat edildikten sonra temizleme, sıcak bükme, soğuk bükme, kesme ve öğütme işlemlerinin ardından yapı malzemesi olarak kullanıma hazır hale getirilmektedir. Bambu, düzgün forma sahip olması, bükülebilmesi ve yüksek dayanıma sahip olmaları nedeniyle yeşil çelik olarak adlandırılmaktadır. Bu nedenle ahşap ve çeliğe alternatif olması, bölgenin yerel malzemesi olması ve kolay şekillendirilebilmesi nedeniyle sürdürülebilir mimari tasarımlarda kullanımı yaygınlaşmıştır (Marangoz ve Aydın, 2023).

Bambu, taşıyıcı sistem elemanı, bölücü duvar, çatı kaplaması, bahçe duvarı, yürüyüş yolu, pergola gibi birçok yerde kullanılabilir. Mimari tasarımda bambu yapı elemanlarını sabitlemek ve birleştirmek için halat, çivi, vida ve kelepçe kullanılmaktadır. Bambunun farklı cins ve ebatları olduğu için mimari tasarımda gerekli olan detay imalatlar rahatlıkla yapılabilir.

4.3.4.1.Panyaden Uluslararası Okulu (Panyaden International School)

Panyaden Uluslararası Okulu, 2020 yılında Tayland'ın Nam Phrae bölgesinde Chiangmai Life Architects tarafından bambu kullanılarak inşa edilmiştir. Panyaden Uluslararası Okulu'nun yöneticilerinin çevre ile uyumlu, sürdürülebilir bir mimari tasarıma sahip bir okul istemesi üzerine tasarlanan bu yapı, bambu, sıkıştırılmış toprak ve kerpiç kullanılarak inşa edilmiştir. Okul, birden çok yapının bir araya gelmesiyle oluşan bir kompleks olarak tasarlandı. Eğitim birimleri bir arada olmak yerine arazideki derslere göre ayrı yapılardaki dersliklerde çözülmüştür. Fen laboratuvarları yapısı, fizik, biyoloji ve kimya laboratuvar odalarından oluşmaktadır. Müzik merkezi yapısı, bireysel dersler için 4 küçük oda, performans salonu ve müzik aletlerini iklim koşullarından korumak için tasarlanan müzik aleti saklama odasından oluşmaktadır. Diğer yapılarda toplantı salonu, Budist şapeli, 300 kişilik kapalı spor salonu, sınıflar, ofisler, kantin, yüzme havuzu, futbol sahası, koşu parkuru, kütüphaneler bulunmaktadır. Yapının inşa edildiği bölgedeki aşırı sıcaklardan ve ekin yakma zamanı dumandan etkilenmemek için yapılarda iç hava kalitesinin arttıran merkezi soğurma sistemleri bulunmaktadır.

Mimari tasarımcılar, okul kompleksini oluşturan binaları birbirinin kopyası olması yerine, doğada olduğu gibi farklı formlarda inşa etmişlerdir. Arazide eğime göre konumlandırılan binaların çatıları, bambunun kolay şekil alması ve esnekliği sayesinde serbest akışlı hatlara sahip araziye uyum sağlayan formda oluşturulmuştur. Yapıda kullanılan yerel malzemeler çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliğe, okulu oluşturan yapıların araziye yayılması insan ilişkilerine olumlu etkileyerek sosyal sürdürülebilirliğe katkı sağlamıştır.

Mimari tasarımda, yerel malzemeler ve modern yapım teknikleri kullanılarak, alışlagelmiş formların dışında bir yapı tasarlanmıştır. Yapının organik formda inşa edilebilmesindeki en önemli malzeme bambudur. Yeşil çelik olarak adlandırılan bambu çeliğin dayanıma sahip olmasına rağmen çelikten daha kolay şekil alabilmesi nedeniyle istenilen yapı formu kısa sürede fazla işçilik gerektirmeden elde edilmiştir. Yapı strüktüründe yüksek dayanım ve büyük açıklıkları geçmek için bambudan kafes kirişler, kemer ve tonoz destekler inşa edilmiştir. Bambudan üretilen yapı strüktürü duvarlarda sıkıştırılmış toprak, çatıda ise bambu levhalarla kaplanmıştır.



Şekil 4.41. Panyaden Uluslararası Okulu görselleri (Cosi ve Roselieb, 2020)

Yapıda kullanılan malzemeler strüktür malzemeleri, detay malzemeleri ve koruyucu malzemeler olarak 3 başlık altında yapı elemanlarına göre ayrı ayrı analiz edilmiştir. Daha sonra elde edilen analiz sonuçları çizelge haline getirilmiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Panyaden Uluslararası Okulu yapı malzemeleri analizi

Sürdürülebilir Yapının Künyesi	Yapının Adı		Panyaden Uluslararası Okulu	
	Yapı Tipi		Eğitim yapısı	
	Konumu		Nam Phrae, Tayland	
	Yapım Tarihi		2020	
	Tasarımcısı		Chiangmai Life Architects	
Yapının Karakteristik Malzemesi	Bambu			
Yapıda Kullanılan Malzemeler	Bina Kabuğu Malzemeleri		Bambu- sıkıştırılmış toprak	
	Strüktür Malzemeleri	Duvar	Sıkıştırılmış toprak	
		Kolon	Bambu	
		Kiriş	Bambu	
		Döşeme	Masif ahşap	
		Çatı iskeleti	Bambu	
	Detay Malzemeleri	Doğrama	Masif ahşap	
		Zemin kaplama	Brüt beton	
		Duvar kaplama	Sıkıştırılmış toprak	
		Çatı kaplama	Bambu	
		Tavan kaplama	Bambu	
	Koruyucu Malzemeler	Isı yalıtım	Sıkıştırılmış toprak	
		Su yalıtım	Sıkıştırılmış toprak	
		Ses yalıtım	Sıkıştırılmış toprak	

4.3.5. Saman

Saman, buğday, arpa vb. ekinlerin hasat edilmesi ve dövülmesinden sonra geriye kalan sap kısımlardır. Saman genellikle büyükbaş ve küçükbaş hayvanlara yem olarak verilmektedir. Ağaç olmayan alanlarda yapı inşasında ahşaba alternatif bir yapı malzemesi olmuştur. Tarımın gerçekleştiği kırsal bölgelerde kolaylıkla elde edilebilmektedir. Önceleri ahşap taşıyıcı sistem elemanları kullanılmadan üretilmeye başlanan yapılar, daha sonraları ahşap kalıplara saman balyalarının yerleştirilmesiyle oluşturulan hasır panellerden üretilmiştir. Böylelikle hasattan sonra geriye kalan saman yakılmak yerine sürdürülebilir yapılarda malzeme olarak kullanılmaktadır. Bu sayede toprak yakılarak verim düşmez, çiftçiye ek gelir sağlanır ve sürdürülebilir bir yapıda malzeme olarak kullanılarak çevreye verilen zarar azaltılır. Tarımın gerçekleştiği kırsal bölgelerde kolaylıkla elde edilebilmektedir (Eryıldız ve Başkaya, 2000).



Şekil 4.42. Saman Duvar (Ushi, 2018)

Saman tarım devam ettiği sürece sürdürülebilir şekilde üretilmeye devam edilebilecek bir yapı malzemesidir. Buğday ve bakla mahsulleri bir yıldan daha kısa sürede üretilip hasat edildiğinden saman yapı malzemesi üretimi de kısa sürede gerçekleşmektedir. Samanı diğer yapı malzemelerinden ayıran en önemli özelliği ısı yalıtım performansıdır. Kullanıldığı yapıda üç kat daha iyi ısı yalıtımı sağlayarak ısıtma ve soğutma maliyetlerini düşürmektedir.

Saman malzemenin sahip olduğu özellikler ve kullanım alanları Çizelge 4.20’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.20. Saman malzemenin incelenmesi

Malzeme	Genel Özellikleri	Fiziksel Özellikleri	Kimyasal Özellikleri	Kullanım Alanı
Saman	Bitkisel malzeme Kolay erişim ve ekonomik Düşük oluşum enerjisi	Isı yalıtımı Hava geçirgenliği Kolay şekil verme Uzun ömür	Karbon tutucu Nem tutucu Doğada kolay çözülebilme Selüloz içerir	Taşıyıcı sistem elemanı Duvar Çatı kaplaması Zemin döşemesi

Samanın ateşe ve suya karşı direnci düşüktür. Bu yüzden diğer yapı malzemelerine göre daha kolay yanabilmekte ve çürüyebilmektedir. Yangına karşı dayanımını arttırmak için saman kil ile karıştırılmalı, suya maruz kaldığında içerisindeki selülozdan kaynaklı çürümeye başlamaması için iyice kurutulması ve gerektiği durumlarda sıvanması gerekmektedir. Gerekli önlemlerin alınması halinde samandan yapılmış yapılar onlarca yıl ayakta kalabilmektedir.

Yapı inşasında teknik bilgi ve nitelikli işçilik gerekmediği için işçilik maliyetleri düşüktür. Saman balyalarından bir yapı inşa etmek 6 aşamada gerçekleşmektedir.

Bu yapı inşa aşamaları,

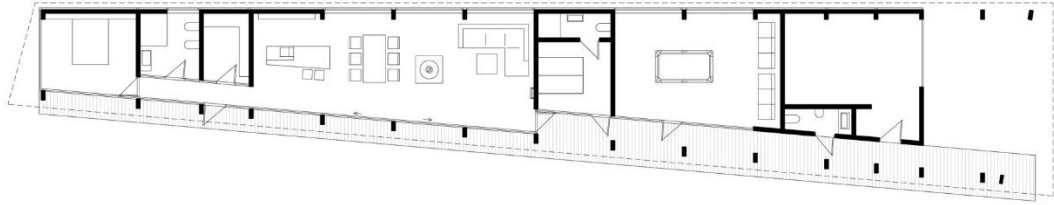
- Tarladaki samanların tasarımıdaki ölçülere göre tellerle balya haline getirilmesi ve şantiye alanına getirilmesi
- Saman balyalarının su ile temasını önlemek için yapı temel inşası,
- Çatı, deprem ve rüzgâr yüklerini taşıyacak ahşap iskeletin ve çatının inşası,
- Pencere ve kapı boşluklarının güçlendirilmesi,
- Balyaların iskelet sistemine yerleştirilmesi,
- Yüzey temizliği ve sıvanmasıdır.

Taşıyıcı balya tekniği (yığma), taşıyıcı olmayan balya tekniği (karkas), taşıyıcı karma sistem olmak üzere saman balyasından yapı inşasında üç farklı yapı inşaat tekniği bulunmaktadır. Çevre dostu ve yerel bir kaynak olan saman yapılarda taşıyıcı duvar, yalıtım malzemesi, zemin döşemesi, çatı kaplaması olarak kullanılmaktadır.

4.3.5.1.Kumul Evi (The Dune House)

Kumul Evi, 2015 yılında Letonya'nın Pape kentinde Archispektras Architecture tarafından saman kullanılarak inşa edilmiştir. Yapının adı, rüzgârın taşıyıp bir yerde biriktirdiği kum tepelerine verilen kumul adından gelmektedir. Yapı, Baltık Denizi'nde kum tepelerine karşı uçurtma sörfü yapan ailenin isteği üzerine, ailenin hobisini ve çevre dokusunu yansıtan mimari tasarıma sahip bir tatil evi olarak inşa edilmiştir. Yapı, denize kolay ulaşım sağlanabilmesi için denize yakın bir bölgede konumlandırılmıştır.

Mimari tasarımcı, yapının heykelsi formunun, yerel malzemelerin modern bir yapım tekniği yorumuyla kaplandığını belirtmektedir. Yapı ince ve uzun bir forma sahiptir. Yapıda odalar birbirinin manzarasını engellemeyecek şekilde ardışık olarak konumlandırılmıştır. İçeriden dışarıya bakıldığında, denizin üzerindeki sonsuz ufuk görülebilmektedir. İç mekanlarda manzarayı engellemek için saman çatı ile zemin arasında duvarlara cam paneller yerleştirilmiştir. Yapının doğal ışık almasını sağlamak için çatıya pencereler yerleştirilmiştir. Yapıda 3 yatak odası, 1 oyun salonu, 1 banyo, 1 çamaşır odası ve bir arada çözümlenmiş Oturma odası, mutfak, yemek alanı bulunmaktadır. Yapının bir ucunda yatak odası diğer ucunda otopark mevcuttur.

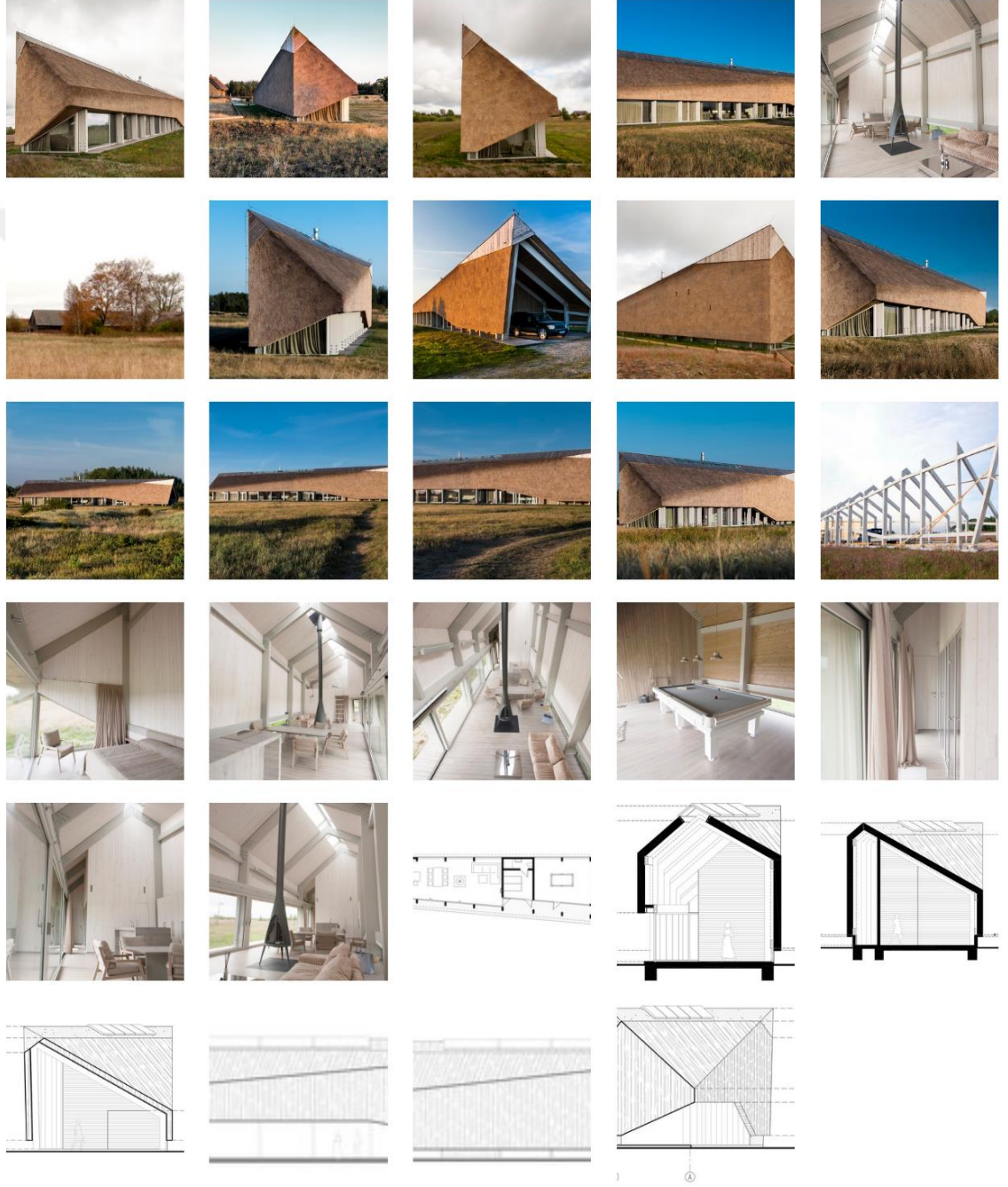


Şekil 4.43. Kumul Evi Planı (Archispektras Architecture, 2015)

İç mekânda ev sahibinin ve konukların sosyalleşebilmesi için ortak yaşam alanında şömine konumlandırılmıştır. Tatile gelen ailenin boş zamanlarını değerlendirebilmesi için bilardo masası bulunan bir oyun salonu tasarlanmıştır. İç mekân tasarımında minimalist ve sakın bir tasarım için krem renk tonlarında masif ahşap kullanılmıştır.

Geleneksel inşaat teknolojilerinden ve çelik strüktür teknolojisinden yararlanılarak inşa edilen yapının formu tasarlanırken keskin su dalgalarından ilham alınmıştır. Yapının taşıyıcı sisteminde çelik elemanların kullanılmasının bir diğer nedeni ise yapının istenildiği zaman sökülüp taşınabilmesi ve inşa edildiği bağlamda kalıcı iz bırakmamasıdır. Çelik elemanlar, iç mekanın sadeliğini cephenin görünümüne yansıtmak için beyaza boyanmış ve iç mekandaki odaların düzenine göre cephede sıralanmıştır.

Yapı, Pape Tabiatı Koruma Alanı içinde yer aldığı için kullanılan malzemeler sürdürülebilir ve yereldir. Yapının dış kaplamasında çevreyle uyum sağlamak ve sürdürülebilir tasarım için yerel malzeme olan saman kullanılmıştır. Saman doğal bir malzeme olduğu için iklim koşullarından kolayca etkilenir. Bu nedenle cephede kullanılan saman malzemenin estetik görünümünü kaybetmemesi için ev sahipleri tarafından düzenli olarak bakımları yapılmaktadır.



Şekil 4.44. Kumul Evi görselleri (Kamenskaskas, 2015)

Yapıda kullanılan malzemeler strüktür malzemeleri, detay malzemeleri ve koruyucu malzemeler olarak 3 başlık altında yapı elemanlarına göre ayrı ayrı analiz edilmiştir. Daha sonra elde edilen analiz sonuçları çizelge haline getirilmiştir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Kum Evi yapı malzemeleri analizi

Sürdürülebilir Yapının Künyesi	Yapının Adı	Kum Evi (The Dune House)	
	Yapı Tipi	Konut	
	Konumu	Pape, Letonya	
	Yapım Tarihi	2015	
	Tasarımcısı	Archispektras Architecture	
Yapının Karakteristik Malzemesi	Saman		
Yapıda Kullanılan Malzemeler	Bina kabuğu Malzemeleri	Saman ve cam	
	Strüktür Malzemeleri	Duvar	Ahşap panel
		Kolon	Çelik
		Kiriş	Çelik
		Döşeme	Betonarme
		Çatı iskeleti	Çelik
	Detay Malzemeleri	Doğrama	Alüminyum
		Zemin kaplama	Masif ahşap
		Duvar kaplama	Saman ve cam panel
		Çatı kaplama	Saman
		Tavan kaplama	Masif ahşap
	Koruyucu Malzemeler	Isı yalıtım	Saman
		Su yalıtım	Saman
		Ses yalıtım	Saman

4.3.5.2.İznik Melih Bey Saman Evi

İznik Melih Bey Saman Evi, 2021 yılında Türkiye'nin Bursa kentinde Saman Evim firması ve Koluba Kolektif'in iş birliği ile saman paneller kullanılarak inşa edilmiştir. Yapının adı, inşa edildiği Bursa'nın İznik ilçesinden ve sahibinin adından gelmektedir. Yapının yapıldığı tepenin konumu sayesinde İznik Dağları hem iç hem de dış mekanlarda rahatlıkla görülebilmektedir. İşverenin talebi üzerine tasarımcılar, doğaya zarar vermeden doğa ile uyumlu sürdürülebilir bir yapı yapabilmek için yapının büyük bölümünde samandan ürettikleri panelleri kullanmışlardır. Saman panellerin yüzeylerinin kaplanması için özel geliştirilen şerbetli saman (saman, kil, su) ve kerpiç (toprak, kum, saman, su) sıva yapının çevresi ile renk ve doku açısından uyum sağlamasına yardımcı olmuştur. Yapının çevre ile ilişki kurduğu bir diğer parçası olan temelin yapımında topoğrafyaya müdahale edilmeden ahşap takozlar üzerine inşa edilerek sürdürülebilirlik ilkesine uygunluk sağlanmıştır. Yapı, deprem, rüzgâr, yağış vb. çevre koşullarına dayanımı düşük olmasına rağmen Türkiye'de sürdürülebilir yapı malzemeleri kullanılarak geleneksel inşaat teknikleri ile inşa edilen yapılara öncü ve örnek olmaktadır (Gültekin, 2021).



Şekil 4.45. İznik Melih Bey Saman Evi görselleri (Gültekin, 2021)

Yapıda kullanılan malzemeler strüktür malzemeleri, detay malzemeleri ve koruyucu malzemeler olarak 3 başlık altında yapı elemanlarına göre ayrı ayrı analiz edilmiştir. Daha sonra elde edilen analiz sonuçları çizelge haline getirilmiştir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. İznik Melih Bey Saman Evi yapı malzemeleri analizi

Sürdürülebilir Yapının Künyesi	Yapının Adı	İznik Melih Bey Saman Evi	
	Yapı Tipi	Konut	
	Konumu	Bursa, Türkiye	
	Yapım Tarihi	2021	
	Tasarımcısı	Saman Evim+Koluba Kolektif	
Yapının Karakteristik Malzemesi	Saman		
Yapıda Kullanılan Malzemeler	Bina kabuğu Malzemeleri	Saman+Kil sıva	
	Strüktür Malzemeleri	Duvar	Saman Panel
		Kolon	Masif Ahşap
		Kiriş	Masif Ahşap
		Döşeme	Masif Ahşap
		Çatı iskeleti	Masif ahşap
	Detay Malzemeleri	Doğrama	Masif Ahşap
		Zemin kaplama	Preslenmiş ahşap parke
		Duvar kaplama	Kil sıva
		Çatı kaplama	Alüminyum çatı paneli
		Tavan kaplama	Preslenmiş ahşap panel
	Koruyucu Malzemeler	Isı yalıtım	Saman
		Su yalıtım	Kil sıva
		Ses yalıtım	Saman

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya genelinde insan faaliyetlerinden kaynaklanan küresel ısınma, çevre kirliliği, karbon salınımı ve zararlı atık üretimi ekosistemdeki dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Ekosistemdeki dengenin bozulması sonucunda çevre ve insan sağlığı tehlike altına girmiştir. Tehlikenin boyutları günümüzde yaşayan insanları hatta gelecek nesilleri etkileyecek düzeye ulaşması nedeniyle ulusal ve uluslararası ortak çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalarla birlikte sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilirlik kavramı ile insanların mevcut ihtiyaçlarını doğadaki düzeni bozmadan karşılaması ve gelecek nesillerin kullanacağı kaynaklara zarar vermeden çevrenin korunması amaçlanmaktadır. Sürdürülebilirlik çalışmalarında sadece çevre sorunları değil aynı zamanda sosyal ve ekonomik sorunlar da ele alınmaktadır. Tüm bu sorunlar hakkında insanları bilgilendirmek ve sürdürülebilir yaşam için farkındalık yaratmak amacıyla dünya limit aşım günü ve ekolojik ayak izi kavramı oluşturulmuştur. Bu kavramlarla insanların çevreye verdiği zararın kontrol altına alınarak azaltılması ve bilinçsiz aşırı tüketimin önüne geçilmesi planlanmaktadır.

Sürdürülebilirlik kavramının teoriden pratiğe aktarılması için çeşitli sektörler tarafından çalışmalar başlatılmıştır. İnşaat sektöründe bu konu sürdürülebilir mimari tasarım anlayışı ile ele alınmaktadır. Sürdürülebilir mimari ile yapıların tasarımından yaşam sürecinin sonuna kadar çevresiyle uyumlu, doğaya zarar vermeyen, yaşam kalitesini arttıran, enerji tasarrufu sağlayan bir durumda olması hedeflenmektedir. Sürdürülebilir yapıların tasarımı sürecinde yapının inşa edileceği arazinin içinde bulunduğu fiziksel çevrenin alt ve üst ölçekte teknik analizinin yapılması ve sonuçların tasarım girdisi olarak kullanılması gerekmektedir. Böylece sürdürülebilir mimaride yapı tasarım ve üretim süreçlerinde çevresel, ekonomik ve sosyal fayda sağlanmaktadır.

Sürdürülebilir mimarlık yaklaşımının popülaritesinin artması ve inşaat sektöründe kabul görmesi nedeniyle sürdürülebilir yapıların sayısı artmaya başlamıştır. Bu nedenle sürdürülebilir mimari ile ilgili ulusal ve uluslararası uygulamalarda bir düzen sağlayacak standartlar ve yasal düzenlemeler yapılmıştır. Dünyada Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO), Avrupa Standartlar Komitesi (CEN), Alman Standartlar Enstitüsü (DIN) ülkemizde ise Türk Standartları Enstitüsü (TSE) standart çalışmaları gerçekleştirmede yetkilidir. Ülkemizde yapı inşası sırasında çevreye verilen zararın önlenmesi, enerji verimliliğinin artırılması, malzeme standartlarının belirlenmesi, atıkların geri dönüştürülmesi ve azaltılması, hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıklarının

kontrolü için yetkili kurumlar tarafından yasal düzenlemeler ve gerekli denetimler yapılmaktadır.

İnşaat sektörü çevreye ve ekonomiye diğer tüm sektörlerden daha fazla zarar vermektedir. Bu zararı azaltmak için yapıların sürdürülebilir bir mimari anlayışla inşa edilmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir yapılarda en önemli faktör sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanımıdır. Sürdürülebilir yapı malzemeleri yaşam döngülerinin üretim, kullanım ve yok etme aşamalarında çevreye ve insan sağlığına zarar veren emisyonlar ve katı atıklar oluşturmaması, kaynak ve enerji tasarrufu sağlaması, geri dönüştürülebilir olması, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin istenilen standartların üzerinde olması nedeniyle diğer yapı malzemelerinden ayrılmaktadır.

Sürdürülebilir yapı inşasını teşvik etmek ve inşa edilen sürdürülebilir yapıları sürdürülebilirlik kriterlerine göre puanlamak ve derecelendirmek için sürdürülebilir yapı sertifika sistemleri ortaya çıkmıştır. Bu sertifika sistemlerinde yapıların çevreye az ya da hiç zarar vermemesi istenmektedir. Başlangıçta gelişmiş ülkeler tarafından geliştirilen ve uygulanan sürdürülebilir yapı sertifikaları, daha sonra diğer ülkeler tarafından da kendi çevresel ve ekonomik koşullarına göre şekillendirilerek kullanılmaya başlanmıştır. Bu sürdürülebilir yapı sertifikalarına Türkiye’den ÇEDBİK B.E.S.T- Konut Sertifikası ve Ulusal Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemi, Amerika Birleşik Devletleri’nden LEED sertifikası, İngiltere’den BREEAM sertifikası, Avustralya’dan Green Star sertifikası, Japonya’dan CASBEE sertifikası örnek olarak verilebilir. Tüm bu sürdürülebilir yapı sertifikalarının puanlama sistemlerinde sürdürülebilir yapı malzemeleri büyük bir orana sahiptir. Sürdürülebilir yapı malzemelerinin binalarda kullanılması başlangıçta maliyetli olsa da uzun vadede enerji verimliliği, atık yönetimi ve geri dönüşüm, binanın ömrü boyunca sertifikalara sahip olması hem ekonomik kazanç sağlamakta hem de çevreye saygıyı artırmaktadır.

Sürdürülebilir yapı malzemelerinin mimari tasarımdaki rolünü irdelemek için düşük oluşum enerjisine sahip biyo-bazlı malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri, geri dönüştürülmüş malzemelerden üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri, yerel doğal kaynaklardan üretilen sürdürülebilir yapı malzemeleri ve bu malzemelerin kullanıldığı örnek yapılar incelenmiştir. Üç farklı başlık altında incelenen sürdürülebilir yapı malzemelerinin genel olarak benzer yaşam süreçlerine ve aynı özelliklere sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yapı malzemelerinin kullanım alanlarını incelemek için analiz edilen örnek yapılar seçilirken, yapıda kullanılan malzemelerin biyo-bazlı, geri dönüştürülebilir ve yerel doğal

kaynaklardan üretilen karakteristik özelliklere sahip sürdürülebilir yapı malzemeleri olmalarına dikkat edilmiştir. Örnek yapılar seçilirken dikkat edilen bir diğer konu ise, yapının yapımında kullanılan malzemelerin, yapı inşasında öncü sayılabilecek disiplinler arası deneysel çalışmalar sonucunda ortaya çıkan sürdürülebilir yapı malzemeleri olmasıdır.

Sürdürülebilir yapıların analizi sonucunda, sürdürülebilir yapı malzemelerinin, üretim süreçlerinde mimarlık, mühendislik, kimya, biyoloji, fizik ve malzeme bilimi gibi birçok farklı disiplin çalışanlarının bir araya gelerek ortak çalışmalar yürütmesi sonucu ortaya çıktığı ve yapı elemanlarının yapımında strüktür malzemesi, detay malzemesi ve koruyucu malzeme olarak yapının farklı bölümlerinde aynı sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanıldığı görülmüştür.

Sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanıldığı örnek yapıların, uzun çalışmalar sonucunda ortaya çıkan özgün bir tasarıma sahip olduğu, daha önce örneğine az rastlanan malzeme ve inşaat tekniklerinin kullanıldığı ve genel olarak mimari işlevleri küçük olan yapılar olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen bilgilere göre bazı önerilerde bulunulmuştur. Bunlar;

Günümüzde tasarımcılar yapı malzemelerinin seçiminde teknik detaylar, malzeme dayanımı, estetik görünüm, maliyet vb. kriterleri ön planda tutmaktadır. Ancak yapı malzemeleri, kullanıldığı yapıların yaşam boyu ekolojik ve sürdürülebilir yapı özelliklerini karşılaması açısından da önemlidir. Bu nedenle çevre-malzeme etkileşimi sırasında çevreye verilen zararın azaltılması için sürdürülebilir yapı malzemelerinin hammadde temini, üretimi, yapıya uygulanması, kullanımı, geri dönüşümü ve imha süreçleri dikkate alınmalıdır. Sürdürülebilir yapı malzemeleri kullanılarak, düşük enerji tüketimi ve düşük maliyetle çevre dostu binalar inşa edilmelidir. Böylelikle sürdürülebilir yapı malzemeleri kullanılarak yapının çevreye verdiği zarar azaltılmalı ve insan sağlığı ve konforu artırılmalıdır.

Bu kavramlar ile ilgili yürütülen çalışmaların kapsamı genişletilmeli ve sadece mimari tasarımcılar değil, tüm insanlar bu konu hakkında bilgilendirilmeli ve bilinçlendirilmelidir. Bunu için ülkemizde üretilen yapı malzemelerinin tüm özellikleri üretici firmalar tarafından yetkili kurumun oluşturduğu veri tabanına eklenmeli ve burada bilgiler toplandıktan sonra yazılımlar, aplikasyonlar ve internet siteleri geliştirilerek halkın kullanımına sunulmalıdır.

Sürdürülebilir yapı tasarımı sürecinde mimarlar ve inşaat mühendisleri, yapı yapım aşamasında müteahhit, inşaat sektöründe çalışan elemanlar (usta, kalfa, çırak), yetkili kurum çalışanları (belediye, bakanlık), denetleme elemanları (yapı denetim) sürdürülebilir yapı malzemesi kullanımında ve uygulamasında gerekli özeni göstermelidir.

Dünya nüfusunun artması sonucunda yapılara olan taleplerin artması nedeniyle inşaat sektöründe büyüme ve gelişme yaşanmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilirlik ile ilgili mevcut standartlar, yasal düzenlemeler ve sürdürülebilir yapı sertifikalarının günümüz koşullarına göre düzenlenmesi ve güncel tutulması gerekmektedir. Tüm bu sürdürülebilirlikle ilgili çalışmaların inşa edilen yapılarda doğru bir şekilde uygulanabilmesi için yetkili kurumların denetimlerinin arttırılması gerekmektedir. Ayrıca yetkili kurumlar, yeni kurum binalarının yapımında sürdürülebilir yapı malzemeleri kullanarak sürdürülebilir mimari konusunda halkı teşvik ederek öncü olmalıdır.

Yapılan tüm çalışmalar, incelemeler ve analizler sonucunda yapıda sürdürülebilir yapı malzemeleri kullanımının başta sürdürülebilirlik olmak üzere, insan sağlığı, ekonomi, toplum, çevre, estetik, güvenlik, dayanım ve dayanıklılık, standartlara ve yasal düzenlemelere uygunluk ve gelecek nesillere aktarılabilecek kaynaklar açısından büyük önem taşıdığı sonucuna varılmış ve sürdürülebilir yapı malzemeleri konusunun gelecek vaat ettiği ve bu konu hakkında ileride yapılacak çalışmaların önünün açık olduğu öngörülmüştür.

KAYNAKLAR

- Adams, W.M. (2006). The future of sustainability: re-thinking environment and development in the twenty-first century. *IUCN Renowned Thinkers Meeting*.
- Akbaş, M. F., Aslan, M., ve Arpacioğlu, Ü. (2022). Yeşil Malzeme Bağlamında Kerpiç. *Eksen Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 3(2), 72-88.
- Alibeyoğlu, R. N., ve Ökten, M. S. (2021). Sıkıştırılmış Toprak Yapılar Üzerine Bir İnceleme. *Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, 11(3), 1036-1057.
- Alman Standartlar Enstitüsü. (2019). *Logo small data*. Erişim adresi <https://www.din.de/resource/blob/71122/89768d0b6c059ffc48a4e0e839798df9/lo-go-small-data.png>
- Anbarcı, M., Giran, Ö., ve Demir, İ. (2012). Uluslararası Yeşil Bina Sertifika Sistemleri ile Türkiye'deki Bina Enerji Sağlama Uygulamaları. *Mühendislik Bilimleri*, 7(1), 368-383.
- Anderson, J., Shiers, D. ve E., Sinclair, M. (2002). *The Green Guide to Specification an Environmental Profiling System for Building Materials and Components*. Oxford: Blackwell Science.
- Archispektras Architecture. (2015). *The Dune House floor plan*. Erişim adresi <https://www.archdaily.com/794461/the-dune-house-archispektras/57c8032ce58ece041800012f-the-dune-house-archispektras-floor-plan>
- Ateş, Y. (2021). *Batı Avustralya Seddi yeşil çatı kesiti*. Erişim adresi https://img.piri.net/mnresize/900/-/resim/imagecrop/2021/02/26/01/01/resized_75fbf-9b7151b915.jpg
- Avustralya Yeşil Bina Konseyi. (2013). *Green Star sürdürülebilir yapı sertifikası logosu*. Erişim adresi <https://www.architectureanddesign.com.au/news/bpn/green-star-rating-tool-for-public-buildings>
- Ayaz, E. (2002). *Yapılarda Sürdürülebilirlik Kriterlerinin Uygulanabilirliği*. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aydoğan, S. (2015). *Sürdürülebilir Mimarlıkta Sakin Şehir Yaklaşımı*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bayraktar, F. T. (2010). *Türkiye’de Yapı Malzemesi Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi İçin Bir Sistem Önerisi*. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Benyus, J. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, New York: Harper Collins.

- Bezvershenko, A. (2020). *Cannabis sativa growth stages from seeds to mature*. Erişim adresi <https://www.shutterstock.com/tr/image-vector/cannabis-sativa-growth-stages-seeds-mature-1669926679>
- Biobased Creations. (2021a). *The Exploded View Beyond Building*. Erişim adresi <https://biobasedcreations.com/project/the-exploded-view-beyond-building/>
- Biobased Creations. (2021b). *The Exploded View Beyond Building funghi and bacteria material*. Erişim adresi <https://theexplodedview.com/materialbbtype/funghi-bacteria/>
- Biobased Creations. (2021c). *The Exploded View Beyond Building living material*. Erişim adresi <https://theexplodedview.com/materialbbtype/living-materials/>
- Biobased Creations. (2021d). *The Exploded View Beyond Building food material*. Erişim adresi <https://theexplodedview.com/materialbbtype/food/>
- Biobased Creations. (2021e). *The Exploded View Beyond Building water material*. Erişim adresi <https://theexplodedview.com/materialbbtype/water/>
- Biobased Creations. (2021f). *The Exploded View Beyond Building sewage material*. Erişim adresi <https://theexplodedview.com/materialbbtype/sewage/>
- Biobased Creations. (2021g). *The Exploded View Beyond Building earth material*. Erişim adresi <https://theexplodedview.com/materialbbtype/earth/>
- Biobased Creations. (2021h). *The Exploded View Beyond Building plants material*. Erişim adresi <https://theexplodedview.com/materialbbtype/plants/>
- Birleşmiş Milletler. (2019). *Sürdürülebilir kalkınma amaçları*. Erişim adresi <https://www.undp.org/turkiye/press-releases/lets-continue-working-together-sdgs-their-new-turkish-translations-titled-surdurulebilir-kalkinma-amaclari>
- Bozkurt, E. (2007). *Life Cycle Assessment (LCA) Based Home Rating Model For Izmir (HRM-Izmir)*. (Doktora Tezi). İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Bozlağan, R. (2005). Sürdürülebilir gelişme düşüncesinin tarihsel arka planı. *Sosyal Politika Konferansları Dergisi*, 50, 1011-1028.
- BRE Group. (2022). *BREEAM Certification black*. Erişim adresi <https://bregroup.com/products/breeam/>
- BREEAM International. (2018). *Certificate*. Erişim adresi <https://focusonbusiness.eu/en/real-estate/breeam-in-use-certificate-for-marynarska-business-park/2459>
- Brich, E. (2015). *The Great Wall of WA*. Erişim adresi <https://www.archdaily.com/771780/the-great-wall-of-wa-luigi-rosselli/55cbcf3fe58ece5c7d000377-the-great-wall-of-wa-luigi-rosselli-photo>

- Buzkan, C., Erman, O. (2020). Yapısal atıkların geri dönüşüm sorunu ve Türkiye’deki durumun mevzuat bakımından değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(1),76-89.
- Calkins, M. (2009). *Materials For Sustainable Sites: a complete guide to the evaluation, selection, and use of sustainable construction*, Wiley, Hoboken, N.J.
- Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Houghton Mifflin.
- CASBEE. (2015a). *CAS certificate*. Erişim adresi <https://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/>
- CASBEE. (2015b). *CASBEE-NC evaluation results sheet*. Erişim adresi <https://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/softwareE.htm>
- Cato, M. S. (2009). *Green Economics: An Introduction to theory, policy and practice*. UK, London: Earthscan
- CEN. (2023). *Logo CEN*. Erişim adresi <https://www.cencenelec.eu/dist/images/public/logo-cen-cenelec.svg>
- Ciambrone, D. F. (1997). *Environmental Life Cycle Analysis*, Lewis Publishers.
- Cornut, C., ve Morisson, F. (2015). *Pavillon Circulaire*. Erişim adresi <http://encoreheureux.org/projets/pavillon-circulaire/>
- Cosi, A., ve Roselieb M. (2020). *Science Labs & Music Center at Panyaden International School*. Erişim adresi <https://www.archdaily.com/957927/science-labs-and-music-center-at-panyaden-international-school-chiangmai-life-architects/603f83fff91c817eb30001e9-science-labs-and-music-center-at-panyaden-international-school-chiangmai-life-architects-photo>
- ÇEDBİK. (2023a). *ÇEDBİK B.E.S.T-Konut Sertifikası değerlendirme kriterleri ve puanlama sistemi*. Erişim adresi <https://cedbik.org/tr/yesil-bina/best-konut-sertifikasi>
- ÇEDBİK. (2023b). *B.E.S.T-Konut sertifika seviyeleri*. Erişim adresi <https://cedbik.org/tr/yesil-bina/best-konut-sertifikasi>
- Çoban, A., Hamamcı, C., ve Keleş, R. (2012). *Çevre politikası*. İstanbul: İmge Yayınevi.
- Daly, H. E. (1990). Sustainable development: from concept and theory to operational principles. *Population and development review*, 16, 25-43.
- Doan, D.T., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Zhang, T., Ghaffarianhoseini, A., ve Tookey, J. (2017). Yeşil bina derecelendirme sistemlerinin kritik bir karşılaştırması. *Bina ve Çevre*, 123, 243-260.
- Easton, D., ve Easton, T. (2012). Modern rammed earth construction techniques. *In Modern Earth Buildings* (364-384). Woodhead Publishing.

- Ekolojist. (2023). *Ekolojik ayak izlerinin bileşenleri*. Erişim adresi <https://ekolojist.net/ekolojik-ayak-izi-nedir/>
- Ekoyapı. (2014). Ulusal Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemi. Erişim adresi <https://www.ekoyapidergisi.org/turkiye-nin-ulusal-yesil-bina-sertifikasyon-sistemi-seeb-tr-tanitildi>
- Encore Heureux Architectes. (2015a). *Pavillon Circulaire*. Erişim adresi <https://architizer.com/idea/1420958/>
- Encore Heureux Architectes. (2015b). *Pavillon Circulaire*. Erişim adresi <https://architizer.com/idea/1420959/>
- Encore Heureux Architectes. (2015c). *Pavillon Circulaire*. Erişim adresi <https://architizer.com/idea/1420956/>
- Erdede, S. B., Erdede, B., ve Bektaş, S. (2014). Sürdürülebilir yeşil binalar ve sertifika sistemlerinin değerlendirilmesi. *Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*, 14, 17. İstanbul.
- Erdoğan, İ. (2005). *Yapıda Kullanılan Malzemenin Sürdürülebilirlik Kapsamında Oluşum Enerjisi Açısından İncelenmesi*. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eryıldız, D. ve Başkaya, A. (2000). Saman balyası ile yapılanma: Kırıkkale-Hasandede’de bir prototipin yapımı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 15(1), 87-104.
- Esin, T. (2007). A study regarding the environmental impact analysis of the building materials production process (in Turkey). *Building and Environment*, 42(11), 3860-3871.
- Fettahoğlu, E., ve Yalçinkaya, Ş. (2021). Güncel mimaride yerel malzemenin izi. *Mimarlık ve Yaşam*, 6(2), 659-671.
- Franzoni, E. (2011). Materials selection for green buildings: which tools for engineers and architects? *Procedia Engineering*, 21, 883-890.
- Gardenia. (2023). Moso *Bamboo*. Erişim adresi <https://www.gardenia.net/plant/phylllostachys-edulis>
- Gedik, Y. (2020). Sosyal, Ekonomik ve Çevresel Boyutlarla Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma. *Uluslararası Ekonomi Siyaset İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, 3(3), 196-215.
- Glasser, D. (2017). *Yves Saint Laurent Museum Marrakech*. Erişim adresi <https://www.archdaily.com/925363/yves-saint-laurent-museum-marrakech-studio-ko>

- Global Footprint Network. (2019). *Ecological footprint and biocapacity*. Erişim adresi <https://data.footprintnetwork.org/#/>
- Global Footprint Network. (2022). *MoveTheDate handprint*. Erişim adresi <https://www.overshootday.org/solutions/>
- Global Footprint Network. (2023a). *Past earth overshoot days*. Erişim adresi <https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/>
- Global Footprint Network. (2023b). *Past earth overshoot days*. Erişim adresi <https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/>
- Global Footprint Network. (2023c). *Country overshoot days 2022*. Erişim adresi <https://www.overshootday.org/newsroom/country-overshoot-days/>
- Goodland, R. (2002). Sustainability: human, social, economic and environmental. *Encyclopedia of global environmental change*, 5, 481-491.
- Gormley, P. (2019a). *Practice Architecture Flat House*. Erişim adresi <https://divisare.com/projects/427542-practice-architecture-oskar-proctor-flat-house#lg=1&slide=39>
- Gormley, P. (2019b). *Practice Architecture Flat House*. Erişim adresi [https://architecturetoday.co.uk/flat-house/#iLightbox\[image_carousel_1\]/0](https://architecturetoday.co.uk/flat-house/#iLightbox[image_carousel_1]/0)
- Gökçe, Ş., Aytekin, O., Kuşan, H., ve Zorluer, İ. (2018). Türkiye’de Mevzuatlar ve Standartlar Açısından Sürdürülebilir Yapım. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23(3), 289-312.
- Gundlach, F. (2018). *Recycling House Kronsberg*. Erişim adresi https://www.cityfoerster.net/fileadmin/pdf/projects/CF-PR_1532-CYC_Recyclinghaus_Kronsberg_A4_20180425_EN.pdf
- Gundlach, F. (2023). *Recycling House south view used materials*. Erişim adresi https://www.cityfoerster.net/fileadmin/img/projects/740x714/CF_Recyclinghaus_01_Suedansicht_Gebrauchtmaterialien.jpg
- Gültekin, A. B. ve Çelebi, G. (2016). Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Kapsamında Yapı Ürünlerinin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(1), 1-36.
- Gültekin, A. B. (2006). Mimari Tasarım Sürecinde Ekolojik Tasarım Ölçütlerinin İrdelenmesi. *VI. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi*, (159-167). İzmir.
- Gültekin, A. B., ve Yavaşbatmaz, S. (2013). Sustainable design of tall buildings. *Grağevinar*, 65(05), 449-461.
- Gültekin, B. (2021). *İznik Melih Bey Saman Evi görselleri*. Erişim adresi <https://www.samanevim.com/tamamlanan-proje-detay-Iznik-projeleri>

- Güner, C. (2017). *Enerji Etkin Tasarımda, Ekolojik ve Sürdürülebilir Malzeme Seçimi Üzerine Bir Çalışma*. (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Güner, M. E. (2019). *Yapı Sistemlerinde Taşıyıcı Eleman Olarak Kullanılan Çelik, Betonarme ve Ahşap Malzemelerin Sürdürülebilirlik Açısından Karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hayıt, H., ve Kahraman, M. U. (2021). Yapı Malzemesi Olarak Endüstriyel Kenevir Lifi Kullanımının İnsan Sağlığına Etkileri. *II. Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Kongresi*, (331-341), Adana.
- Insapedia. (2020). *Kerpiç ev yapı hasarları*. Erişim adresi <https://insapedia.com/kerpic-nedir-kerpic-kullanim-alanlari-ve-yapi-elemanlari/>
- ISO. (2018). *Uluslararası Standartlar Organizasyonu logosu*. Erişim adresi <https://www.iso.org/iso-name-and-logo.html>
- İpekçi, C. A., Coşgun, N., ve Karadayı, T. T. (2017). İnşaat Sektöründe Geri Kazanılmış Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Açısından Önemi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 10(2), 43-50.
- İriş, S. (2019). *Tuğla ve Gazbeton Yapı Malzemelerinin Sürdürülebilirliği Üzerine Karşılaştırmalı Bir Analiz*. (Yüksek Lisans Tezi). Gebze teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Kamenskas, J. (2015). *The Dune House*. Erişim adresi https://www.archdaily.com/794461/the-dune-house-archispektras?ad_source=search&ad_medium=projects_tab
- Karlı H.U. (2008). *Sürdürülebilir Mimarlık Çerçevesinde Ofis Yapılarının Değerlendirilmesi ve Çevresel Performans Analizi İçin Bir Model Önerisi*. (Doktora Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kavaz, D., ve Öztoprak, H. (2019). Sürdürülebilir Kalkınma Farkındalığı ve Çevresel Duyarlılık Üzerine Bir Durum Çalışması: Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi. *Folklor/Edebiyat*, 25(97), 146-165.
- Kaya, K. (2011). *Sürdürülebilir binalar için çevresel ürün bildirimine sahip yapı malzemeleri konusunda Türkiye’de mevcut durumun irdelenmesi*. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Keiner, M. (2005). *History, definition (s) and models of sustainable development*. ETH Zurich.
- Kim, J. J., ve Rigdon, B. (1998). *Sustainable architecture module: Introduction to sustainable design*. National Pollution Prevention Center for Higher Education.

- Kocaman, P. (2009). *Bims Agregaların ve Bims beton Ürünlerinin Mimarlık ve Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kömürlü, R. (2018). Yeşil Bina Kavramı ve Proje Yönetimi. *Yapı Dergisi*, 438, 48-51.
- Krawczuk, K. (2013). Bamboo as Sustainable Material for Future Building Industry, *7th Semester Bachelor Dissertation, Bachelor of Architectural Tecnology and Construction Management*, KEA, Denmark.
- Küçükköse, P. (2022). *Türkiye’de Ekolojik Ayakizi Değerlendirmesi Üzerine Bir Araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Arel Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Mahlstedt, O. (2019). Geri Dönüşüm Evi Teknik Çizimleri. Erişim adresi https://www.cityfoerster.net/fileadmin/pdf/projects/CF-PR_1532-CYC_Recyclinghaus_Kronsberg_A4_20180425_EN.pdf
- Marangoz, D. B., ve Aydın, Ö. (2023). Sürdürülebilir Yapı Malzemesi Olarak Bambunun Kullanımına Yönelik Bir Tasarım Önerisi: Doğu Karadeniz Örneği. *Bodrum Journal of Art and Design*, 2(1), 76-96.
- Mayer Kimya. (2021). *Yapı su tesisatı şeması*. Erişim adresi <https://www.atiksuaritma.com/gri-su-aritma.html>
- Nashi, M. N. (2020). *Türkiye’deki LEED Sertifikalı Ofis Binalarının Sürdürülebilir Malzeme Kullanımı Açısından Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Kültür Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Nircan, Z. D. (2022). *Miselyum büyüme süreci*. Erişim adresi <https://sarkac.org/2022/01/mantar-nedir-1/>
- Omurca, A. (2017). *Sürdürülebilir yapı malzemelerin yaşam döngüsü*. Erişim adresi <https://malzemebilimi.net/yasam-dongusu-analizi-nedir.html>
- Oscar, V. (2019a). *The Growing Pavilion*. Erişim adresi https://static.dezeen.com/uploads/2019/10/Growing-Pavilion_dezeen_2364_col_8-852x568.jpg
- Oscar, V. (2019b). *The Growing Pavilion*. Erişim adresi <https://www.dezeen.com/2019/10/29/growing-pavilion-mycelium-dutch-design-week/>
- Özçuhadar, T. (2007). *Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Etkin Tasarımın Yaşam Döngüsü Sürecinde İncelenmesi*. (Doktora Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özgünler, M. (2017). Kırsal Sürdürülebilirlik Bağlamında Geleneksel Köy Evlerinde Kullanılan Toprak Esaslı Yapı Malzemelerinin İncelenmesi. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 2(2), 33-41.

- Özsoy, C. E., ve Dinç, A. (2016). Sürdürülebilir kalkınma ve ekolojik ayak izi. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, 53(619), 35-55.
- Pawlyn, M. (2019). *Mimaride biyomimikri*. Marylebone: RIBA Publishing, 9-35.
- Perret Mühendislik. (2023a). *Enerji kimlik belgesi birinci sayfası*. Erişim adresi <https://www.perret.com.tr/hizmetlerimiz/enerji-kimlik-belgesi-ekb/>
- Perret Mühendislik. (2023b). *Enerji kimlik belgesi ikinci sayfası*. Erişim adresi <https://www.perret.com.tr/hizmetlerimiz/enerji-kimlik-belgesi-ekb/>
- Perret Mühendislik. (2023c). *Enerji kimlik belgesi üçüncü sayfası*. Erişim adresi <https://www.perret.com.tr/hizmetlerimiz/enerji-kimlik-belgesi-ekb/>
- Proctor, O. (2019a). *Flat House*. Erişim adresi <https://www.archdaily.com/931730/flat-house-practice-architecture-plus-material-cultures>
- Proctor, O. (2019b). *Flat House*. Erişim adresi <https://www.archdaily.com/931730/flat-house-practice-architecture-plus-material-cultures/5e1bc1563312fd589c000126-flat-house-practice-architecture-plus-material-cultures-photo>
- Rammed Earth Enterprises. (2019). *Sıkıştırılmış toprak duvar*. Erişim adresi <https://www.rammedearthenterprises.com.au/features/>
- Roaf, S., Thomas, S., ve Fuentes, M. (2003). *Ecohouse 2: A Design Guide*, Architectural Press, Elsevier Science ve Technology Books, London.
- Sayar, Z., Gültekin, A.B., ve Dikmen, Ç.B. (2009). Sürdürülebilir Mimarlık Kapsamında Ahşap ve PVC Doğramaların Değerlendirilmesi. *5. Uluslararası İleri Teknoloji Sempozyumu*, (2067-2072). Karabük.
- Sayın, M. (2020). *Yeşil Bina Üretiminde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Yöntemi Kapsamında Çevresel Ürün Beyanlarının Yapılarda Uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Seçme, D. (2019). *Ekolojik Ayak İzi Farkındalığı: SDÜ Mimarlık Fakültesi Öğrencileri Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Sev, A. (2009). İnşaat Sektörü Sürdürülebilir Kalkınmaya Nasıl Katkıda Bulunabilir? Kavramsal Bir Çerçeve. *Sürdürülebilir Kalkınma*, 17(3), 161-173.
- Simonis, N., ve Melander, E. (2021). *The Exploded View*. Erişim adresi <https://theexplodedview.com/materials-methods/>
- Soare. (2003). *Making construction material*. Erişim adresi https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Soare#/media/File:RomaniaDanubeDelta_MakingMaterialForConstructing0002jpg.JPG

- Soylu, P. (2020). *Yapısal Sürdürülebilirlik Bağlamında BIM Koordinasyonu ile Söküme Uygun Yapı Elemanı Tasarımı Yaklaşımı*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sur, H. (2012). *Çevre Dostu Yeşil Binalar*, Yeşil Binalar Referans Rehberi 2012, İstanbul.
- Şen, H., Kaya, A., ve Alpaslan, B. (2018). Sürdürülebilirlik üzerine tarihsel ve güncel bir perspektif. *Ekonomik Yaklaşım*, 29(107).
- Şenel, A. (2010). *Sürdürülebilir Bina Yapım İlkelerinin ve Yeni Yaklaşımların İncelenmesi*. (Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Şengül, Ü. (2010). Atıkların geri dönüşümü ve tersine lojistik. *Paradoks Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi*, 6(1), 73-86.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). *ÇED yönetmeliği kapsamında verilen ÇED kararlarının yıllara göre dağılımı*. Erişim adresi https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/2022_cedidgm_tfr_n-ha--20230511142202.pdf
- Tekbıyık, G. (2018). *Sürdürülebilir Mimarlıkta Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı, Kamu Binalarında Uygulama Yöntemleri ve Örneklerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- The Growing Pavilion. (2019). *Büyüyen Pavilyon yapı elemanları*. Erişim adresi <https://thegrowingpavilion.com/about/>
- Trusty, W.B. ve Meil, J.K. (1999). Bina yaşam döngüsü değerlendirmesi: konut vaka çalışması. *Proceedings: Mainstreaming Green: Binalar ve topluluklar için sürdürülebilir tasarım*. Chattanooga, TN.
- TSE. (2022). *Türk Standartlar Enstitüsü logosu*. Erişim adresi <https://files.tse.org.tr/2022/11/tse-logo.svg>
- Tufan, M. Z., ve Özel, C. (2012). Sürdürülebilirlik Kavramı ve Yapı Malzemeleri İçin Sürdürülebilirlik Kriterleri. *Uluslararası sürdürülebilir mühendislik ve teknoloji*, 2(1), 6-13.
- Tuna Taygun, G. (2005). *Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Bir Model Önerisi*. (Doktora Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Türkeş, M. (2022). *Yeşil çatı katmanları*. Erişim adresi <https://yesilgazete.org/iklim-degisikligine-karsi-yesil-catilar/>
- USGBC. (2023a). *LEED sertifikası*. Erişim adresi <https://www.usgbc.org/leed/v41>
- USBC. (2023b). *LEED sertifika seviyeleri*. Erişim adresi <https://www.usgbc.org/leed>

- USGBC. (2023c). *LEED puanlama sistemi*. Erişim adresi https://build.usgbc.org/bd+c_guide
- Ushi. (2018). *Saman duvar*. Erişim adresi <https://blog.allplan.com/en/straw-bale-house#gallery-2>
- Weiner, C. (2015). *Pavillion Circulare*. Erişim adresi <https://architizer.com/projects/pavillon-circulaire/>
- WWF. (2023). *2022 yılı kaynak tüketim miktarı*. Erişim adresi <https://www.wwf.org.tr/?12540/Limit-Asim->
- Yalçinkaya, Ş., ve Karadeniz, İ. (2022). Sürdürülebilir Mimari Tasarımda Atık Malzemenin Yeri. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 7(2), 750-762.
- Yapı Biyolojisi ve Ekolojisi Enstitüsü. (2019). *Kadıovacık Biyoevi görselleri ve teknik çizimleri*. Erişim adresi <https://www.arkiv.com.tr/proje/kadiovacik-biyoevi/11335>
- Yapı Biyolojisi ve Ekolojisi Enstitüsü. (2023a). *Kadıovacık Biyoevi*. Erişim adresi https://www.biyoev.biz/wp-content/uploads/2023/03/biohouse_pre_eng.pdf
- Yapı Biyolojisi ve Ekolojisi Enstitüsü. (2023b). *Kadıovacık Biyoevi kerpiç duvar imalatı ve teknik çizimi*. Erişim adresi https://www.biyoev.biz/wp-content/uploads/2023/03/biohouse_pre_eng.pdf
- Yıldırım, S. (2020). *Biyomimetik Yaklaşımlar Bağlamında Günümüzde Yapı Malzemesi Kullanım Ölçütleri*. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, G., ve Yazıcı, L. (2022). Dünya’da Yükselen Değer; Endüstriyel Kenevir (*Cannabis sativa* L.). *Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(1), 54-61.