



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İZMİR
KALKINMA
AJANSI

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YEŞİL BİNA UYGULAMALARI

HAZİRAN 2021



İNŞAAT SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YEŞİL BİNA UYGULAMALARI

HAZİRAN 2021, İZMİR

Yayın Sahibi

İzmir Kalkınma Ajansı
Megapol Çarşı Kule, Halkapınar Mahallesi,
1203/11. Sk. No: 5-7, Kat: 19
35170 Konak/İzmir
Tel : 0232 489 81 81
Faks : 0232 489 85 05
E-posta : info@izka.org.tr

Hazırlayan

Özgen KÜÇÜKİL (Uzman, Yeşil Büyüme Politikaları Birimi)

Grafik Tasarım

Orçun ANDIÇ



**T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI**



**İZMİR
KALKINMA
AJANSI**

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YEŞİL BİNA UYGULAMALARI

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER	4
TABLolar	6
KISALTMALAR	7
YÖNETİCİ ÖZETİ	9
BÖLÜM 1. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE İNŞAAT SEKTÖRÜ	10
BÖLÜM 2. KAYNAK VERİMLİLİĞİ VE İNŞAAT SEKTÖRÜ	12
2.1. Kaynak Verimliliği	13
2.2. İnşaat Sektöründe Kaynak Verimliliği ve Uygulamaları	14
2.2.1. Su Kullanımı	15
2.2.2. Enerji Kullanımı	16
2.2.2.1. Güneş Panelleri	18
2.2.2.2. Bina Bütünleşik Güneş Pilleri	18
2.2.2.3. Solar Su Isıtma Sistemleri	20
2.2.2.4. Verimliliğe Yönelik Tasarımlar	21
BÖLÜM 3. YENİ NESİL MALZEMELER VE İNŞAAT SEKTÖRÜ	24
3.1. Yeni Nesil Malzeme Teknolojileri	25
3.2. İnşaat Sektöründe Yeni Nesil Malzeme Uygulamaları	26
3.2.1. Yeşil Malzemeler	27
3.2.2. Yeniden Kullanılabilen Malzemeler	30
3.2.3. Nanoteknolojik Malzemeler	32
3.2.3.1. Yalıtım, Temizlik ve Koruma	34
3.2.3.2. Yapısal Malzemeler	34
3.2.3.3. Yapısal Olmayan Malzemeler	35
3.2.3.4. Enerji	36
3.2.3.5. Konfor Elemanları	36
3.2.4. Kompozit Malzemeler	38
BÖLÜM 4. YEŞİL BİNA KONSEPTİ: SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN İNŞAAT HALİ	40
4.1. Yeşil Bina Sistemleri	41
4.1.1. Sertifikalar	42

4.1.1.1. BREEAM Sertifikası	43
4.1.1.2. LEED Sertifikası	46
4.1.1.3. DGNB Sertifikası	49
4.1.1.4. Green Star Sertifikası	51
4.1.1.5. EDGE Sertifikası	53
4.1.1.6. Türkiye'deki Sertifika Sisteminde Son Durum: B.E.S.T. Sertifikası	54
4.2. Dünya'da ve Türkiye'de Yeşil Bina Örnekleri	57
4.2.1. Dünya'da Yeşil Bina Örnekleri	57
4.2.1.1. Pixel (Melbourne, Avustralya)	57
4.2.1.2. CopenHill (Kopenhag, Danimarka)	59
4.2.2. Türkiye'de Yeşil Bina Örnekleri	60
4.2.2.1. Afyon Ticaret Odası Binası	63
4.2.2.2. Kartal Dr. Lütüf Kırdar Şehir Hastanesi	64
4.2.2.3. İzmir Ticaret Odası Binası	65
4.2.2.4. Allianz İzmir Operasyon Merkezi	66
4.2.3. Dönüşüm İçin Yapılabilecekler	67
4.2.3.1. Enerji Tasarrufuna Yönelik Yapılabilecek Uygulamalar	67
4.2.3.2. Su Tasarrufuna Yönelik Yapılabilecek Uygulamalar	69
4.2.3.3. Aydınlatma Uygulamaları	69
4.2.3.4. İç Ortamda Kullanılan Malzemeler	70
4.2.3.5. Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri	70
4.2.3.6. Atık Yönetimi	70
4.2.3.7. Ulaşım ve Arazi	71
4.2.3.8. Yapım Aşamasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	71
4.2.3.9. Sosyal Donatı	71
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	72
KAYNAKÇA	74
EKLER	80

ŞEKİLLER

Şekil 1	Binalarda enerji yönetimi	17
Şekil 2	Güneş paneli örneği	18
Şekil 3	Edirne Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü Hizmet Binası	19
Şekil 4	Solar Fabrik (Freiburg-Almanya)	19
Şekil 5	Singapur'da bulunan karma kullanımlı Tanjong Pagar Centre binası	19
Şekil 6	Pasif sistem çalışma prensibi	20
Şekil 7	Aktif sistem çalışma prensibi	20
Şekil 8	Trombe duvarı örneği (SİF İş Makineleri - Ankara)	21
Şekil 9	Trombe duvarının çalışma prensibi	21
Şekil 10	Güneş kırıcı örneği	22
Şekil 11	Küçük tipte ışıklık örneği	22
Şekil 12	İşıklık örneği	22
Şekil 13	Gün ışığı bacası örneği	23
Şekil 14	Işık rafı örneği	23
Şekil 15	Kuranglez örneği	23
Şekil 16	Sıkıştırılmış toprak örneği	28
Şekil 17	SCL Straw-Bale Evi	28
Şekil 18	Çin'in Baoxi kentinde yer alan ve Studio Cardenas tarafından tasarlanan bambu ev	29
Şekil 19	Ferrock örneği	29
Şekil 20	Fibrobeton örneği	35
Şekil 21	Kendi kendini temizleyen cam veya kaplama örneği	35
Şekil 22	Bir mekânda kullanılabilecek nano malzemeler	37
Şekil 23	BREEAM kategorileri	43
Şekil 24	BREEAM "Yeni Yapılar" kategorisindeki kriterlerin puan dağılımı	44

Şekil 25	LEED kategorileri	46
Şekil 26	LEED BD+C alt kategorileriLEED BD+C alt kategorileri	47
Şekil 27	LEED “Yeni Yapılar” kategorisindeki kriterlerin puan dağılımı	47
Şekil 28	DGNB Kategorileri	49
Şekil 29	DGNB “Yeni Yapılar” kategorisindeki kriterlerin puan dağılımı	50
Şekil 30	Green Star “Yeni Yapılar” kategorisindeki kriterlerin puan dağılımı	51
Şekil 31	B.E.S.T. sertifikası kriterlerinin puan dağılımı	54
Şekil 32	Türkiye’de konutlar için kullanılan sertifika sistemlerinin değerlendirme ölçütleri içerisinde enerji, su ve malzeme kriterlerinin puanlama yüzdeleri	56
Şekil 33	Pixel Binası	57
Şekil 34	Pixel binası cephesinin yakından görünüşü	57
Şekil 35	Pixel Binası içeriden görünüş	58
Şekil 36	Yağmur suyunun kullanım alanları	58
Şekil 37	Copenhill enerji santrali üstten görünüş	59
Şekil 38	Santralin içeriden görünüşü	59
Şekil 39	Santralin kayak pisti	59
Şekil 40	Türkiye’deki sertifika sayıları, 2020	60
Şekil 41	Türkiye’de sertifikalı yapı sayıları	60
Şekil 42	Türkiye’de sertifika alan projelerin dereceleri	61
Şekil 43	Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi	64
Şekil 44	İzmir Ticaret Odası Binası	65
Şekil 45	Allianz İzmir Operasyon Merkezi Binası	66

TABLOLAR

Tablo 1	Yapı malzemelerine uygulanan geri kazanım işlemleri	31
Tablo 2	İnşaat sektöründe kullanılan nano malzemelere örnekler	32
Tablo 3	Nanoteknolojik malzemelerin kullanım alanları	33
Tablo 4	BREEAM kategorilerinden bazılarının puanları	45
Tablo 5	BREEAM Sertifika süreci	45
Tablo 6	BREEAM puanlama tablosu	46
Tablo 7	LEED Sertifika süreci	48
Tablo 8	LEED Sertifika Sınıflandırılması	48
Tablo 9	DGNB Sertifika Süreci	50
Tablo 10	DGNB Sertifika Sınıflandırılması	51
Tablo 11	Green Star Sertifika süreci	52
Tablo 12	Green Star Sertifika sınıflandırması	52
Tablo 13	EDGE Sertifika süreci	53
Tablo 14	B.E.S.T. Sertifika alım süreci	55
Tablo 15	BEST sertifikasında puan tablosu	55
Tablo 16	İzmir'de yeşil bina sertifikası alan projelerin listesi	70

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ASHRAE	: Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Birliği (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)
BEST	: Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım
BRE	: İngiltere Bina Araştırma Kuruluşu (Building Research Establishment)
BREEAM	: Bina Araştırma Çevresel Değerlendirme Metodu (Building Research Environmental Assessment Method)
ÇEDBİK	: Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
DGNB	: Alman Sürdürülebilir Binalar Konseyi (Deutsche Gesellschaft Für Nachhaltiges Bauen)
EDGE	: Yüksek Verimlilik İçin Tasarımda Mükemmellik (Excellence in Design for Greater Efficiencies)
EESC	: Avrupa Ekonomik ve Sosyal Komitesi (European Economic and Social Committee)
EPA	: ABD Çevre Koruma Ajansı (USA Environmental Protection Agency)
GBCA	: Avustralya Yeşil Bina Konseyi (Green Building Council Australia)
GBCI	: Yeşil Bina Sertifikasyon Enstitüsü (Green Business Certification Inc.)
HVAC	: Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme (Heating, Ventilating and Air-conditioning)
IFC	: Uluslararası Finans Kurumu (International Finance Corporation)
İPKB	: İstanbul Proje Koordinasyon Birimi
İSMEP	: İstanbul Sismik Riskin Azaltılması Projesi
LEED	: Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik (Leadership in Energy and Environmental Design)
SGS	: Süpervize Gözetme Etüd Kontrol Servisleri (Société Générale de Surveillance)
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme)
USGBC	: Amerikan Yeşil Binalar Konseyi United States Green Building Council)
VOC	: Uçucu Organik Bileşikler (Volatile Organic Compounds)
WBCSD	: Dünya Sürdürülebilir İş Konseyi (World Business Council for Sustainable Development)
WCED	: Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (World Commission on Environment and Development)
WWF	: Dünya Doğal Yaşamı Koruma Vakfı (World Wide Fund for Nature)
3R	: Azalt, Tekrar Kullan ve Geri Kazandır İlkesi (Reduce, Reuse and Recycle)



YÖNETİCİ ÖZETİ

Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) tarafından 1987 yılında yayınlanan Brundtland Raporu'nda sürdürülebilirlik tanımı "Sürdürülebilir gelişme, insan ihtiyaçlarının, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneğini riske atmadan, diğer bir deyişle gelecek nesillerin yaşamlarına zarar vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılayabilmektir" olarak ifade edilmiştir [1].

Dünya Sürdürülebilir İş Konseyi (WBCSD, World Business Council for Sustainable Development) ise sürdürülebilir kalkınma kavramını, "İş dünyasının ve insan yaşamının gereksinimleri ile doğal kaynakların sürdürülebilirliği arasında denge kurularak; ekonomik, çevresel ve toplumsal boyutlarıyla bugünden geleceğe uyumlu bir planlama yapılmasını amaçlayan bir yaklaşım" şeklinde tanımlamaktadır [2].

Sürdürülebilirlik kavramının doğal kaynaklar ve çevresel mirasın korunması için çevre boyutu; nüfusun korunarak istihdam ve gelir oluşturulabilmesi için ekonomik boyutu; refah, sağlık, eğitim gibi konuları kapsayan sosyal boyutu vardır [3]. Sürdürülebilirlik kavramının giderek önem kazanması ve inşaat sektöründen kaynaklı çevresel etkilerin giderek artması sonucunda "sürdürülebilir inşaat" kavramı ortaya çıkmıştır.

Avrupa Ekonomik ve Sosyal Komitesi'nin (EESC) 2011 yılında yürüttüğü "Sürdürülebilir İnşaatı Konuşalım" çalışmasında bu tanımın en geniş haline yer verilmiştir. Burada geçen ifadeye göre sürdürülebilir inşaat, "inşaat yapım ve tasarım safhalarında sürdürülebilir kalkınma ilkelerinin uygulanmasıyla kaynakların korunması, daha az enerji kullanımı, daha az atık ve kirlilik oluşumunu amaçlayan ve sürdürülebilir yerleşim yerleriyle uyumlu yeterli sosyal koşulları sağlayan yapım anlayışı" şeklinde tanımlanmıştır. Bu tanım ile inşaat sektöründe, sürdürülebilirliğin üç temel boyutu olan ekonomik, çevresel ve sosyal fayda sağlanması amaçlanan bir yapılaşma hedeflenmiştir [4].

İnşaat sektörünün çok fazla sektör ile etkileşimde olması, uzun süreçlerden oluşması ve sektörde kullanılan ürün çeşitliliğinin çok geniş olması nedeniyle

çevre problemleri de sürekli gündemde olmuştur. Hazırlanan bu çalışma ile sektör özelinde sürdürülebilirliğin sağlanması için yapılabilecekler araştırılmış ve üç ana başlık altında değerlendirilmiştir.

Üretimde kullanılan hammadde, su ve enerji miktarının azaltılması prensibini içeren kaynak verimliliği uygulamaları, sektör özelinde geliştirilmeye başlanmıştır. Bu kapsamda sektörde kullanılan su ve enerji miktarının azaltılmasına yönelik yapılabilecekler araştırılarak çalışmanın ikinci bölümünde yer verilmiş, yapıların hem inşası hem de işletme döneminde bu amaçla uygulanabilecek tekniklere değinilmiştir. Dünyadaki enerji tüketiminin büyük bir kısmının binalardan kaynaklandığı göz önünde bulundurulduğunda, yalnızca bu kapsamda bile önlemlerin alınması doğanın korunmasında büyük rol oynayacaktır.

Yeni nesil malzeme teknolojileri başlığı altında sektörde hammadde muhafazası yönünden yapılabilecekler araştırılmış, inşaat sırasında kullanılan malzemelerin miktarının azaltılması ve yapının kullanım ömrünün tamamlanması sonrası uygulanabilecek geri dönüşüm tekniklerine değinilmiştir. Üretimde kullanılan her maddenin doğal kaynakları tüketiyor olması nedeniyle dünya genelinde kullanılan yeşil malzeme alternatiflerine yer verilmiştir. Gelişen teknoloji ile beraber daha nitelikli ve işlevsel malzemelerin üretimi mümkün hale gelmiştir. Sektör özelinde kullanılan malzemeler nanoteknoloji ve kompozit teknikleri ile ayrı ayrı ele alınmış, bu üretim teknikleri sayesinde yapı malzemelerinin ne tür özellikler kazarak daha sürdürülebilir özelliklere sahip olduklarından bahsedilmiştir.

Çalışmanın devamında sürdürülebilir inşaat kavramı ile amaçlanan hedeflere bütünsel yaklaşımın sonucu olarak ortaya çıkan yeşil bina uygulamalarına yer verilerek, bu kapsamda sertifika programlarından ve iyi uygulama örneği olarak yeşil bina projelerinden bahsedilmiştir. Son bölümde ise, yapıların daha sürdürülebilir bir yaklaşımla hizmet etmesini sağlayacak uygulama önerileri sunulmuştur.

BÖLÜM 1.

Sürdürülebilirlik ve İnşaat Sektörü

Sürdürülebilirlik kavramından ilk kez 1987 yılında yayınlanan Brutland Raporu'nda söz edilmiş ve bu rapor çevresel, ekonomik ve sosyal konulara olan yaklaşımın değişmesine neden olmuştur. Daha sonra gerçekleştirilen 1992 yılındaki Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda, 1997 yılında Kyoto Protokolü'nde ve 2002 yılında düzenlenen Sürdürülebilir Gelişme Dünya Zirvesi'nde sürdürülebilirliğin temel konuları tartışılmıştır. Sürdürülebilirliğin üç boyutundan biri olan çevresel konular gündeme getirilmiş ve çözüm arayışına gidilmiştir [3].

Sürdürülebilirlik kavramı zamanla gelişerek birçok alanda farklı bakış açılarının gelişmesine katkıda bulunmuş, daha az tüketme bilinciyle üretimin gerçekleştirilmesi ve gelecekte yapılacak üretimin devamlılığının sağlanmasına katkıda bulunmuştur.

Yapıların temel amacı, insanın barınma ihtiyacını gidermek ve onları doğanın zararlı etkilerinden korumak olmuştur. Bu amaçla günümüze kadar büyüyerek gelişen inşaat sektörü, nüfus artışına cevap vermeye çalışmış ve her geçen gün inşa edilen veya yenilenen yapı sayısı artmıştır. Bu artış ise, doğal kaynakların tükenme noktasına gelmesine ve çevreye verilen hem fiziksel hem de kimyasal zararın artmasına neden olmuştur. Bu arz-talep dengesinin sağlanması sırasında çevre faktörlerinin göz ardı ediliyor olması ise inşaat sektöründe sürdürülebilirlik anlayışının ortaya çıkmasını zorunlu kılmıştır.

Sürdürülebilir inşaat kavramı ilk defa 1993 yılında düzenlenen bir etkinlikte kullanılmış, 1994 yılında ise 1. Uluslararası Sürdürülebilir İnşaat Konferansı'nda sektörün sürdürülebilirliğin sağlanması doğrultusundaki sorumlulukları belirlenmiştir. Sürdürülebilir inşaat kavramı ise, "çevreyi gözetken kurallar doğrultusunda, kaynakları etkili kullanarak sağlıklı inşaat çevresi oluşturmak" şeklinde tanımlanmıştır. Daha sonra bu kavramın yerini "yeşil inşaat" kavramı almış ve bir projenin çevresel etkilerinin en az olacak şekilde planlanması, yapım kurallarına uygun olarak inşa edilmesi ve geri dönüşüm imkânlarının araştırılması gerektiği vurgulanmıştır [4; 3].

İnşaat sektörünün çevreye olan etkisi araştırılırken, ilk olarak enerji tüketimine ve sera gazı emisyonlarına bakılmalıdır. Bu kapsamda, beton ve çelik inşaat için kullanılan temel girdiler olarak dikkati çekmektedir. Her ne tür yapı inşa edilirse edilsin, bu iki malzeme;

plastik, ahşap ve alüminyumun da dâhil olduğu diğer tüm inşaat malzemelerinin toplam kullanım miktarının iki katından daha fazla kullanılmaktadır. Beton üretimi sırasında fosil yakıtların yakılması nedeniyle sera gazı emisyonu oluşmakta, beton içerisinde kullanılan çimento üretimi sırasında ise yılda 25 tondan daha fazla azot oksit yayıldığı görülmektedir [5; 6].

Dünya çapında enerji kullanım oranlarına baktığımızda ise, %4.1'lik payın çelik imalatında olduğu görülmektedir. Beton ve çelik üretiminde su kullanımının da yüksek olduğu düşünüldüğünde, kaynak tüketimi sorunu da gündeme gelmektedir. Bu malzemelerin üretiminden sonra inşaat sahasındaki kullanımları ve işletme dönemlerinde gürültü kirliliği, toz ve zehirli atıklar yoluyla çevreye zarar vermeye devam ettikleri görülmektedir [7].

İnşaat sektöründe yapıların inşası sırasında projenin niteliğine göre çeşitli ve çok sayıda malzemenin kullanılması, yalnızca inşaat aşamasında değil yapının kullanım ömrünü tamamlaması sonrası geri dönüşüm aşamasında da bazı problemleri beraberinde getirmektedir. Yapıların ömrünün ortalama 50 yıl olduğu düşünüldüğünde, kullanılan malzemelerin sayısı hem üretimde doğal kaynakların tüketimini arttırarak gelecek nesilleri tehlike altında bırakmakta hem de yapının ömrünü tamamlaması sonrası işlevini yitirmiş malzemelerin çevrede yarattığı olumsuz etkiyi arttırmaktadır. Bu hususta yapılabilecekler araştırılarak hammadde miktarının azaltılması, doğa dostu türleri ile ikamesi, daha işlevsel alternatif malzemelerin kullanılması ve kullanım ömürleri dolan yapıların geri dönüşümünün sağlanarak çevreye verilen zararın minimuma indirilmesi gerekmektedir.

Teknolojinin gelişmesi ile beraber malzeme üretiminde de yeni üretim metotlarından faydalanılmış, nanoteknoloji ve kompozit teknolojisi sayesinde inşaat sektöründe de çok fazla yeni ürün geliştirilmiştir. Bu gelişmeler ile birlikte daha uzun ömürlü, dayanımı yüksek, daha işlevsel ürünler geliştirilmiş ve malzemelerin kullanım alanları attırılmıştır. Buna ek olarak, geri dönüşüm alanında da yeni teknikler uygulanarak kullanılmayan ürünlerin başka formlarda tekrar üretime dâhil edilmesi sağlanmıştır. Bu yöntemler sayesinde inşaat sektöründe sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda hareket edilmeye başlanmış ve çevresel etkileri daha az olan yapıların inşa edilmesi mümkün hale gelmiştir.

BÖLÜM 2.

Kaynak Verimliliği ve İnşaat Sektörü

2.1. Kaynak Verimliliği

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) kaynak verimliliği kavramını; doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde ortaya çıkarılması, kullanıma hazır hale getirilmesi ve kullanılmasıyla beraber malzemenin tüm yaşam döngüsü boyunca yaratmış olduğu çevresel etkilerinin azaltılması olarak tanımlamaktadır. Kaynak verimliliği ile daha az malzeme tüketimi amaçlanmalı, toplumsal ihtiyaçlara cevap verilirken dünyanın ekolojik taşıma kapasitesi de göz önünde bulundurulmalıdır [22].

Kaynak verimliliği, üretimi yapılan ürün ne olursa olsun üretim sürecinde hammadde ve enerji girdilerinin tasarrufuna yönelik yapılan tüm uygulamaları kapsamaktadır. Bu uygulamalar yalnızca üretim karlılığını arttırmakla kalmaz, aynı zamanda doğal kaynakların korunmasına katkıda bulunmakta ve üretim sırasında ortaya çıkan atık miktarını da azaltmaktadır.

Her sektörün, üretimi yapılan ürün türüne göre üretim aşamasında çeşitli çevresel etkileri bulunmaktadır. İçecek ve gıda sektöründe ağırlıklı olarak temizlikte kullanılmak üzere yüksek miktarlarda su tüketilirken, ana metal sanayi ve çimento üretimi esnasında çok fazla enerji tüketilmektedir. Kimya sektörüne ait ürünlerin imalatı sırasında çeşitli kimyasal ürünlerin kullanımı nedeniyle geri dönüştürülemeyen atık maddeler oluşmakta ve enerji sektöründe üretim esnasında yüksek oranda karbon salımı yapılmaktadır. Bu örneklerde olduğu gibi her imalat sektörünün çevresel etkisinin farklı olması nedeniyle sektör veya yapılabiliyorsa ürün özelinde kaynak verimliliği prensipleri uygulanmalı ve hayata geçirilmelidir.

2.2. İnşaat Sektöründe Kaynak Verimliliği ve Uygulamaları

İnşaat sektörü, kendisiyle ilişkili birçok sektörü etkilemesi nedeniyle dünya ekonomisinin gidişatını etkileyen temel sektörlerden biri olmuştur. Nüfus artışı ile birlikte kentleşme oranının yükselmesi, buna bağlı olarak altyapı ihtiyaçlarının artması ve değişen dünya ile birlikte şehirlerin de dönüşüme girmesi, sektörün faaliyetlerinin artmasını sağlamıştır. Tüm bu üretimler yapılırken aynı zamanda birçok doğal kaynağın tüketilmesi ve bununla birlikte yapılaşmanın sebep olduğu olumsuz çevresel etkiler, gelecek nesilleri tehdit eden bir unsur haline gelmiştir. Bu kapsamda sektör genelinde verimli kaynak kullanımı prensibi ile hareket edilmek istendiğinde, ilk olarak sektörün en çok tüketimini yaptığı iki başlık olan su ve enerji tüketim miktarları incelenmelidir.

Ülkemizdeki su kaynaklarının yönetiminde yaşanan sorunlar, düzensiz ve yetersiz yağışlar, gelişen sanayi sektörüne paralel olarak artan üretim miktarları ile birlikte su kullanım oranlarının artışı ve tarımda bilinçsiz su tüketimi nedeniyle, su konusu kritik bir probleme dönüşmüştür. İnşaat sektörü en çok su tüketen sektörler sıralamasında ilk sıralarda yer almasına rağmen, artan kentleşme oranları ile birlikte dolaylı olarak su kullanımında da artış yaşanmıştır. Bu tüketime evsel su kullanım verileri de eklendiğinde, sektör özelinde su kullanımının bir probleme dönüşmeye başladığı görülmektedir.

Dünya enerji tüketiminin büyük bir bölümünün konut tipi yapılaşmadan kaynaklandığı bilinen bir gerçektir. Yaşanan iklim değişiklikleri ve doğal enerji kaynaklarının giderek tükenmeye başlaması sonucunda, inşaat sektöründe bilinçli üretim yapmaya yönelik çalışmalara başlanmıştır, bu kapsamda sürdürülebilir üretim ve kaynak korunumu prensipleri ortaya çıkmıştır.

Ülkemizin sahip olduğu temiz su kaynaklarının %16'sı kentsel tüketim amacıyla kullanılmaktadır [8]. Enerji tüketiminde ise; elektrik, gaz ve katı yakıt olmak üzere toplam tüketimin %21'i konutlarda gerçekleştirilmektedir [9]. En temel iki kaynağımız olan enerji ve

suyun tasarrufunun sağlanabilmesi için tüketim araştırmaları yapılmakta ve çeşitli mevzuat çalışmaları yapılmaktadır.

Kalkınma Planları'nda da enerji tüketimi ve çevresel problemler hakkında hedefler belirlenmektedir. 11. Kalkınma Planı'nda bu konuya şu şekilde yer verilmiştir:

"Hızla artan nüfus, şehirleşme, ekonomik faaliyetler ve çeşitlenen tüketim alışkanlıkları çevre ve doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı artırmaktadır. Çevre kirliliği, iklim değişikliği, çölleşme, ormansızlaşma, biyolojik çeşitlilik kaybı, kuraklık gibi çevre problemleri, her geçen gün insan yaşamını ve kalkınma sürecini daha belirgin bir şekilde etkilemektedir. Yüksek sera gazı emisyonlarının da etkisiyle hızlanan iklim değişikliğinin doğal afetlerin artmasına neden olduğu ve insanlık için ciddi bir tehdit oluşturduğu görülmektedir. Talebin ve tüketimin arttığı dünyada sürdürülebilir çevre ve doğal kaynak yönetimi ile yaşanabilir kentlerin inşası gittikçe önem kazanmaktadır." [12].

Bununla beraber;

- Kendi enerjisini üreten binaların yaygınlaştırılması,
- Mevcut binalarda enerji verimliliğini teşvik edici desteklerin arttırılması,
- Ulusal Yeşil Bina Sertifika Sistemi'nin kurulması,
- Kendi elektrik ihtiyacını karşılama amaçlı lisanssız güneş enerjisi santrali ile rüzgâr enerjisi santrali uygulamalarının yaygınlaştırılması,
- Kamu Binalarında Enerji Verimliliği Projesi'nin uygulamaya geçirilmesi,
- Sıfır atık çalışmalarına ağırlık verilmesi,
- Su kaynaklarının korunması yönünde ilgili çalışmaların yapılması,
- Atıkların insan ve çevre sağlığına etkilerinin en aza indirilerek yönetimi, geri dönüşüm ve geri kazanımın sağlanması konusunda çalışmaların yapılması,
- Sera gazı emisyonuna sebep olan binaların kontrolünün yapılması gibi bu çalışmanın konusu olan birçok hedef bulunmaktadır [12].

2.2.1. Su Kullanımı

Ana girdileri olan su, agrega ve çimentonun karıştırılmasıyla beton elde edilmektedir. Üretimde kullanılan suyun içerisinde su dışında herhangi bir madde olması halinde karışımın yapısı bozulacağından, karışımda temiz su kullanılması gerekmektedir. İnşaat sektöründe yapıların birçoğunun betonarme yapı olduğu düşünüldüğünde, inşaa sürecinde de su tüketiminin fazla olduğu bilinmektedir. Dünya genelinde yaşanan su sıkıntısı ve giderek artan su kullanım oranları sebebiyle, ilerleyen dönemde bir su krizinin yaşanacağı öngörülmektedir. Her yeni yapının su tüketimine sebebiyet vermesinden dolayı, beton üretimindeki su tüketimi dikkat edilmesi gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Su yalnızca beton üretimine dâhil olmakla kalmayıp hazır beton mikserlerinin yıkanmasında, agregaların arındırılmasında ve betonun soğutulmasında da kullanılmaktadır. Çimentonun öğütülmesi işleminde öğütme faaliyetinden sonra değirmenin temizliği amacıyla, pişirme işleminde fırınlarda soğutma amacıyla su kullanılmaktadır. Sudan tasarruf edebilmek adına, ekipman ve agrega yıkanması sırasında kullanılan suyun arıtılarak tekrar kullanılması veya endüstriyel suyun yıkama suyu olarak kullanılması, su tasarrufunda yapılabilecekler arasında yer almaktadır.

İnşaat sonrası yapıların işletmeye alınmasından sonra yapı içerisinde su kullanım durumlarına da müdahale edilebilmektedir. Yağmur sularının depolama araçları vasıtasıyla depolanarak kullanılması veya gri su olarak tanımlanan binanın ıslak hacimlerinden gelen suyun belli bir arıtma işleminden geçirilerek tekrar kullanılması, su tasarrufu konusunda büyük kazanç sağlayacaktır. Toplanan sular arıtılma durumlarına göre rezervuar suyu, bahçe sulaması veya başka su ihtiyaçlarına yönelik kullanma suyu olarak tercih edilebilmektedir. Bu yöntem, kanalizasyona giden su miktarının da azalmasını sağlamaktadır.

Bununla beraber daha küçük ölçekli su tasarrufu için, suyun daha az kullanılmasını sağlayan musluk

ve duş başlıkları gibi araçlarla su tüketimini %30'a kadar azaltmak mümkündür. Ayrıca tesisat kurulumu sırasında binanın kapasitesi ve ihtiyaç durumu göz önüne alınmalıdır. Bu şekilde bir yandan alt yapı yükü azalmış olacak ve boru-pompa maliyetleri de düşürülmüş olacaktır [16; 17].

Son olarak, bina çevre düzeni yapılırken suyun korunması göz önünde bulundurulmalı, suyu verimli kullanan bir çevre düzeni oluşturulmalıdır. Peyzaj düzenlemesi sırasında verimli sulama yöntemlerinin uygulanması, su ihtiyacı fazla olmayan bitkilerin seçilmesi, depolanan yağmur suyunun peyzaj sulamasında kullanılması ve yağış sonrası zeminde birikip buharlaşan yağmur suyunun kaybedilmemesi için geçirgen yer kaplamalarının uygulanması, suyun tasarrufunda büyük rol oynamaktadır.

Su tasarrufunun sağlanabilmesi için hazırlanmış olan mevzuatsal çalışmalara baktığımızda Büyükşehir Belediyesi Kanunu, Belediyeler Kanunu, Çevre Kanunu, Kıyı Kanunu, Su Ürünleri Kanunu gibi birçok kanun ve bunlarla beraber hazırlanmış yönetmelik, tüzük ve tebliğ olduğu görülmektedir. Suyun verimli bir şekilde kullanılmasına yönelik çalışmalar bu mevzuat dâhilinde yürütülmektedir. Ancak bu mevzuat çalışmaları daha makro ölçekli olup suyun bina içinde kullanımına veya depolanmasına yönelik bir yönerge içermemektedir.

Binalarda su tasarrufu özelinde 2021 yılının Ocak ayında, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nde değişiklik yapılmıştır. Su tasarrufunun sağlanabilmesi amacıyla yeni binalarda yağmur suyu toplama sistemi kurulması zorunluluğu getirilmiştir. Şu an için yalnızca 2 bin metrekareden büyük parsellerde uygulanacak olan bu yönetmelik ile bina çatılarında yağmur sularının toplanıp bahçe sulamada veya arıtılarak bina ihtiyacında kullanılması zorunlu kılınmıştır [11]. Alınan bu karar, evsel su kullanımında yapılabilecek tasarrufa yönelik çalışmaların başladığının göstergesidir.

2.2.2. Enerji Kullanımı

Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın (United Nations Environment Programme, UNEP) hazırlamış olduğu "2020 Global Status Report for Buildings and Construction" raporu, 2019 yılında mevcut bina stoku ve yeni inşa edilen binaların toplam enerji tüketiminde %35'lik bir paya sahip olduğunu, tüm dünyada yapılan karbon salımının ise %38'ine sebep olduğunu ortaya koymuştur [13].

Dünya Doğal Yaşamı Koruma Vakfı (WWF, World Wide Fund for Nature) yayınladığı enerji raporu ile 2040 yılına kadar fosil yakıtlara bağımlılığın %70 azaltılması ve 2050 yılında ihtiyaç duyulan tüm enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması gerekliliğini ortaya koymuştur [14].

Ülkemizde enerji tasarrufunun sağlanabilmesi amacıyla mevzuat çalışmaları yapılmaya başlanmış ve Türkiye'de bina verimliliğinin sağlanması için 1998 yılında TS 825 olarak adlandırılan binaların ısı yalıtımı standartları hazırlanarak ilk adım atılmıştır. Akabinde 2000 yılında binalar için ısı yalıtım kodu yayınlanmıştır. Bu kapsamda yapılabileceklerin bir yönetmelik haline getirilip yürürlüğe konması 2011 yılında gerçekleşmiştir. Bu yönetmeliğe göre, 1 Ocak 2011 tarihinden itibaren 50 m²'den fazla inşaat alanına sahip tüm binalarda enerji kimlik kartı bulunmalı ve 10.000 m²'den fazla inşaat alanı bulunan binalarda merkezi ısıtma sistemi yer almalıdır. Bu standart ile binaların tüketim oranları sınırlandırılarak enerji tasarrufu yapılması hedeflenmektedir [10].

Binalarda enerji muhafazasının sağlanabilmesi için, 2008 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"ni düzenlemiş ve bu yönetmelik ile 20.000 m² üzerinde ruhsata esas kullanım alanı olan binalar için yenilenebilir enerji kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Buna ek olarak, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı koordinasyonunda hazırlanarak mülga Yüksek Planlama Kurulu tarafından kabul edilen "Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023"de ticari binaların ve konutların sürdürülebilir bina özelliklerine sahip olması ve tüm binalara CO₂ emisyon sınırlamasının getirilmesi ile toplu konut projelerinde yenilenebilir enerji kullanımının artırılması amaçlanmıştır [18].

Yenilenebilir enerji olanakları araştırıldığında, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları açısından yüksek potansiyele sahip olduğu ve bulunduğu coğrafi konum nedeniyle farklı iklim koşullarının yaşandığı görülmektedir [19]. Yapılardaki enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarına bakıldığında; rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, ısı pompası sistemleri ve kojenerasyon sistemleri sayılabilmektedir. Enerjinin sağlanabilmesi için binanın kullanım alanı, büyüklüğü ve konumuna bağlı olarak, bu enerji kaynaklarından biri tercih edilmelidir.

Binalarda enerji korunumunun yüksek oranlarda sağlanabilmesi, çok yönlü bir yaklaşım gerektirmektedir. Binanın konumu, güneş ışınlarının geliş açısı, bina içerisinde uygulanabilecek tasarımlar ve tüketilen enerji miktarı gibi birçok faktöre dayanan bir araştırma yapılmalıdır. Uygulanabilecek teknikler araştırılırken öncelikle binanın özellikleri ve ihtiyaçları belirlenmeli ve ortaya çıkan tablo üzerinden harekete geçilmelidir.

Yapılarda enerji korunumunun ve ekolojik bina dönüşümünün sağlanabilmesi için en önemli kriterlerden birisi, yapı içerisinde enerji kaybının minimum düzeyde kalacak şekilde sağlanmasına imkan tanıyan yalıtımın çok iyi yapılmasıdır. Bu kapsamda bina yalıtım malzemelerinin hem görevini çok iyi yerine getiren malzemelerden seçilmiş olması hem de çevreci ürün grubundan olmasına dikkat edilmelidir.

Çalışılması gereken bir diğer yapı elemanı da cam pencerelerdir. Isı kaybının en çok yaşandığı pencerelerde kullanılan camın türüne göre enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Yalıtımlı veya güneş ışığı açısını değiştirebilen camlar sayesinde ısıtma-soğutma sistemlerinden daha çok verim alınabilmektedir.

Renkli, fotokromik (ışığa duyarlı), elektrokromik (renk değiştirebilen), saydam kompozit camlar, reflektif (ışığı yansıtabilen) ve low-e (ısıyı yansıtabilen) camlar gibi çeşitli kendinden yalıtımlı cam türleri mevcuttur. Bu camlarda yer alan teknolojik bileşenler veya kaplamalar sayesinde oda içerisindeki enerji korunarak uygun yaşam koşulları sağlanabilmektedir. Güneş ışığı açısını değiştirebilen camlar ise renkli camlardır.

Ham cama metal oksit karıştırılarak rengi değiştirilen bu camlar, cam yüzeyine gelen güneş ışınlarını soğurabildikleri için enerji tasarrufu sağlamada kullanılan yapı malzemelerindendir [20].

Bununla beraber yapının pencere tasarımı yapılırken doğal aydınlatma olanakları göz önünde bulundurularak tasarım yapıldığında, doğal aydınlatma sistemleri işletme maliyetini büyük oranda azaltacaktır. İlk olarak, aydınlatma amacı için elektriğe duyulan ihtiyaç azalacak, bununla beraber aydınlatma

sisteminin oluşturduğu boşa giden ısı da minimum oranda olacaktır. Özellikle gündüz saatlerinde daha fazla elektrik tüketen kamu binalarında, ışık ihtiyacının bir kısmı doğal aydınlatmadan sağlanacağından aynı zamanda elektrik tüketiminden de tasarruf sağlanacaktır [21].

Yapılarda enerji üretimi için kullanılacak yöntemler ve enerji verimliliğinin sağlanabilmesi için uygulanabilecek tasarım önerileri aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur:

Şekil 1: Binalarda enerji yönetimi



2.2.2.1. Güneş Panelleri

Dağıtık elektrik üretim sistemi kategorisinde bulunan güneş panelleri, elektrik üretimi yapabilen modüller fotovoltaiik sistemlerden oluşmaktadır. Binalarda genellikle çatılara kurulan bu sistemler, ürettikleri elektrik ile binanın enerji ihtiyacını karşılamakta, aynı zamanda elektrik şebekesi ile paralel çalışan küçük ölçekli bir enerji üretim santrali işlevini gördüklerinden en yakında bulunan ihtiyaç noktasına bu elektriği iletebilmektedirler. Sistemin kurulu olduğu binada elektrik ihtiyacının giderilmesi sonrası fazla enerjinin sistemde kalması halinde, ürettikleri enerjiyi şebekeye geri vererek diğer binaların enerji ihtiyacını da karşılayabilmektedirler. Bu tür sistemler, sıfır CO₂ emisyonu ile çalışmakla beraber, iletimden kaynaklanan neredeyse %40 oranındaki enerji kayıplarını da engellemektedirler [18]. Bununla beraber sağladığı diğer avantajlar aşağıda yer almaktadır:

- ▶ Lisanssız olarak kurulabilir ve işletilebilirler.
- ▶ Hızlı bir şekilde kurulum sağlanabilmektedir.
- ▶ Atıl duran çatılara montajı yapılarak yer tasarrufu sağlarlar.
- ▶ Binada yer alması gereken çatı sistemleri yerine kurulduğundan başka bir çatı elemanına ihtiyaç doğurmazlar. Bu nedenle maliyetten de tasarruf edilmektedir.
- ▶ Özellikle yaz aylarında ve öğle saatlerinde yüksek verimle çalışabildiğinden şebekeye destek olurlar.
- ▶ Merkezi noktalardan enerji sağlanması yerine dağıtık üretim noktalarının tercih edilmesi halinde, daha dayanıklı ve daha az risk içeren bir enerji sisteminin ortaya çıkmasına katkıda bulunmaktadırlar.
- ▶ Merkezi olarak kontrol edilebilirler.
- ▶ Şebekelerin ihtiyaç duydukları yan hizmetleri sağlayabilirler [18].

Şekil 2: Güneş paneli örneği



Kaynak: <https://www.manasenerji.com/ev-icin-gunes-enerjisi/>

[140]

2.2.2.2. Bina Bütünleşik Güneş Pilleri

Çatılar, yüksekte olmaları ve daha fazla güneş ışığı almaları nedeniyle, fotovoltaiik teknolojisinin kullanılması için en uygun alanlardır. Güneş enerjisinden elektrik üretmek amacıyla kullanılan güneş pilleri, çatıların üzerine yerleştirilecek paneller üzerine uygulanabileceği gibi klasik çatı kaplamaları üzerine de montaj edilebilir. Diğer uygulanabileceği alan ise cephe ve üzerinde bulunan cam, seramik gibi alanlardır. Cam üzerine, görüşü engellemek için saydam fotovoltaiik sistemler uygulanabilirken, duvar kaplamaları üzerine de saydam olmayan kaplamalar entegre edilebilmektedir [14].

Güneş pili teknolojisi önceleri genellikle sanayi alanında kullanılmış, yapıya entegre bir şekilde kullanımı keşfedildikten sonra ise yapılarda kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde bina üzerinde çatı, cephe, balkon ve gölgelik gibi alanlara fotovoltaiik sistem entegre edilerek kullanılmaktadır. Bu şekilde bina bütünleşik güneş pillerinin tasarım maliyeti, çatıdan bağımsız olarak çatıya montelenmiş veya cepheden bağımsız olarak cepheye montelenmiş sistemlerden çok daha ucuz ve avantajlı olmaktadır. Uygulama aşaması daha pratik ve kablolama miktarı daha azdır. En önemlisi de üzerine montelendiği çatı veya cephe gibi bir yapı elemanı bulundurmaması nedeniyle daha az yapı malzemesi kullanımına olanak sağlayıp dolaylı olarak binanın CO₂ salımının azalmasına fırsat vermektedir [26].

Bina bütünleşik güneş panellerinin uygulamasına tüm yapı üzerine uygulanacak şekilde Türkiye’de henüz başlanmamıştır. 2018 yılında Edirne’de yapılan Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü binasının yalnızca güney yönündeki cephesi 134 adet fotovoltaiik panel ile kaplanmıştır. Günlük 100-110 KW elektrik üretebilen bu paneller sayesinde binanın harcadığı enerjinin bir kısmı bu cepheden sağlanabilmektedir (Şekil-3).

Günümüz mimarisinde artan büyük pencere açılımları ve giydirme cepheler sebebiyle gölgeleme elemanlarına ihtiyaç olabilmektedir. İstenmeyen güneş ışınlarından korunabilmek için çoğu yapılarda çeşitli araçlar kullanılmaktadır. Bu gölgeleme elemanları pencere üstlerine veya yapının cephesinde fotovoltaiik modüller şeklinde kullanılabilmektedir.

Bu şekilde hem istenmeyen güneş ışınlarından bina korunmuş olacak hem de modüler sistem sayesinde elektrik üretimi yapılabilecektir. Bu kullanıma bir örnek vermek gerekirse, Almanya'nın Freiburg şehrinde yer alan "Solar Fabrik" isimli bir fabrikanın dış cephe kaplaması incelenebilir. Cepheye kaplanan fotovoltaik kaplama sayesinde bina yılda 40 MWh elektrik üretebilecek kapasitede olup binanın enerji ihtiyacının %25'ini karşılayabilmektedir. Güneş kırıcı bir şekilde tasarlanan sistem sayesinde hem istenmeyen fazla güneş ısınımından kurtulup iç mekânın aşırı ısınması önlenmekte hem de binanın enerji ihtiyacının bir kısmı karşılanmaktadır [23].

Dünya üzerinden verilebilecek bir diğer örnek ise, Singapur'un tarihi bölgesinde yer alan; ofis, konut, alışveriş ve otel fonksiyonlarını içeren Tanjong Pagar Centre binasıdır. 64 katlı yapısıyla Singapur'un en yüksek binası olarak tasarlanan binada, fotovoltaik camların kullanımı ile hem zararlı güneş ışınlarının filtrelenmesi hem de ısı ve ses izolasyonunun sağlanması amaçlanmıştır. Bina cephesinde cam içinde yer alan ince film güneş modülleri ile 26 bin metrekarelik saçak tasarlanmıştır. Çelik ve camdan oluşacak şekilde tasarlanan kanopi ile bir yandan binanın güneş enerjisi üretmesi bir yandan da kanopinin altında bulunan yeşil alanın güneş ve yağmurdan korunması amaçlanmıştır. LEED Platinum Yeşil Bina ön sertifikası alan binanın, benzer özellikteki başka binalar ile karşılaştırıldığında %32 oranında enerji tasarrufu sağlayacağı öngörülmektedir [28].

Şekil 3: Edirne Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü Hizmet Binası



Kaynak: www.aa.com.tr internet sitesinden alınmıştır [27].

Şekil 4: Solar Fabrik (Freiburg-Almanya)



Kaynak: www.solar-fabrik.de internet sitesinden alınmıştır [41].

Şekil 5: Singapur'da bulunan karma kullanımlı Tanjong Pagar Centre binası



Kaynak: www.yesilodak.com.tr internet sayfasından alınmıştır [28].

2.2.2.3. Solar Su Isıtma Sistemleri

Konut veya ticari alanlarda, çatıya yerleştirilen güneş panelleri sayesinde ısınan suyun depolanması sonrası bina içerisine yönlendirilerek kullanma suyu olarak kullanıldığı sistemlerdir. Fotovoltaik panellere göre daha ekonomik olması sebebiyle özellikle uzun süre güneş alan bölgelerde kullanılmaktadır.

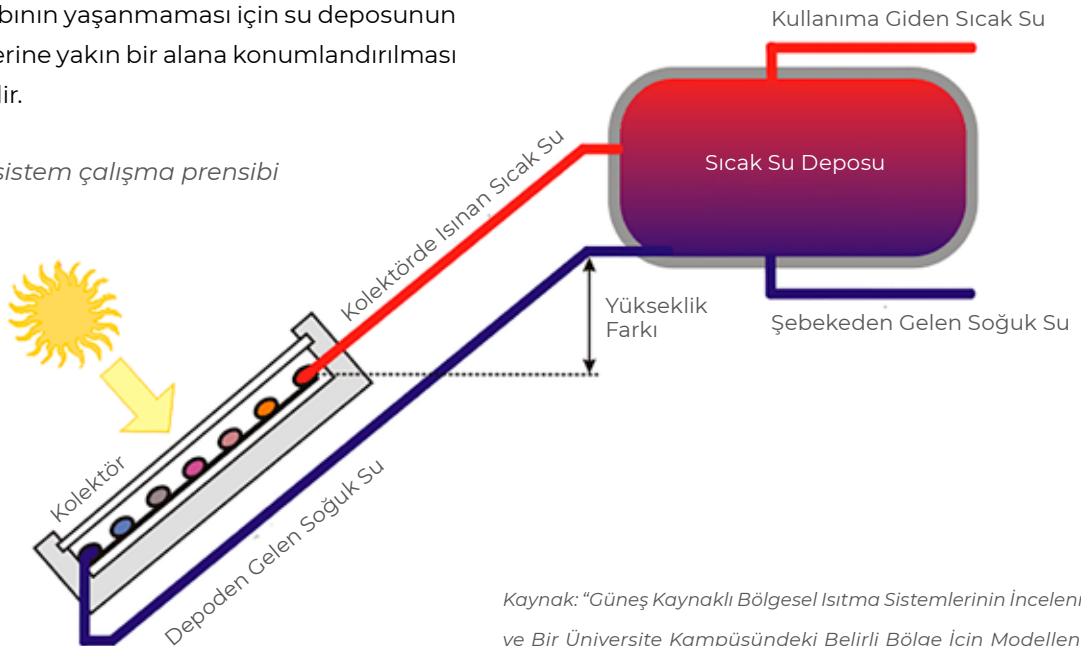
Aktif Sistemler

Aktif sistemlerde güneş panelleri sayesinde ısınan suyun bir pompa yardımıyla bina içerisine hareketi sağlanmaktadır. Su hareketinin ek bir enerji kaynağına bağlı olması enerji tüketimine neden olsa da su deposunun panellere yakın konumlandırılması zorunlu olmadığından bina içerisinde herhangi bir yere yerleştirilebilmektedir. Bu durumda su kullanımı yoğun olan ticari binalarda çatıda fazla yük oluşmasını engellemektedir [25].

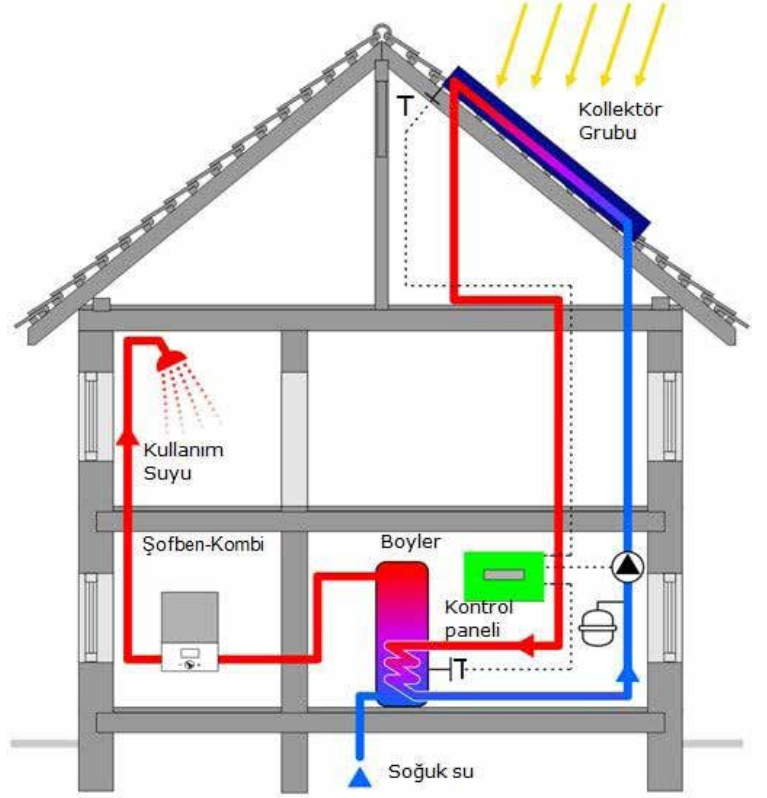
Pasif Sistemler

Pasif sistemler, aktif sistemlere göre daha basit ve ekonomik sistemlerdir. Depoda yer alan suyun doğal akış ile hareket etmesi prensibiyle çalışır ve ek enerjiye ihtiyaç duymaması nedeniyle ek maliyet gerektirmemektedir. Bu nedenle bu sistem daha sık tercih edilmektedir. Ancak sistem içerisinde sirkülasyon pompası olmaması nedeniyle verimi daha düşüktür. Isı kaybının yaşanmaması için su deposunun güneş panellerine yakın bir alana konumlandırılması gerekmektedir.

Şekil 6: Pasif sistem çalışma prensibi



Şekil 7: Aktif sistem çalışma prensibi



Kaynak: <https://www.tesisat.org/gunes-enerjisi-ile-sicak-su-temini.html> [109].

Kaynak: "Güneş Kaynaklı Bölgesel Isıtma Sistemlerinin İncelenmesi ve Bir Üniversite Kampüsündeki Belirli Bölge İçin Modellenerek Değerlendirilmesi" isimli çalışmadan alınmıştır [24; 25].

2.2.2.4. Verimliliğe Yönelik Tasarımlar

Trombe Duvarı

Trombe duvarı, binanın güneye bakan cephesinin bir miktar uzağında yer alacak şekilde koyu renkte bir camdan bir odacık oluşturulması sonucu bu odacıkta güneş ışınlarından gelen enerjinin depolanması ilkesiyle çalışmaktadır (Şekil 8). Güneş ışınları camdan geçer ve bir kısmı duvar tarafından emilir. Bir kısmı ise duvardan yansıyarak duvar ve cam arasındaki boşluğu ısıtırlar. Isınan hava, yoğunluğunun azalması nedeniyle yükselir ve yukarıda bulunan menfezler ile yan odaya aktarılır. Odada bulunan soğuk hava ise aşağıda bulunan menfezler aracılığıyla odacığa geçerek burada tekrar ısınır ve bu şekilde bir döngü oluşur (Şekil 9) [29].

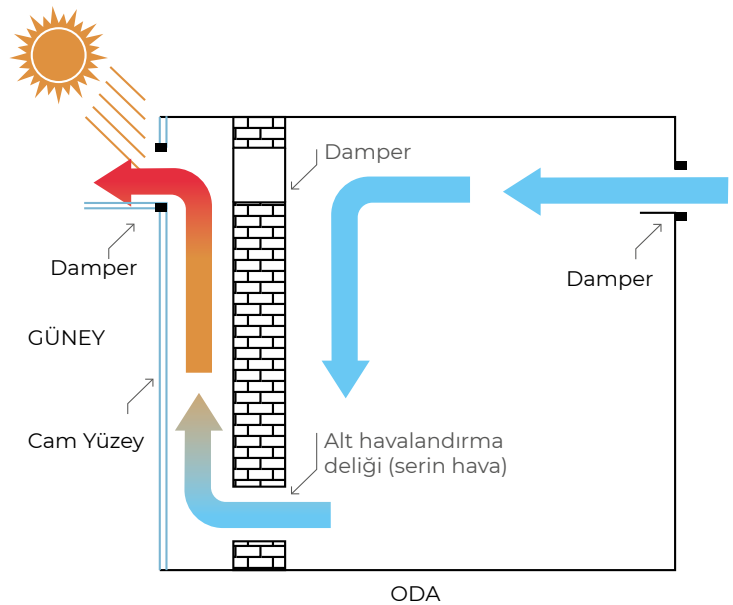
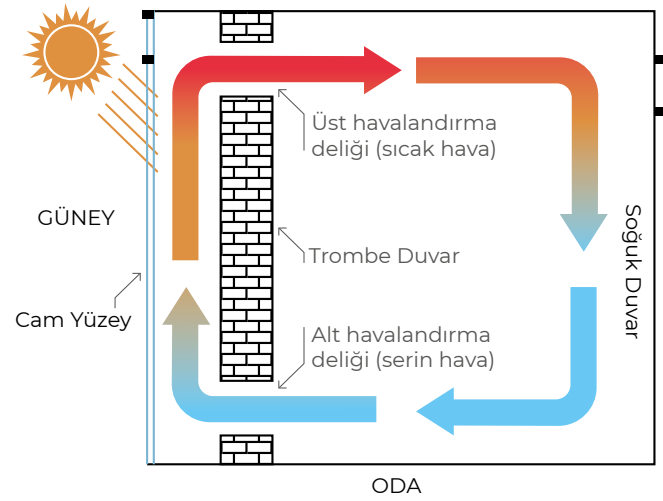
Trombe duvar, yalnızca iç mekânların güneş yoluyla ısıtılmasında değil doğal havalandırma imkânı yarattığı için temiz hava girişi için de kullanılmaktadır. Havalandırma için cam yüzey üzerinde bulunan dış damper açılır ve iç mekândaki hava boşaltılır. Akabinde kuzey cephesinde bulunan damper de açılarak dış hava içeriye girer ve hava sirkülasyonu sağlanmış olur. Bu duvar sistemi, özellikle güneşli fakat soğuk kış aylarının görüldüğü iklim koşulları için uygun bir sistemdir [31].

Şekil 8: Trombe duvarı örneği (SİF İş Makineleri - Ankara)



Kaynak: www.yesilbinadergisi.com internet sayfasından alınmıştır [30].

Şekil 9: Trombe duvarının çalışma prensibi



Kaynak: " Bina Cephelelerinde Yalıtım Yerine Trombe Duvar Kullanımının İncelenmesi" isimli makaleden alınmıştır [31]

Güneş Kırıcılar

Güneş kırıcılar, dış cepheye entegre edilen bir sistem olup aynı zamanda güneş ışığını yönlendirme fonksiyonu olan yapılardır. Güneş kırıcılar sayesinde güneş ışınları istenildiği açıya ayarlanarak kontrol edilebilir. Güneşten korunma sağlanması istenen yaşam alanları için pratik bir çözümdür. Güneş kırıcı sistemler, dış hava koşullarına ve yağmurla birlikte gelen korozyon problemlerine karşı dayanıklı olan, hafif ve uzun ömürlü alüminyum profillerden yapılmaktadır.

Bu sistemler dış cepheye montelenen perde sistemlerinden oluşur ve bu perdeler ışık ve ısı kırıcı özelliği taşır. Perdeler panel şeklinde tasarlandığından yalnızca ihtiyaç duyulan alanlara uygulanabilmekte ve pencerelerin görüş alanını değiştirmemektedir [32].

Güneş kırıcı sistemler, cama gelen güneş ışığını yönlendirerek ısıtma ve soğutmada enerji tasarrufu sağlar. Görsel olarak yaratmış olduğu etki ve sağladığı ısı konforu sayesinde yaşam kalitesini artırarak bina içi ortamların daha sağlıklı olmasını destekler [34].

Işıklıklar

Bazı yapılarda tüm çatıyı kaplayacak şekilde bazılarında ise daha küçük ölçekte alan açılarak yapıların, çatılarına vuran güneş ışığından faydalanabilmeleri amaçlanır. Bu alanlara alüminyum profillerin montelenmesi sonrası üzerlerinin cam ile kapatılması ile ışıklıklar yapılmaktadır.

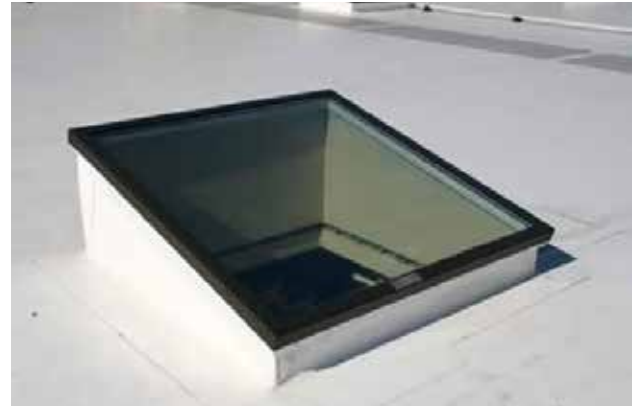
Işıklık sistemlerinde normal camlara göre 200 kat daha güçlü olan polikarbon levhalar kullanılır ve bu sayede zararlı güneş ışınları filtrelenmiş olur. Bu sistemler, yağmurlu havalarda suyu içeri geçirmez, toz tutmaz ve sıcak havalarda içerideki ısıyı kontrol altında tutulmasına katkı sağlar. Sızdırmazlık ve havalandırma özelliği sayesinde rutubet ve nem gibi yapıya zarar verecek unsurların oluşmasına engel olur. Bazı tasarımlarda yağmurlu havalarda çatıda su birikmesini önler [35].

Şekil 10: Güneş kırıcı örneği



Kaynak: www.ustungrup.com.tr internet sitesinden alınmıştır [33].

Şekil 11: Küçük tipte ışıklık örneği



Kaynak: www.cephesistem.com internet sitesinden alınmıştır [36].

Şekil 12: Işıklık örneği



Kaynak: www.ustungrup.com.tr internet sitesinden alınmıştır [37].

Gün Işığı Bacası

Işık tüpü olarak da bilinen gün ışığı bacaları ile gün ışığının çatıdan veya güneş ışınlarının geldiği güney cephelerden, iç mekâna taşınması hedeflenir. Gün ışığı bacasının bir parçası olan şeffaf fanus gün ışığını toplayarak yansıtma katsayısı yüksek malzemeyle kaplı borulara ışığı yansıtır. Bu borular da ışığı iç mekânlara taşır. İç mekânın tavanında bulunan ışık dağıtıcı difüzörler sayesinde iç mekân homojen bir şekilde aydınlatılmış olur [38].

Şekil 13: Gün ışığı bacası örneği



Kaynak: www.elitmuh.com.tr internet sitesinden alınmıştır [39].

Işık Rafları

Bu sistem ile amaçlanan, pencerede parlamayı önleyen ve ısınma yaratan fazla güneş ışığının yansıtılarak iç mekânda daha fazla alanın aydınlatılmasını sağlamaktır. Basit bir raf sistemi pencerede görüş alanını engellemeyecek yüksekliğe monte edilir. Alt bölümden pencerenin ön tarafı aydınlatılırken, yerleştirilen ışık rafına gelen güneş ışığı yansıtılarak odanın arka bölümlerini aydınlatır. Işık rafı sistemi mekâna giren gün ışığı miktarını arttırmaz ancak homojen bir aydınlatma sağlarken, pencere önlerinde yaşanan ısınmayı düşürmesi ve gölge mekânlar yaratması ile termal açıdan da konfor sağlamış olur [38].

Şekil 14: Işık rafı örneği



Kaynak: www.gksdergisi.com internet sitesinden alınmıştır [40].

Kuranglezler

Binaların bodrum katlarının doğal ışık alamaması sebebiyle günün her saati elektrik enerjisi tüketilerek aydınlatılma yapılmaktadır. Bu nedenle bu mahallerin aydınlatılması için kuranglezler kullanılabilir. Bu sistemlerde, dış mekânla bağlantı yüzeyi taşıma kapasitesi yüksek camlar ile kapatılmakta, bu sayede bu bölümlerden yağmur, kar suyu vb. girişi engellenmektedir. Bu sistemler doğal ışığı hiç alamayan yer altı kotlarında hem görsel konforu sağlamakta hem de kapalı ortamların yarattığı olumsuz ruhsal etkileri ortadan kaldırmaktadır [38].

Şekil 15: Kuranglez örneği



Kaynak: "Enerji, Yeşil Bina ve Doğal Aydınlatma" isimli makaleden alınmıştır [38].

BÖLÜM 3.

Yeni Nesil Malzemeler ve İnşaat Sektörü

3.1. Yeni Nesil Malzeme Teknolojileri

Artan ihtiyaçlar doğrultusunda ortaya çıkan yenilikçi üretim anlayışı ve gelişen teknoloji ile birlikte, daha nitelikli malzemelerin üretilme imkânı doğmuş ve birçok sektörde metalürjik araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda dayanımı yüksek, uzun ömürlü ve daha işlevsel malzemelerin üretilme imkânı bulunmuş ve ihtiyaç duyulan alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Geliştirildikleri teknolojiye göre nanoteknolojik malzemeler ve kompozit malzemeler olarak adlandırılan yeni nesil malzemeler, kullanıldıkları alanda aynı zamanda enerji ve zaman tasarrufunun sağlanmasına da katkıda bulunmuşlardır.

Yeni nesil malzemelerin kullanıldıkları sektörlerden kısaca bahsetmek gerekirse; dünya ekonomisinde ilk sıralarda yer alan otomotiv sektöründe her geçen gün inovasyon konusunda yeni yatırımlar yapılmakta ve bu doğrultuda yeni malzemeler üretilmektedir. Bu kapsamda yakıt tüketimini azaltan, dış darbelere dayanıklı, daha kolay şekillendirilebilen, daha kaliteli ve fonksiyonu yüksek olan malzemeler üretilmiştir. Savunma sanayisinde kullanılan malzeme ve ekipmanların üretimine dijital ekipmanlar dâhil edilerek

kullanımları daha pratik hale getirilmiştir. Savunma araçlarının zırhlarının üretiminde nanoteknolojinin kullanılmasıyla daha dayanıklı olmaları sağlanmış, üniformalarda kullanılan kumaşların teknolojik olanlar ile değiştirilmesiyle zorlu hava şartlarına uyum kolaylaştırılmıştır. Tekstil sektöründe yapılan yeni çalışmalar sonucunda alev almayan, su geçirmeyen, ısı transferini minimum düzeyde yapan kumaşlar elde edilmiş ve ilgili sektörlerde kullanımı artmıştır. Makine veya makine parçası imalatında, plastik üretim sektöründe, seramik ve seramik ürünlerinin imalatında, çeşitli türlerde yüzey kaplamalarının üretiminde kompozit veya nanoteknoloji üretim tekniklerinden faydalanılarak ihtiyaca cevap veren ürünler geliştirilmiştir.

İnşaat sektöründe de diğer sektörlerle benzer şekilde üretim esnasında veya yapıların kullanımında ortaya çıkan ihtiyaçlar doğrultusunda yeni ürünler geliştirilmiş ve her geçen gün sektörde kullanılan yeni nesil malzemelerin sayısı artmıştır. Sürdürülebilirlik çalışmalarının büyük bir bölümünün malzeme üzerine yoğunlaşması nedeniyle bu konu detaylıca ele alınmıştır.

3.2. İnşaat Sektöründe Yeni Nesil Malzeme Uygulamaları

Küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin ciddi bir tehdit haline geldiği günümüzde, çevre dostu sürdürülebilir malzeme kullanımının önemi giderek artmış ve sürdürülebilirlik çalışmaları önem kazanmıştır. İnşaat sektörü de bu konuya karşı duyarlılık göstererek, çevresel etkisi az olan malzemelerin kullanımını ve üretimini arttırma yoluna gitmiştir. Performansını yitirmeden uzun süre kullanılabilen ve doğaya zararlı etkisi minimum olan bu malzemeler ile havaya karışan karbon salımı azalmakta, geri dönüştürülebilir malzemeler sayesinde daha az kaynak tüketilmektedir. Bundan dolayı üretimde harcanacak enerjiden de tasarruf sağlanmaktadır.

Binaların ortalama 50-60 yıl olarak hesaplanan yaşam süreleri boyunca, enerji tüketimi ve karbon emisyonunun yaklaşık %75'i bina kullanımı sırasında yaşanırken %25'lik bölümü yapı malzemelerinden kaynaklanmaktadır. Ancak ülkemizde gelişen yapı teknolojileri ve arsa değerlerindeki artışlar nedeniyle bina ömrü hesaplananın altında da olabilmektedir. Dolayısıyla, bina ömrünün daha kısa olduğu durumda yapı malzemelerinin çevresel etkisi daha fazla olmaktadır. 2010 yılında yapılan bir bina 2030 yılına geldiğinde yapmış olduğu karbon salımının %55'i kullanımdan kaynaklanırken, geriye kalan %45 gibi yüksek bir oran yapı malzemelerinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle enerji tüketimi ve karbon ayak izine yönelik çalışmalar yapılırken binanın yalnızca kullanımı değil, yapımında kullanılan malzemelerin durumu da araştırılmalıdır [42].

İnşaat sektörü ve yapı malzemeleri konusunda tüm Avrupa Birliği (AB) düzenlemelerinin toplandığı tek bir müktesebat başlığı bulunmamaktadır. Kaynak tüketiminin ürün etiketlerinde belirtilmesi ile ilgili yükümlülükler "Enerji" başlığı altında belirtilmiştir. Malzemelerin ülkeler arası dolaşımı ile ilgili olarak "Yapı Malzemeleri Direktifi" ve "Eko-Tasarım Direktifi", malzemelerin çevreye karşı sorumluluğu ile ilgili "Entegre Kirlilik Önlenmesi ve Kontrolü Direktifi"

gibi düzenlemeler mevcut olup bunun gibi inşaat sektörünü dolaylı veya direkt etkileyen birçok direktif bulunmaktadır [46].

Avrupa Birliği'nin yapı malzemeleri sektörü hakkında düzenlemeler yapmış olduğu en kapsamlı direktif, 1989 yılında kabul edilen Yapı Malzemeleri Direktifi'dir. Her üye devletin yapı malzemeleri konusunda farklı düzenlemelerinin olması nedeniyle serbest dolaşımda bazı zorluklar yaşanmaktadır. Bu direktif ile bu zorlukların aşılması hedeflenmiştir. Buna ek olarak direktif, çalışan güvenliği, sağlık, enerji tasarrufu ve çevrenin korunması gibi konuları da kapsamaktadır. Bu şekilde uygulanacak ulusal düzenlemeler ile yapı malzemelerinin serbest dolaşımının problemsiz bir şekilde sağlanması amaçlanmaktadır [46].

Avrupa Birliği'nin uygulanmasına karar verdiği Avrupa Yeşil Anlaşması (The European Green Deal) ile beraber sanayi, ulaşım ve tarım gibi alanlarda uygulanabilecek prosedür değişimleriyle 2050 yılında Avrupa'yı iklim dostu ve karbon nötr hale getirmek hedeflenmektedir. [15]. Bu kapsamda, karbon emisyonunun %50'ye varan oranlarla azaltılması, toprakta ve suda sıfır kirlilik prensibinin uygulanması, ekosistemin korunması, malzemelerin geri dönüştürülerek kullanımı ve binaların yenilenerek enerji tasarrufu sağlanması amaçlanmaktadır.

Avrupa Birliği'nin karbon emisyonuna karşı almış olduğu bu sert tavırdan inşaat sektörü, yapı malzemelerinden binalara kadar geniş bir çerçevede etkilenmektedir. Oluşabilecek küresel baskının altından kalkabilmek için mevcut bina stoku araştırılarak doğal ve finansal kaynaklarla tasarruf yolları aranmaktadır.

AB tarafından hedeflenen tüm bu değişimler, Türkiye'nin gerek ihracat gerekse ithalat standartlarını değiştirmeye zorladığı için benzer çalışmaların ülkemizde de yapılması gerekliliğine karar verilmiş ve bu kapsamda girişimlere başlanmıştır. Avrupa

Birliği'nin kaynak korunumu ve çevre iyileştirilmesi kapsamında aldığı bu radikal kararlar, çalışmanın konusu olan sürdürülebilirlik uygulamalarının önemini bir kez daha hatırlatmaktadır.

Bu amaçla, inşaat sektöründe geleneksel yöntemler dâhilinde kullanılan malzemeler yerine kullanılabilecek, doğaya karşı sorumlu olan yeşil malzemeler araştırılmıştır. Ülkemizde henüz bu malzemelerin kullanımı yaygınlaşmadığından, kaynak korunumunu amaçlayan tekrar kullanılabilen malzemeler, gelişen teknoloji ile beraber çeşitleri her gün artan nanoteknolojik malzemeler ve sektörde kullanılan kompozit malzemeler araştırılarak bu bölümde yer verilmiştir.

3.2.1. Yeşil Malzemeler

Önceki yıllarda, yapıların tasarımı sırasında estetik ve maliyet durumlarına göre malzeme ve ürünlerin seçimi yapılırken, değişen dünya ve ortaya çıkan yeni kavramlar ile birlikte bu seçim de değişkenlik göstermiş ve sürdürülebilir model yaklaşımı kullanılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda çevreye ve insan sağlığına daha duyarlı olan, enerji tasarrufu sağlayan ve yeşil malzeme olarak tanımlanan ürünlerin kullanımı daha önceleri bir alternatifken şimdilerde sıklıkla tercih edilen bir alan olmuştur [43].

Bir ürünün yeşil malzeme olarak tanımlanabilmesi için öncelikle o ürünün yaşam döngüsü süreçlerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Üretim sırasında kullanılan hammadde, üretimi aşamasında tüketilen kaynaklar, taşınması sırasında harcanan enerji ve karbon ayak izi, kullanım ve bakım-onarım süreçlerine yönelik tüm tüketim bilgilerinin ve oluşan atık miktarlarının gözetilmesi gerekmektedir. Yeşil malzemeler üretimi sırasında kaynakları verimli kullanan, kullanım ömrü dolduğunda geri dönüştürülebilir olan ve doğaya zarar vermeyen bileşenlerden oluşan malzeme olarak düşünülebilir.

Sektör genelinde kaynak korunumu, iklim değişikliği ve çevresel etkilerin gözetilmesine yönelik malzemelerin gömülü enerji tüketimlerinin de hesaplanarak yayınlanması gerekmektedir. Bu sayede malzeme seçimleri bu kriterlere göre yapılabilir. Bu

kapsamda Çevresel Ürün Beyanları (Environmental Product Declaration-EPD) gibi belgeler geliştirilerek bir altyapı sağlanmaya çalışılmaktadır [42].

Yeşil malzemelerin sürdürülebilirlik açısından durumunu belirleyen faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- ▶ Hammaddenin çıkarılması sırasında çevreye verilen zararlar,
- ▶ Üretim sırasında harcanan enerji,
- ▶ Üretim sırasında açığa çıkan toksik madde miktarı,
- ▶ Malzemenin iç mekân hava kalitesine etkisi,
- ▶ Üretim yerinin yapım yerine olan mesafesi, kısaca ulaşım için gerekli enerji miktarı,
- ▶ Temizlik, bakım ve onarım işlemlerinin çevresel etkileri,
- ▶ Servis ömrü boyunca oluşturduğu kirlilik [44].

Bu bakış açısıyla yapıların temel malzemeleri olan beton ve çelik yerine, çevreye duyarlı malzeme arayışı sonucu çeşitli alternatif malzemelerin kullanılabildiği görülmektedir.

Beton üretebilmek için öncelikle çimento üretmek gerekmektedir. Çimento üretimi sırasında da yüksek miktarda karbondioksit açığa çıkmaktadır. Üretiminde en fazla karbondioksit meydana gelen malzemelerden biri çimentodur. TÜİK 2012 yılı verilerine göre, Türkiye'de bulunan endüstriyel işletmelerin yaymış olduğu CO₂ emisyonunun %54,4'ü çimento sektöründen kaynaklanmaktadır [45]. Yapıyı oluşturan temel malzemelerin başında gelen betonun üretimi sırasında da yoğun bir şekilde sera gazı atmosfere salınmaktadır. Bu nedenle betonun yerine yeşil malzeme kapsamında neler kullanılabileceği araştırıldığına karşımıza birden fazla malzeme çıkmaktadır.

Bu malzemelerden ilk akla geleni, geri dönüştürülmüş ahşaptır. Ahşap hem dayanıklı olması hem de kırılma olmaması nedeniyle depreme karşı daha güvenli bir malzeme olarak tercih edilmektedir. Ancak yeşil malzeme üretirken aynı zamanda doğal kaynakları da gözetmek gerektiğinden, ahşap atıklarının işleminden geçirilerek sıkıştırılmış formlarının kullanılması daha uygun olacaktır.

Şekil 16: Sıkıştırılmış toprak örneği



Kaynak: www.popularch.com internet sitesinden alınmıştır [14].

Bir diğer alternatif ise sıkıştırılmış topraktır (rammed earth). İnsanlığın ilk yapılarında kullanılan malzeme olan sıkıştırılmış toprak, günümüzde halen kullanılmaktadır. Bu alternatif malzemede, belirli toprak türleri ahşap kalıplar içerisinde sıkıştırılarak form verilmekte ve cıvata veya bambu gibi birleştirici elemanlar ile birleştirilerek yapılar inşa edilmektedir (Şekil 16).

Az katlı yapılarda kullanılabilecek olan saman balyalarından ise betona alternatif en ekolojik madde olarak söz edilebilir. Hem sürdürülebilir hem de ekonomik olan bu ürün, ısı yalıtımını da yüksek oranda sağlamaktadır. Kil ile kaplanarak kullanılan saman balyaları, kullanım ömürlerini doldurduklarında geri dönüştürülerek çevreye kazandırılabilir. Bu ürünün tek dezavantajı çabuk alev alabilen yapısı nedeniyle yangın riskinin yüksek olmasıdır.

Şekil 17: SCL Straw-Bale Evi



Kaynak: www.archilovers.com internet sitesinden alınmıştır [48].

Saman balyalarından inşa edilen yapılara Jimmi Pianezzola Architetto tarafından tasarlanan ve İtalya'nın Vicenza şehrinde bulunan SCL Straw-Bale Evi örnek verilebilir. Saman balyalarının üzeri kireç sıva ile kaplanarak kapatılmıştır. Bu yapıda kullanılan saman balyalarından oluşan duvarların iyi terleme yapması sayesinde klimaya da gerek kalmamaktadır [47].

Her alanda en iyi çevre dostu ürün olarak bilinen bambu bitkisi de beton yerine kullanılabilmektedir. Yaşamı boyunca en fazla karbondioksit emen ve en fazla 3 yılda inşaatta kullanılabilecek boyuta ulaşarak en hızlı büyüyen bitkilerden biri olan bambu, inşaatlarda yapının statikini sağlayabilecek yeşil elemanlardandır. Basit bir alüminyum bağlama elemanı ile birbirlerine bağlanarak yapının ayakta kalmasını sağlayabilecek şekilde kullanılmaları mümkündür.

Şekil 18: Çin'in Baoxi kentinde yer alan ve Studio Cardenas tarafından tasarlanan bambu ev



Kaynak: www.yesilodak.com internet sitesinden alınmıştır [49].

Yapının kullanım ömrü dolduğunda tekrar doğaya döndürülebilir veya başka bir ürüne dönüştürülerek tekrar kullanılabilir. Minimum karbon ayak izine sahip olması ve hafif olduğu için taşınması sırasında da minimum enerji harcanması en kritik özelliklerindendir [49].

Hem çevreci hem de betondan bile daha fazla dayanımı olan bir diğer alternatif ise ferrock malzemesidir. Çelik endüstrisinden arta kalan çelik tozu gibi atıkların birleştirilmesiyle oluşturulan ferrock, hem betondan daha dayanıklı hem de sertleşmesi sırasında karbondioksiti emmesi nedeniyle karbon dostu bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır.

Şekil 19: Ferrock örneği



Kaynak: <https://buildabroad.org> internet sayfasından alınmıştır [50].

3.2.2. Yeniden Kullanılabilen Malzemeler

Yaşanan nüfus artışı ile birlikte yerleşim yerlerinin sınırları genişlemekte, konut alanları çoğalmakta ve inşaat sayısı giderek artmaktadır. Bununla birlikte yaşanan depremler, kentsel planlamalarda yapılan güncellemeler ve sosyo-ekonomik gelişmeler sonucunda yapılarda yenilenme ihtiyacının doğması nedeniyle kentsel dönüşüm çalışmalarında artış yaşanmıştır. Ancak günümüzde yaşanan çevre sorunlarının giderilmesine yönelik birçok çalışma yapılmakta, bu konuda da çevreye zararı en çok olan sektörlerden biri olan inşaat sektörü dikkatleri üzerine çekmektedir. Sürdürülebilir üretimin temelini oluşturan doğal kaynakların korunması ve atıkların oluşumunun en aza indirilmesi konusunda yapılan uygulamalar, inşaat sektöründe de çalışılmaya başlanmıştır.

Yapı sektöründe kullanılan malzemelerin üretimi sırasında veya yapıların yapımı-yenilemesi-onarımı sırasında ortaya çıkan beton, plastik, seramik, ahşap, cam gibi atıklar yapısal atık olarak tanımlanmaktadır [51].

İnşaat uygulamaları sonucunda meydana gelen atıklar ayrıştırılarak tekrar kullanılabilmesi gibi, tekrar kullanılamayacak olan malzemelerin geri dönüşüm uygulamalarından geçirilerek tekrar kullanılması da mümkündür. Bir diğer seçenek ise atık ürünün başka bir malzemenin üretimi sırasında hammadde olarak kullanılabilmesidir. Böylelikle hem üretimde sürdürülebilirlik sağlanmış olacak hem de olabildiğince az oranda atık ortaya çıkacaktır.

Yeniden kullanılabilen başlıca malzemelerden biri de agregadır. Agregada, çakıl taşı veya kırma taşlardan meydana gelen ve betonun %75'ini oluşturan karışımlardır. 4 mm çapındaki eleklerden elenme durumlarına göre boyutsal olarak küçük veya büyük şeklinde; nehirlerden, akarsu yataklarından veya bazı bölgelerde denizlerden toplananlar doğal; fırın cürufu olarak sanayi artığı şeklinde ortaya çıkanlar ise yapay agregada olarak adlandırılmaktadır. Agreganın kalitesi;

çimentoyla etkileşime girmemesi, kırılma olmaması ve boşluk içermeyecek şekilde olması kriterlerine göre belirlenmektedir. Bu kapsamda yüksek dayanım gerektiren yapılarda veya düşük dayanımlı agregaların kullanıldığı altyapı inşaatlarında, dolgu malzemesi olarak kullanılması şeklinde kullanım alanlarına göre agregada tercihi yapılmaktadır.

Kuzey Amerika'da ve Japonya'da inşaat atıklarının yaklaşık 2/3'ü taş ve beton artıklarından meydana gelmekte, bu durum da geri dönüştürülmüş malzemelerin agregada olarak kullanılabilmesi açısından yüksek oranda kaynak tasarrufu sağlanabildiğini göstermektedir [43].

Beton ve doğal taş atıklarının agregaların kullanım yerlerine ve özelliklerine göre kırılarak tekrar kullanılması, hem sürdürülebilir kalkınmayı destekleyecek hem de doğal kaynakların korunumunu sağlayabilecek en büyük adımlardan biridir. Kullanım yerlerine göre agreganın kalitesine dikkat edilmesi gerektiği bu aşamada unutulmamalıdır.

Türkiye'de yapı malzemelerinin geri dönüşümünde en çok uygulanan yöntem sahada ayıklama işlemidir. İnşaat faaliyeti sonucu ortaya çıkan atıklar ayıklanıp kategorilerine ayrılarak tekrar kullanılması için yeni yollar aranır. Geri dönüşüm uygulaması ile tekrar kullanılabilen malzemelere ilişkin detaylı bilgi Tablo-1'de sunulmaktadır..

Tablodan da görülebileceği üzere, sektörde kullanılan yapısal veya yapısal olmayan malzemelerin büyük bölümü geri dönüşüme sokularak inşaat sürecine dâhil edilebilmektedir. 3R (Reduce, Reuse and Recycle) kuralı olarak bilinen azalt, tekrar kullan ve geri kazandır ilkesinin uygulanabileceği, atıkların potansiyel kaynak olarak tanımlandığı bu uygulamalar ile atık oluşumu en aza indirilerek kaynak korunumu sağlanmış olacaktır.

Tablo 1: Yapı malzemelerine uygulanan geri kazanım işlemleri

Yapı Malzemesi	Geri Dönüşüm İşlemi	Geri Dönüştürülmüş Ürün
Beton	► Kırma-ufalama	► Geri dönüştürülmüş agrega (kırmataş), ► Dolgu malzemesi ► Düşük dayanımlı beton bileşiminde agrega (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	► Beton ve asfalt uygulamalarında agrega ► Dolgu malzemesi ► Asfalt, çimento-beton harcında ve zemin iyileştirmede dolgu katkı malzemesi
Metaller	► Doğrudan kullanım ► Eritme	► Yeniden kullanılacak metal ► Yeni metal üretimi
Kâğıt-Karton	► Temizleme	► Geri dönüştürülmüş kâğıt
PVC Esaslı	► Yıkama, Kurutma, Eritme ► Kırma ► Kesme ► Kırma-ufalama ► Toz haline getirme	► Panel ► Geri dönüştürülmüş plastik ► Geri dönüştürülmüş agrega ► Alan drenajı, Asfalt, Sentetik toprak
Cam	► Doğrudan kullanım ► İkinci kalite cam üretimi ► Öğütme, ezme, eritme	► 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 üretilecek yalıtım malzemesi ► Asfalt yapımında
Kapı-pencere Mutfak Ekipmanları	► Doğrudan kullanım ► Temizleme/Boyutlandırma	► Yeniden kullanım

Kaynak: "İnşaat Sektöründe Geri Kazanılmış Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Açısından Önemi" isimli çalışmadan alıntılanmıştır [51].

3.2.3. Nanoteknolojik Malzemeler

Şehirlerin giderek büyümesi ve eski yapıların yenilenmesi arzusuyla beraber inşa edilen yeni yapılarda hayatı kolaylaştıran, konforu ve yaşam standardını arttıracak malzemeler arayışına girilmiş, bir yandan da çevresel koşulların ve ekolojik dengenin korunmasına yönelik kaygı ortaya çıkmıştır. Tüm bu ihtiyaç durumu ve yaşanan kaygılar, inşaat sektöründe kullanılan malzemelerde inovasyon yapma gereğini zorunlu kılmıştır.

Bu inovatif malzemelerden ilk akla geleni, benzersiz optik, elektronik veya mekanik özelliklere sahip olan nano boyuttaki (1–100 nanometre arasında) nanoteknolojik malzemelerdir [52]. Günümüzde gelişen teknoloji, malzemelerin atom yapılarına kadar girerek ve mevcut olanı daha nitelikli bir hale getirerek farklı kullanım özellikleri sunabilmektedir. İnşaat sektöründe kullanılan malzemeler yapının kullanım amacı, yeri, yerin iklim koşulları gibi birçok parametreye bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle değişken

nitelikte ve istenilen performansa göre üretilen malzeme çeşitliliği talebi nedeniyle, inşaat sektörü nanoteknolojinin kullanılması gereken başlıca sektörlerden biridir.

Nanoteknoloji ile geleneksel malzemelerin ağırlık ve hacimleri azaltılabilir, kazandırılan gelişmiş özellikler sayesinde malzemenin hasar görmesi engellenebilir ve bu sayede de onarım masrafları azaltılabilir. Bunlara ek olarak, bu teknoloji ile beraber üretim safhaları azalarak enerjinin ve hammadde koruması sağlanabilmektedir. Bu da aynı zamanda ekonomiye olumlu bir katkıdır [53].

Nanoteknoloji alanında geliştirilmiş farklı özelliklerde birçok nanopartikül bulunmakta olup her bir ürün kendi özelliklerini üretiminde kullandıkları malzemelere aktarabilmektedir. Aşağıdaki tabloda inşaat sektöründe kullanımı olan nanomalzemelerin kullandıkları yapı malzemeleri ve yarattıkları değişim gösterilmiştir:

Tablo 2: İnşaat sektöründe kullanılan nano malzemelere örnekler

Nanomalzemeler	Yapı Malzemeleri	Beklenen Faydalar
Karbon Nanotüpler (CNT)	Beton Seramik Cihazlar (NEMs/Nano Elektro Mekanik; MEMs/Mikro Elektro Mekanik) Güneş pili	Sağlamlık, Çatlamayı önleme Geliştirilmiş mekanik ve termal özellikler Sağlık izleme Öz-algılama Etkili elektron iletimi
SiO ₂ (silisyum dioksit) nano parçacıklar	Beton Seramik Cam	Mekanik mukavemete katkı Soğutma Işık iletimi Ateşe dayanıklılık ve tutuşmazlık Yansıma önleme
TiO ₂ (titanyum dioksit) nano parçacıklar	Beton Cam Güneş pili	Hızlı hidrasyon Hidrasyon düzeyini artırma Kendi kendini temizleme Süper su emicilik Buğulanma önleme Kirlenmeye direnci Elektrik üretimi
Fe ₂ O ₃ (demir III oksit) nano parçacıklar	Beton	Kompresif gücü artırma Aşınmaya dayanıklılık

Kaynak: "Yapılarda ve Yapım Yönetiminde Nanoteknoloji Uygulamaları" isimli çalışmadan alıntılanmıştır [54].

Nanoteknoloji uygulamaları inşaat alanında genellikle kimya ve malzeme alanında geliştirildiği için daha çok bu alanlarda ürünler elde edilebilmiştir. Ancak bu gelişime yalnızca malzemelerin iyileştirilmesi gözüyle bakılmamalı, enerji tüketiminin çoğunun ticari binalardan ve konutlardan kaynaklandığı düşünüldüğünde, enerji verimliliğine de büyük oranda katkı

sağladığı unutulmamalıdır [52]. Tablo 3'de nanoteknolojinin bu sektördeki kullanım örnekleri listelenmiştir.

Tablodan görülebileceği üzere inşaat sektöründe nanoteknolojik malzemelerin kullanım alanları oldukça geniştir. Bunların her birine yönelik çalışma prensipleri kendi başlıkları altında incelenmeye çalışılmıştır.

Tablo 3: Nanoteknolojik malzemelerin kullanım alanları

Alanlar	Ürün Özellikleri	Ürünler
Yalıtım	▶ %30 daha verimli yalıtım ▶ Toksik etki daha düşük ▶ Yenilenemeyen kaynaklara bağımlılığı daha az	▶ Aerojel ▶ İnce film yalıtımı ▶ Yalıtım amaçlı kaplamalar ▶ Yalıtımlı seramik yüzeyler
Kaplamalar Boyalar	Malzemelerin üretimi sırasında nanopartiküller kullanılarak fonksiyonlar kazandırılması.	▶ Kendi kendini temizleyebilen kaplamalar ▶ Leke tutmayan kaplamalar ▶ Sis ve buzlanma karşıtı kaplamalar ▶ Antimikrobiyel yüzeyler ▶ UV filtreli yüzeyler ▶ Korozyon karşıtı ve nem direnci gösterebilen kaplamalar
Yapısal Malzemeler	Malzeme direncinin, esnekliğinin ve ömrünün artırılması.	▶ Beton ▶ Çelik ▶ Ahşap
Yapısal Olmayan Malzemeler	Isı ve su kayıplarının azaltılması ile dayanıklılığının artırılması.	▶ Cam ▶ Plastik ▶ Seramik ▶ Çatı
Yapıştırıcılar	Geliştirilen yapışkan yüzeyli malzemeler sayesinde hem daha güçlü yapışkan yüzeyler elde edilmiş hem de atık malzeme sorunu ortadan kaldırılmıştır.	Sentetik geko (Geko kertenkelelerinden esinlenerek üretilmiş bir tür yapay yapıştırıcı)
Aydınlatma		▶ OLED teknolojisi ▶ Aydınlatma teknolojileri
Güneş Enerjisi		▶ İnce film güneş enerjisi ▶ Güneş enerjisi teknolojisi
Hava temizleme	Havada uçuşan zararlı elementleri filtreleyen nanopartiküller.	
Su temizleme	Suyun içindeki zararlı maddeleri filtreleyen nanopartiküller.	

Kaynak: TÜSİAD ve İMSAD tarafından hazırlanan "İnşaat Sektöründe Sürdürülebilirlik: Yeşil Binalar ve Nanoteknoloji Stratejileri Raporu"ndan alınmıştır [55; 56; 52].

3.2.3.1. Yalıtım, Temizlik ve Koruma

Nanoteknoloji sayesinde üretilen yalıtım ve koruma amaçlı kaplamaları basit bir ifadeyle tanımlarsak, geleneksel yöntemlerde yüzey üzerine uygulanan yalıtım-koruma materyalinin nano boyuta getirildikten sonra yüzeye uygulanmasıdır. En temelde, burada kullanılan teknolojik malzeme nano boyutta olacağı için malzeme kalınlığını, dolayısıyla da malzeme ağırlığını azaltmış olacaktır. Bu sayede bina yükü de azalmış olacaktır. Bununla beraber geliştirilen nanopartikül (titanyum dioksit, silisyum dioksit, çinko oksit, gümüş, karbon nanotüp gibi) özelliğine göre nanomalzemeye yeni bir özellik kazandırılmış olacaktır.

Isı yalıtımı sağlayan nanoteknolojik malzemelerin en temel özelliği, maksimum ısı yalıtımını minimum et kalınlığıyla sağlamalarıdır. Konvansiyonel yalıtım malzemelerine kıyasla 6-7 kat daha iyi yalıtım sağlayan nanomalzemeler cephe, duvar, çatı ve döşemelerde panel şeklinde kullanılmakta ve yapıda enerji tasarrufuna büyük oranda katkı sağlamaktadır [57].

Nanoteknoloji sayesinde üretilen ince film kaplamalar, geleneksel malzemelere göre çok daha incedir ve boya veya püskürtme şeklinde uygulanabilmektedir. İnce film kaplamalar, ısı kontrolünü sağlamak amacıyla binalarda özellikle camlara uygulanmaktadır. Bu kaplama ile yapılarda güneş ışığının etkisi azaltılır ve geleneksel yöntemlere oranla bina içinde 2-3 derece daha soğuk bir hava elde edilir. Bu şekilde yaz aylarında soğutma masrafından tasarruf sağlanır [58].

Bu teknoloji kullanılarak yalıtım açısından malzemelere kazandırılmak istenen en önemli özelliklerden biri de su iticilik (hidrofobik) fonksiyonudur. Bu konuda araştırmalar yapılırken pürüzlü yapısı ve balmumu kaplı yüzeyi sayesinde kendiliğinden su itici özelliği olan lotus bitkisinden ilham alınmıştır. Bu nedenle bu yüzeylere lotus yüzey, kendi kendini temizleyebilme özelliğine de lotus etkisi adı verilmiştir. Titanyum dioksit (TiO_2) kullanılarak yapılan kaplamalar sayesinde malzemelere kir ve su tutmaz özelliği kazandırılabilmiştir. Titanyum dioksitin saydam olması, bu malzemenin cam ve seramik gibi şeffaf olması gereken inşaat yapılarında da kullanılabilmesini sağlamıştır. Bunların dışında cephe kaplaması, boya ve

çeşitli ısı yalıtım malzemelerinde de bu nanomalzemedan yararlanılmaktadır. Bu sayede sanayi yapıları, iş kuleleri ve büyük merkezlerde temizlik, bakım ve boya masrafları nedeniyle oluşan harcama kalemi ve iş gücü kaynaklı enerji sarfiyatından da tasarruf edilebilmektedir.

Titanyum dioksitin bir diğer özelliği ise, güneş ışığı içerisinde yer alan UV ışınları ile tepkimeye girerek fotokataliz özelliği kazanması ve bu sayede yüzeydeki kir ve atıkların parçalanarak temizlenebilmesini sağlamasıdır. Daha sonraları bu nanopartikül üzerinde çalışılarak uygulandığı yüzeylerde buğulanma oluşmasını da engellediği görülmüştür [58].

Bir diğer örnek ise boyalara titanyumun karıştırılması sonucu kir tutmayan cephe boyalarının elde edilmesidir. Bu sayede yapıların dış cephelerinde herhangi bir temizlik ve bakım ihtiyacı doğmayacak, cephede oluşan toz ve kirlilik yağmur ile birlikte yüzeyden koparak toprağa karışabilecektir.

3.2.3.2. Yapısal Malzemeler

Nanoteknolojinin, inşaat malzemeleri arasında en çok kullanılan betona ve bileşenlerine uygulanması halinde ne gibi değişiklikler olacağı araştırılmaktadır. Geliştirilen nanopartiküllerin betonu oluşturan maddeler arasına eklenmesi halinde performans yönünden ciddi anlamda iyileşmelerin olduğu görülmüştür. Bu nanopartiküller sayesinde beton dayanımının arttığı ve geçirimsizlik özelliğinin azaldığı görülmüştür. Bu kapsamda sıralanan iyileşmelere detaylıca bakacak olursak:

- ▶ Agreg-a-çimento hamuru arasındaki aderansın artması,
- ▶ Röt-re oluşumunun maksimum düzeyde engellenmesi,
- ▶ Elastisite modülünün artması,
- ▶ Beton geçirimsizliğinin azalması,
- ▶ Sıcaklık direncinin artarak korozyon, donma-çözülme gibi durabilite özelliklerinde iyileşmelerin olması [59],
- ▶ Beton kullanım ömrünün uzaması sağlanmaktadır.
- ▶ Titanyum dioksit sayesinde betona kendi kendini temizleme özelliği eklenmektedir.

Çimento içine özellikli nanopartikül ve cam elyafın eklenmesiyle kendi kendini temizleyebilen paneller üretilmektedir (Şekil-20). Bu paneller, hem organik hem de inorganik kirletici maddeleri yüzeyinde tutarak tuz haline getirmekte, yağın yağmurlarda bu tuzun çözünerek panellerin üzerinden kayması sağlanmaktadır. Bu sayede paneller beyazlığını korumakta ve boya gereksinimi olmamaktadır. Aynı zamanda bu paneller ortama bırakılan NO_x (azot oksit) miktarını %33 oranında azaltarak hava kirliliğini önlemede etkin bir rol oynamaktadır [60].

Sektörde yoğun kullanılan bir diğer malzeme olan çelikte ise, bu teknolojinin kullanımı üretim yapılırken karışıma farklı nanopartiküllerin eklenmesi şeklindedir. Bu şekilde elde edilen yeni malzemede çelik daha sert, mukavemeti daha yüksek, korozyon ve aşınma direnci daha fazladır. Nanoteknolojik çeliklerin, geleneksel çelik malzemelere kıyasla mukavemeti 3 kat fazla olup korozyona da 5 kat daha fazla dayanıklıdır [61].

Ahşap malzemelerde ise ürünün yapısı gereği lifli olması nedeniyle nano boyutta çalışması daha kolaydır. Bu sayede çeşitli nano katkılar ile ahşaba su geçirmezlik özelliği kazandırılarak çürümesi engellenir ve daha uzun ömürlü olması sağlanır. Bu su itici özelliği sayesinde inşaat sektöründe ahşap, dış kaplamalarda kullanılabilir [62].

Şekil 20: Fibrobeton örneği



Kaynak: www.fibrobeton.com.tr internet sayfasından alınmıştır [60].

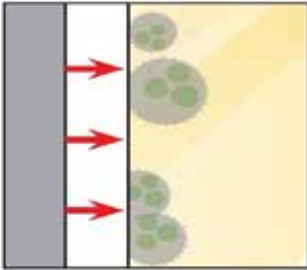
3.2.3.3. Yapısal Olmayan Malzemeler

Yapı temel elemanları olarak tanımlanan yapısal malzemelerde olduğu gibi yapısal olmayan yani yapı içerisinde kullanılan malzemelerde de nanoteknolojinin kullanımı mümkündür.

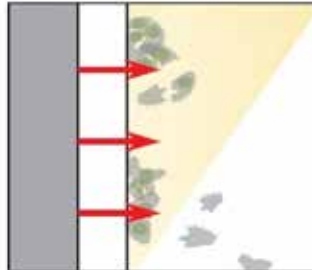
Nanoteknoloji ile malzemelere kendini temizleme özelliği kazandırılması için malzeme karışımı içerisine

nano ölçekte titanyum dioksit (TiO₂) partikülleri eklenir. TiO₂, eklendiği malzemede fotokatalitik etkiyi başlattığı için oksijen, nem ve UV ışınları ile karşılaşan malzeme, üzerine yapışan kirleri parçalama özelliği kazanmış olur. Şeffaf halde olan titanyum dioksit sayesinde malzemenin rengi de değişmemektedir [63; 64].

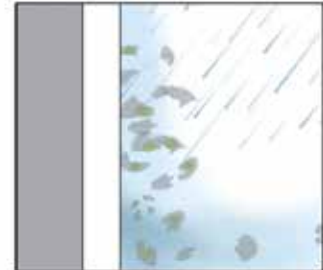
Şekil 21: Kendi kendini temizleyen cam veya kaplama örneği



Güneş ışığı boya veya kaplama içerisindeki katalizörü aktive eder.



Yüzeye tutunmuş olan kir parçacıkları ve mikrobiyolojik organizmalar katalizör nedeniyle bozulur ve bir kısmı yüzeyden kopar.



Yağmur veya rüzgarın etkisiyle kalan parçacıklarda çözünür ve cephe temizlenmiş olur.

Kaynak: <https://baumit.com.tr/> sitesinden alınmıştır [65].

Kullanım alanları olarak, bina pencerelerinde veya cephelerinde kullanılan camların üretimi sırasında nanopartikül malzemelerin eklenmesi ile kir tutmayan ve kendi kendini temizleyebilen camların elde edilmesi örnek olarak gösterilebilir. Bu sayede cam cephe kaplamalı yapılarda dış cephenin temizliği yağmur ile sağlanmakta olup bakım için ek maliyetlerin önüne geçilmektedir [62].

Kendini temizleyen fotokatalitik malzemeler, antibakteriyel etkiye de sahip olduklarından kirin parçalanması sırasında içindeki organik maddeler de yok edilir. Bu karışımlara eklenen nano boyuttaki gümüş partikülleri ile antiseptik özelliği de eklenmiş olur. Bu şekliyle klinik, gıda üretim alanları gibi hijyen önceliğinin çok önemli olduğu mekanlarda seramik, vitrifiye, boya ve tekstil ürünlerinde nanoteknolojiden yararlanılabilmektedir [64].

Malzemelere kazandırılan bir diğer özellik ise, UV ışınlarını engelleyebilen nano malzemelerin, cam gibi yüzeylere kaplanarak yapının UV ışınlarının zararlı etkilerinden korunmasına olanak tanınmasıdır. Bu teknoloji ile bina tasarımı yapılırken güneş ışığı faktörü göz ardı edilebilir hale gelmektedir [63; 64]. Benzer yöntemlerle elde edilen ve enerji korunumu sağlamak amacıyla renk değiştiren, ısıyı ve ışığı yansıtabilen özelliklerde camlar da kullanılmaktadır.

3.2.3.4. Enerji

Nanoteknoloji, enerji alanında üretilen malzemelerde de kullanılarak enerji verimliliğinin sağlanmasında büyük rol oynamaktadır. Örnek vermek gerekirse, bu teknoloji sayesinde geliştirilen OLED aydınlatmalar ile geleneksel aydınlatma araçlarına göre enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bu aydınlatmaların üretimi sırasında malzemenin içerisine yerleştirilen nano aydınlatmalar sayesinde daha az enerji harcarak daha çok aydınlatma sağlanabilmektedir. Bu yapı elemanları, aynı zamanda karbondioksit salımını da azaltarak hava temizliğine katkıda bulunmaktadır [62].

Bu teknoloji ile yalnızca aydınlatma alanında çalışılmamış, silikon tabanlı fotovoltaik piller, ince film ve organik güneş pilleri gibi enerji üreten teknolojik ürünler de geliştirilmiştir. Nano güneş pilleri geleneksel güneş pillere oranla boyut olarak oldukça küçük

ve enerji verimliliği fazla olan, güneş ışınlarını elektrik enerjisine döndüren bir sistemdir. Hafif olması sebebiyle bina yükünü etkilememekte ve ince kaplama şeklinde olduğu için bina tasarımını değiştirmemektedir [26].

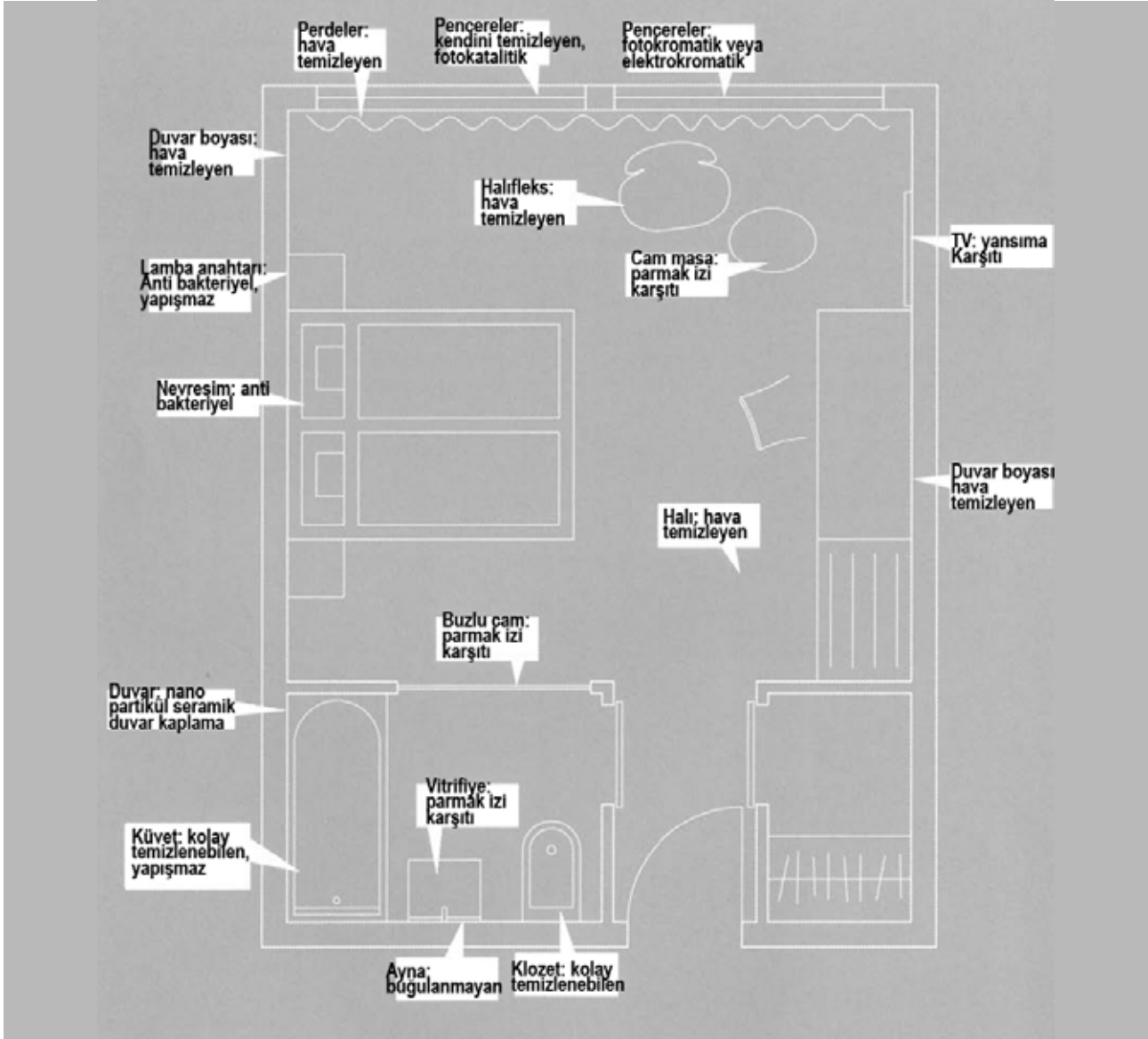
3.2.3.5. Konfor Elemanları

Nanoteknoloji yalnızca daha dayanıklı ve uzun ömürlü yapı elemanları üretiminde değil aynı zamanda yapının kullanım ömrü boyunca içindeki canlıların konforunu arttıracak nitelikte malzeme üretiminde de fayda sağlamaktadır. Bu konfor öğelerinin en başında hava temizliği gelmektedir. Özellikle okul, hastane ve kalabalık ofis gibi kamuya açık binalarda kullanılan halı ve döşeme gibi yer kaplamaları tozu tutarak sürekli havaya karışmasına sebep olmaktadır. Bu durum da solunum yolu hastalıkları için uygun ortam oluşturmaktadır. Kalabalık olan ortamlarda çeşitli havalandırma sistemleri veya klimalar yoluyla havanın temizliği sağlanmaktadır. Bunun yerine toz ve kiri parçalayan, kötü kokuları bileşiklerine ayırarak yok eden nanomalzemeler kullanılabilmektedir.

Ev, ofis, okul gibi iç mekânlarda solunan hava dış ortama göre 2 ila 10 kat daha kirlidir. Yapı içerisinde insanlar solunum, sindirim ve deri yoluyla olmak üzere çeşitli kimyasallara maruz kalmaktadırlar. Bu uçucu kimyasallar da "kimyasal uçucu organik bileşikler (Volatile Organic Compounds) VOC'ler" olarak adlandırılmaktadır. Kaynak malzemelerden bu kimyasalların buharlaşarak havaya karışması sonucunda da kimyasal emisyon meydana gelmektedir. Bu nedenle iç hava kalitesinin iyileştirilmesi için VOC emisyonu düşük malzemelerin kullanımı şeklinde stratejiler belirlenmelidir. Düşük emisyonlu olarak sertifikalandırılmış ve düşük emisyonlu boya veya cila kullanılarak bitirilmiş ahşap mobilya ürünleri bunlara malzemelere örnektir. Yapılarda düşük emisyonlu malzemelerin kullanımı, daha az enerji harcanarak iç hava kirliliğinin azaltılmasında önemli rol oynayan uygulamalardır [66].

Yukarıda başlıklar halinde incelenen nanoteknolojik malzemelerin kullanım alanlarını özetleyen şekle aşağıda yer verilmiştir.

Şekil 22: Bir mekânda kullanılabilecek nano malzemeler



Kaynak: "Nanoteknolojinin Mimariye Etkileri" isimli tez çalışmasından alınmıştır [63; 64].

Türkiye'de aktif biçimde nanoteknolojiyi kullanarak ürün geliştiren ve bunu inşaat sektöründe kullanabilen kuruluşların sayısı yeterli değildir. Bu teknoloji genellikle; savunma, otomotiv, havacılık, enerji, tekstil, kimya ve inşaat ile ilgili çalışmalarda kullanılmaktadır. İnşaat sektörü özelinde de çeşitli çalışmaların yürütülmesi, hem enerji verimliliğine büyük ölçüde katkıda bulunacak hem de ekonomiyi güçlendirecektir.

Ülkemizde bu inovatif malzemelerin buluşu ve üretiminin yaygınlaştırılması esnasında, ARGE

çalışmalarının az oluşu ile ortaya çıkan ürünün patent ve fikri mülkiyet sorunlarının yaşandığı görülmektedir. ARGE çalışmalarının artırılabilmesi için üniversite-sanayi işbirliği ilişkilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Buna paralel olarak, fikirleri koruyacak şekilde mevzuat geliştirilmesi ve yeni ürün çalışmalarına güven verilmesi gerekmektedir. Bu sayede patent çalışmalarının ve bu alanlara yapılacak yatırımların artması, böylelikle yeni ürün pazarlarının yaratılması sağlanacaktır [67].

3.2.4. Kompozit Malzemeler

Kompozit malzeme, yeni bir özellik elde edilmesi amacıyla birbirinin içerisinde çözünmeyen birden fazla farklı malzemenin birleştirilmesiyle oluşmaktadır [68]. Kompozit malzemelerde temel amaç, bileşenlerde tek başına iken mevcut olmayan bazı özelliklerin (hafiflik, dayanım, esneklik vb.) geliştirilmesi ve bir araya getirilmesidir. Bileşenler kimyasal olarak birbirleriyle etkileşime girmemekte ve atomları arasında herhangi bir alışveriş bulunmamaktadır.

Bir malzemenin kompozit malzeme olarak kabul edilmesi için bazı koşullar aranmaktadır;

- ▶ Kimyasal bileşimleri birbirinden farklı olan en az iki malzemenin birleştirilmiş olması,
- ▶ Malzemelerin üç boyutlu olarak bir araya getirilmiş olması,
- ▶ Üretildiği amacın, bileşenlerinin hiçbirinin tek başına sahip olmaması [69; 68].

Kompozit malzemeye çalışma konumuz üzerinden verilebilecek en güzel örnek betonarme kolonlardır. Hem inşaat çeliği hem de beton karışımından oluşan betonarme kolonlarda çelik ve beton kendi özelliklerini yitirmezken, birlikte kullanıldıklarında dayanımı daha yüksek ve daha güçlü bir yapı meydana getirmektedirler. Kompozit teknolojisinde de tam olarak amaçlanan bu tür uygulamalardır.

Kompozit malzemelerin çeşitlerine kısaca göz atacak olursak:

Metal Esaslı Kompozit Malzemeler: Metal türevlerinin birleşime eklenmesiyle oluşan kompozit malzemelerdir. İçerisine metal eklendiğinden yeni malzemeye yüksek tokluk ve darbe özellikleri, yüksek mukavemet ve yüksek elastik modül, sıcaklık değişimleri ve ısıl şoklara karşı az duyarlılık, yüksek yüzey dayanımı ve yüzey hatalarına karşı az duyarlılık, yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, farklı tekniklerle şekillendirilebilme ve işlenebilme özellikleri kazandırmaktadır [70]. İnşaat sektöründe çeşitli panel türlerinde kullanılarak daha dayanıklı yapı elemanları elde edilmektedir.

Polimer Esaslı Kompozit Malzemeler: Plastik bazlı olan bu kompozit türü, direnci arttıran özelliği sayesinde birçok yapısal uygulamalarda kullanılmıştır. Bunlardan en işlevsel olanlardan biri de depremden zarar gören binalarının onarımında FRP kompozit malzemelerin kullanımıdır [68].

Dayanımı fazla olan bu malzemeler, köprü gibi yüksek oranda dayanım gerektiren inşaatlarda ve korozyondan kaynaklı yapısal zayıflamaları gidermek amacıyla beton su boruları yapılarda kullanılmaktadır. Su yapılarının tamirinin ve güçlendirilmesinin zor bir işlem olması nedeniyle kompozit malzemeler bu alanda büyük kolaylık sağlamaktadır [71].

Mineral esaslı kompozit malzemeler: İçerisinde ana madde olarak mineral ve türevleri bulunan kompozit karışımlardır. Beton örneği, bu kategoride verilebilecek en uygun örnektir.

Türkiye’de kullanımı olan bu kategoriye ait örneklerden biri de, beton içerikli ısı yalıtımlı panel sistemleridir. Beton bir kabuğun çelik sisteme oturtulması sonrası aradaki boşluğa köpük betonun doldurulması ile geliştirilmiştir. Oluşturulan bu sistem çeşitli sanayi yapılarında, rezidanslarda veya alışveriş merkezleri gibi çok katlı yapıların dış cephe kaplaması olarak kullanılmaktadır. Bu teknoloji sayesinde ısı, ses ve su yalıtımı sağlanabilmektedir. Bu sistemin kullanılması ile bina cephelerinde klasik sisteme nazaran %50 ile %80 arası daha hafif yük sağlanmaktadır. Tek bir malzeme ile hem ısıdan tasarruf edilmekte, hem de sese ve suya karşı yalıtım sağlanabilmektedir. Yanmazlık özelliği ile yangına karşı korumakta, rüzgâr yüküne karşı dayanıklı olma özelliği ile yüksek yapılarda da kullanılabilmektedir. Aynı zamanda hafif bir malzeme olması ve 9 şiddetinde depreme dayanıklı olduğuna yönelik sertifikası ile deprem bölgesinde olan ülkemiz için güven oluşturmaktadır [72].

Ahşap esaslı kompozit malzemeler: Ahşabın, birleşimin kullanılacağı alana uygun çeşitli yapıştırıcılar ile yapıştırılarak dayanıklılık ve su geçirmezlik gibi özellikler kazandırılması ile oluşturulan karışımlardır. İnşaat sektöründe çok fazla kullanımı olan kontrplak ve izolasyonlu levhalar bu kategoride kullanılan başlıca yapı malzemeleridir.

Kompozit malzemelerin yapı inşaatlarında oldukça geniş kullanım alanı bulunmaktadır. Bunlara örnek vermek gerekirse; saniter malzemeler (banyo küvetleri, lavabolar, banyo tezgâhları), yağmur suyu taşıma sistemleri, soğutma kule yapıları, yüzme havuzları, yalıtım, beton kalıpları, temel kazıkları, giydirme cephe-ler, prefabrik binalar, modüler kabinler, çatı ve cephe kaplama levhaları, taşıyıcı profiller, köprü platformu ve ayakları, otoyol korkulukları ve işaret levhaları, borular, dekoratif elemanlar ve sera panellerde kompozit malzemelerden yararlanılmaktadır [73].

Çoğu sektörde kullanım amacına göre geliştirilmiş olan birçok kompozit malzeme bulunmaktadır. İnşaat sektöründe de kompozit malzemeler, dayanımı arttırmak ve ürün çeşitliliğini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Malzemelere talep edilen özellikleri kazandırmak için gerekli birleşimler sağlanarak yeni malzemeler türetilmiştir.

Kompozit malzeme kullanımının avantajı olmasının yanında oluşacak her malzeme için ortaya çıkan atıklar yeni bir problemi beraberinde getirmektedir. Kompozit malzemelerin en az iki farklı malzemeden meydana gelmesi, oluşan ürünün geri dönüşümünü de zorlaştırmaktadır [74; 75].

Çalışma konusu perspektifiyle kompozit malzemele-rin kullanımı incelendiğinde, dayanımı arttıran malzemelerin kullanılması bina ömrünü uzatacağı ve dolayısıyla kullanılan malzeme miktarını azaltacağı için atık oluşumunun da en az oranda kalmasına yardımcı olacaktır. Elde edilebilen ısı, ses ve su yalıtımı özellikleri, yeşil binalarda ilk olarak aranan özelliklerdir. Ancak sektör özelinde çok fazla kompozit malzeme türü mevcut olduğundan bu bölümde yalnızca kompozit teknolojisi ile malzemelerin kazanabileceği özelliklere yer verilmiştir.

BÖLÜM 4.

Yeşil Bina Konsepti: Sürdürülebilirliğin İnşaat Hali

4.1. Yeşil Bina Sistemleri

Bir binanın yeşil olarak tanımlanabilmesi için yapımı sırasında ekolojik malzeme kullanılması, bina içi su ve enerji verimliliği planlamasının yapılması, atık kontrolünün sağlanması, iç ortamda kaliteli hava oluşturularak kullanıcı sağlığı faktörlerine dikkat edilmesi ve belli bir akustik standardının karşılanması gerekmektedir.

Literatürde yeşil binaların ayrıcalıklı binalar gibi gösterilmesi yerine normal bina kavramının zaten yeşil bina özelliklerini taşıması gerektiği belirtilmektedir. Bu düşünceden yola çıkarak, eski tip binaların yani enerji üretmeyen ve çevre duyarlılığı olmayan binaların standart bina şeklinde tanımlanması uygun görülmüştür.

Dünya genelinde yapı sektöründe yanlış tekniklerin kullanılması ile üretilenden daha fazla enerjinin tüketilmesi sonucu yaşanan enerji ithalatı ülkelerin ekonomisini olumsuz yönde etkilemiş ve ekolojik dengenin bozulmasına yol açmıştır. Bunun önüne geçebilmek amacıyla yapıların yaşam döngüsünün incelenmesi, yapımından kullanım ömrünün dolmasına kadar olan sürecin yeşil bir yaklaşım ile değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Yapıların yeşil bir yaklaşımla değerlendirilmesi sonucunda şu özelliklere sahip olması beklenmektedir:

- Enerji, su ve diğer kaynakları etkin kullanan,
- Yenilenebilir enerji sistemleri kullanılarak enerji üreten,
- Toksik olmayan ve geri dönüştürülebilir malzemelerden oluşmuş,
- Tasarım ve inşaat aşamalarında çevre sağlığı göz önünde bulundurulmuş,
- İç ortam hava kalitesi ve aydınlatma gibi faktörleri dikkate alarak işletme aşamasında kullanıcı konforunu düşünen yapılar.

Binalar, ömürleri boyunca farklı aşamalarda enerji tüketmektedir. Binanın inşası sırasındaki enerji tüketimi, yani inşaat için gerekli her türlü malzemenin ve sistemin üretiminde kullanılan enerji (embodied

energy), yapım sırasında kullanılan her türlü malzemenin şantiyeye dağıtımı sırasında kullanılan enerji (grey energy), binanın inşası sırasında sarf edilen enerji (induced energy) olarak sıralanabilir. Yapı kullanıma girdikten sonraki süreçte yapılan enerji tüketimi (operating energy), bakım-onarım için gerekli enerji, yıkım için harcanan enerji ve yıkım sonrası meydana gelen malzemelerin dönüştürülerek tekrar kullanılması için gereken enerji gibi farklı enerji türleri mevcuttur [76]. Görüldüğü gibi bina, yaşamının her aşamasında çeşitli enerjiler tüketmektedir.

Binaların ortalama ömrü 50 yıl olarak hesaplanmaktadır. Ancak çoğunun genellikle 50 yıldan daha fazla kullanıldığı düşünüldüğünde, enerji etkin yaklaşımların geliştirilmesi gerektiği görülmektedir. Bu aşamada tüketilen enerjinin, iklim ve bina içi ısı kazançlarına bağlı olarak %35-60 arasındaki büyük bir oranı ısıtma, havalandırma, aydınlatma vb. için kullanılmaktadır [77; 76].

Yeşil binalar, düşünülenin aksine maliyetli binalar olmayıp son 10 yılda inşa edilen yeşil binalar, normal binalara kıyasla %4 ila %14 arasında daha fazla yatırım gerektirmektedir. Bina üzerine yapılan verimlilik uygulamaları, yatırımın türüne ve büyüklüğüne göre harcama geri dönüş süresi farklılık göstermekte olup bazı harcamalar için bu süre 3 yıl bile olabilmektedir. Ancak ortalama olarak yapılan harcamalar 6 yıl gibi bir sürede kendisini geri ödemektedir. Bir binanın 40-50 yıllık yaşam ömrü olduğu varsayımı üzerinden yapılan hesaplamalar, yeşil bina uygulamalarının yatırım bedelinin 8 ila 12 katı enerji tasarrufu sağlayabildiğini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda yapılan harcamaları bir maliyet unsuru olarak değil, bir yatırım unsuru olarak değerlendirmek gerekmektedir [78].

Bir binanın yeşil bina şeklinde tasarlanması ve işletilmesi halinde ortalama;

- Enerji kullanımında %24 ile %50 arasında,
- CO₂ emisyonlarında %33 ile %39 arasında,
- Su tüketiminde %30 ile %50 arasında,

- Katı atık miktarında %70 oranında,
- Bakım maliyetlerinde ise %13 oranında azalma meydana geleceği tespit edilmiştir.
- Amerikan Yeşil Bina Konseyi (United States Green Building Council, USGBC), bir yeşil binanın ortalama %32 daha az elektrik kullanarak yılda 350 metrik ton CO₂ emisyonunun önüne geçtiğini yayınlamıştır [79].

Yeşil binaların yaygınlaştırılmasına yönelik politikalar ve yasal düzenlemeler ise aşağıdaki gibidir:

- 2001 yılında "Yapı Denetimi Kanunu",
- 2007 yılında "Enerji Verimliliği Kanunu",
- 2008 yılında "Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği" ile mevcut ve yeni binalara verilmek üzere "Enerji Kimlik Belgesi" düzenlenmesi kararı alınması,
- 2012 tarihinde "Enerji Verimliliği Strateji Belgesi"-nin oluşturulması (2023 yılına kadar en az 10 milyon konut ve toplam kullanım alanı 10 bin m²'nin üzerindeki ticari ve hizmet binalarının tamamında, belirlenmiş standartları sağlayan ısı yalıtımının ve enerji verimli sistemlerin uygulanması, enerjinin en az %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması kararı),
- 2014 tarihinde "Sürdürülebilir Yeşil Binalar ile Sürdürülebilir Yerleşmelerin Belgelendirilmesine Dair Yönetmelik",
- 2011-2023 dönemini kapsayan "İklim Değişikliği Eylem Planı" (2023 yılına kadar en az 1 milyon binada ısı yalıtımı ve enerji verimliliğinin sağlanması, binalarda yenilenebilir enerjinin kullanımının arttırılması, kamuya ait bina ve tesislerde enerji tüketiminin %10 ile %20 arasında azaltılması),
- 2017 tarihine kadar "Enerji Kimlik Belgesi" alınmasının zorunlu hale getirilmesi,
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2000 yılı öncesinde yapılan binaların %40'ı olan yaklaşık 6,5 milyon konutun yenilenmeye ve güçlendirilmeye yönelik çalışmaları plan dâhiline alması [78].

4.1.1. Sertifikalar

Yeşil bina kavramı ile birlikte uluslararası alanda bu kavramın yayılması ve derecelendirilmesi için sertifikasyon sistemleri ortaya çıkmıştır. Yeşil binaların değerlendirilmesi amacıyla birer araç olarak kullanılan bu sistemler, ortaya çıkarıldıkları ülkenin bölgesel ve ekonomik özellikleri, standartları ve yasaları kapsamında oluşturulmuştur.

Yeşil bina değerlendirmesi yapılırken ele alınan kriterler, farklı sistemlerde farklı isimlerle ifade edilse de genel olarak binanın bulunduğu arazinin seçimi, araziye yerleşimi, yapımından itibaren fiziksel ve sosyal çevresiyle olan ilişkisi, kullanıcının ısı, görsel, akustik gibi konfor ihtiyaçlarını sağlayabilmesi, sebep olduğu CO₂ emisyonu, su tüketim miktarı, işletim ve bakım/onarım ihtiyacı, binada kullanılan malzemeler, ulaşım imkânı gibi çeşitli konuları kapsar. Sertifika sistemleri, geliştirildiği ülkelerin kendi standart ve yönetmelikleri kapsamında ele alınan konuların dışına çıkmamakta olup bu dokümanlara referans vererek bilgi topluluğu sağlaması nedeniyle sürdürülebilir binalar ile ilgili genel bir çerçeve oluşmasını da sağlamaktadır [80].

Genel anlamda, yapılan binaların çevre dostu olması ve doğaya en az zararı verecek şekilde yapılması teşvik edilmek istenmiştir. Ancak ülkelerin gelişmişlik seviyesi ve coğrafi koşulları farklı olduğu için her ülkenin kendi öncelikleri doğmuştur. Örneğin kurak ülkeler için en önemli kriter suyun verimli bir şekilde kullanımıyken, enerji ithal eden ülkelerde enerji verimliliği kriterine dikkat edilmiştir. Doğal kaynakların korunumu nedeniyle de gelişmiş ülkelerde, malzemelerin etkin ve verimli kullanımına (geri dönüşüm, malzemelerin yeniden kullanımı) dikkat edilmektedir [81]. Her bir sertifika sisteminde enerji ve su verimliliği, iç mekân, çevresel kalite geliştirilmesi, operasyon ve bakım onarım optimizasyonu, atık ve toksik azaltımı gibi kriterler bulunmakta olup her bir kıstas, ihtiyacın ortaya çıktığı bölgelerin özellikleri doğrultusunda belirlenmiştir ve yapılan puanlamalar da bu bağlamda değişkenlik göstermektedir.

İngiltere’de Yapı Araştırma Kurumu tarafından geliştirilerek 1990 yılında uygulamaya geçirilen BREEAM, Amerikan Yeşil Bina Konseyi tarafından ilk defa 1998’de binaları sertifikalandırmaya başlayan LEED, 2003 yılında Avustralya Yeşil Bina Konseyi tarafından oluşturulan Green Star ve Alman Sürdürülebilir Bina Konseyi tarafından 2009 yılında kurulan DGNB Sertifikasyon Sistemi kullanılan başlıca sertifika sistemleridir.

Türkiye’de yeşil binalar konusunda yaşanan ilk gelişmeler, 2007 yılında Yeşil Binalar Birliği’nin (ÇEDBİK) kurulması ile başlamıştır. Daha sonra Şubat 2012’de İstanbul’da “Yeşil Binaların İlk Uluslararası Zirvesi” düzenlenmiş, düzenlenen bu etkinlikte çevre dostu politikalar, yeşil ekonomi, mevcut yapıların yeşile dönüştürülmesi, yeşil binalarda yaşam, geleceğin şehirleri, çevre dostu yapı malzemeleri ve bunların üretimi hakkında bilgiler paylaşılmıştır [10].

Türkiye’deki bina stokunun yaklaşık %77’sine herhangibir yalıtım unsuru uygulanmamıştır. Ülkemizdeki mevcut yapılar ile İsveç’teki ortalama bir binayı karşılaştırdığımızda, İsveç’teki bina, İstanbul’daki binadan yaklaşık 2.8 kat, Ankara’daki bir binadan 3.6 kat, Erzurum’daki bir binadan 6 kat az yakıt kullanımıyla aynı şekilde ısınabilmektedir [78]. Türkiye’de yeşil bina uygulamalarına ne derece ihtiyaç olduğunu ve yalıtım konusunda dahi kat edilmesi gereken mesafeyi anlamak açısından bu veriler dikkat çekicidir.

Yeşil binaların inşasında, standart binalara kıyasla küçük maliyet artışları yaşanabilmektedir. ABD’de Amerikan Yeşil Bina Konseyi (US Green Building Council, USGBC) yetkilileri tarafından, bir yapının LEED sertifika sisteminden almayı hedeflediği temel sertifika için %0,66, gümüş sertifika için %1,9, altın sertifika için %2,2 ve platin sertifika için %6,8 gibi oranlarda yatırım artışı olduğu tespit edilmiştir. Ancak yeşil binalarda yaşanan işletme giderlerinin azalması, bina ömrünün uzaması, kullanıcı konforunda yaşanan artış gibi olumlu etkiler düşünüldüğünde, yatırım miktarında gerçekleşen bu artış önemini yitirmektedir. Bu tür kazançlar yapıların kiralama ve satış değerlerini de arttırmaktadır. Günümüzde ayrıcalıklı olarak nitelendirilen bu tür yapılar ile standart binaların arasındaki farkın gelecekte daha da açılacağı düşünülmektedir [82].

4.1.1.1. BREEAM Sertifikası

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) Sertifikası 1990 yılında İngiltere’de oluşturulmuştur. İlk uygulandığı yıllarda yalnızca konut ve ofisler için kullanılmış olup sonraları sağlık binaları, toplu konutlar, tadilat yapılan konutlar gibi kullanıldıkları binaların kullanım amaçlarına göre isimlendirilmiştir. Hatta kullanıldıkları ülkeye göre BREEAM sistemleri geliştirilmiş ve o ülkenin ismini almıştır.

Sertifika sistemlerinin ortaya çıktıkları ülkenin ekonomik koşullarını ve çevre duyarlılıklarını yansıtmaması nedeniyle, BREEAM sertifikasyon sisteminde de İngiltere dışındaki projelerde, ülkeye, bölgeye ve projeye uygun bazı yeni kurallar getirebilmektedir. Bu kuralların oluşumu tasarımcı ve BREEAM arasındaki çalışmalar ile belirlenmekte olup bu nedenle sistemin kısa süreli projelere uyarlanması daha zorlayıcı olabilmektedir [82].

BREEAM kategorilerine yönelik hazırlanan tablo aşağıdaki gibidir:

Şekil 23: BREEAM kategorileri

Yeni Yapılar	Yenileme
BREEAM İspanya	BREEAM Norveç
BREEAM Mevcut	BREEAM Hollanda
Sürdürülebilir Evler	BREEAM Topluluklar
BREEAM Avrupa	BREEAM Uluslararası

Kaynak: “Breeam, Leed ve DGNB Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinin Standart Bir Konutta Karşılaştırılması” isimli tez çalışmasından alınmıştır [83].

2018 yılında, BREEAM tarafından en güncel versiyon olan “Breeam UK New Construction 2018 3.0” yayınlanmıştır. Bu versiyon yalnızca İngiltere sınırları içerisinde inşa edilecek olan yeni ve konut dışı yapıların değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Bu nedenle çalışmanın devamında, Türkiye için kullanılabilecek en güncel versiyon olan “Breeam International New Construction 2016” üzerinden inceleme yapılmıştır. Bu versiyona göre yapılar; konut yapıları, ticari yapılar, eğitim yapıları, uzun süreli konaklama yapıları, oteller ve kısa süreli konaklama yapıları ve standart dışı

yapılar olmak üzere toplam 6 ana kategoriye ayrılarak değerlendirilmektedir.

Bu sertifika kapsamında yapılar, daha önce belirlenmiş ve her yapı için aynı olan kriterler doğrultusunda değerlendirilmektedir. Ancak diğer sertifika sistemlerinden farklı olarak yapının kategorisine göre kriterlerin ağırlıkları değişmektedir. Değerlendirme sırasında kullanılan kriterler ve puan ağırlıklarına yönelik hazırlanan tablo ve devamında yapı kategorisine göre bu kriterlerin ağırlıklandırmaları aşağıda sunulmaktadır:

Şekil 24: BREEAM “Yeni Yapılar” kategorisindeki kriterlerin puan dağılımı



Toplam Puan: 110

Yukarıda belirtilen kategoriler arasında yer alan “Yeni Yapılar” kategorisi altında bina türünün kullanım amaçlarına göre (ofis, ticari bina, eğitim binası,

endüstriyel, sağlık, hapishane, mahkeme) kategori ağırlıkları değişmektedir. Aşağıda bu tiplerden üçüne göre yapılan bir puanlama tablosu gösterilmiştir:

Tablo 4: BREEAM kategorilerinden bazılarının puanları

Kriter	Ofisler		Ticari Binalar		Eğitim Binaları	
	Puan	Yüzde	Puan	Yüzde	Puan	Yüzde
Yönetim	10	8,70%	10	7,58%	21	13,55%
Sağlık	13	11,30%	16	12,12%	18	11,61%
Enerji	24	20,87%	28	21,21%	36	23,23%
Taşıma	10	8,70%	13	9,85%	14	9,03%
Su	6	5,22%	11	8,33%	8	5,16%
Malzeme	13	11,30%	13	9,85%	15	9,68%
Atık	7	6,09%	8	6,06%	9	5,81%
Arazi Kullanımı	10	8,70%	10	7,58%	12	7,74%
Kirlilik	12	10,43%	13	9,85%	12	7,74%
Yenilik	10	8,70%	10	7,58%	10	6,45%

Kaynak: “Oluşturulmakta Olan Türk Yeşil Bina Değerlendirme Sisteminin Malzeme Kategorisi için BREEM ve LEED Örneklerinin İncelenmesi” isimli tez çalışmasından alınmıştır [80].

Bir yapı için puanlama yapılırken ilk olarak yapı kategorisi belirlenir. Bu kategorideki kriter katsayıları doğrultusunda puanlama yapılacak tablo seçilir ve kriterler tek tek değerlendirmeye alınır. Bu kapsamda

kullanılan puanlama formları [Ek-1](#)'de sunulmaktadır. BREEAM sertifikası almak için atılması gereken adımlar şu şekilde özetlenmiştir:

Tablo 5: BREEAM Sertifika süreci

1. Adım:	Öncelikle hangi standardın projeye uygun olduğu kararı verilir. Projeye yönelik hazırlanan evraklar ile BRE'ye (Bina Araştırma Kuruluşu, Building Research Establishment) başvuru yapılır.
2. Adım:	Başvurudan sonra yapının hangi kategoriye girdiğine karar verilir ve o kategori özelinde yapılacak faaliyetler kesinleştirilir. Bu kapsamda çalışmalara başlanır ve yapı inşaatı tamamlanır.
3. Adım:	İnşaat tamamlandıktan sonra BREEAM değerlendirme uzmanları projeye ait bilgi ve belgeleri inceleyerek sistem uygunluğunu kontrol eder.
4. Adım:	Kriterler doğrultusunda puanlama yapılır ve yapının BREEAM sertifika seviyesi belirlenir. Karar evrakları kontrol için BRE'ye gönderilir.
5. Adım:	Puanlama uygun bulunursa bina sertifikalandırılır.

Kaynak: “Ölçütlere Dayalı Değerlendirme ve Sertifika Metotlarından LEED ve BREEAM'in Türkiye Uygulamalarına Yönelik İrdeleme ve Öneriler” isimli tez çalışmasından türetilmiştir [85].

Bu sistemde diğerlerinden farklı olarak yatırımcı firmanın, BREEAM denetçisi bir firma ya da şahıs ile anlaşması gerekmektedir. Bu denetçiler BRE tarafından eğitilmiş ve yetkilendirilmiş kişi veya kurumlardır. Binanın son değerlendirmesi bu denetçiler tarafından yapılmakta ve aşağıdaki puan tablosuna göre sertifika derecesi belirlenmektedir. Buna ek olarak talep edilmesi halinde, farklı aşamaları kapsayan tasarım (Interim Design) sertifikası ve final (Post Construction) sertifikası olmak üzere iki adet sertifika verilebilmektedir.

Tablo 6: BREEAM puanlama tablosu

Sınıflandırma	Puan (%)	Logo
BREEAM Pass	>=30	★
BREEAM Good	>=45	★★
BREEAM Very Good	>=55	★★★
BREEAM Excellent	>=70	★★★★
BREEAM Outstanding	>=85	★★★★★

Kaynak: https://tools.breeam.com/filelibrary/BREEAM_Brochure.pdf internet sitesinden alınmıştır [86].

Sertifika geçerlilik süresi 3 yıl olarak planlanmış olup bu süre tamamlandıktan sonra tekrar sertifikasyon sistemine başvurularak sertifika güncellenmek durumundadır [83].

4.1.1.2. LEED Sertifikası

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design-Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik Programı) sertifika programı 1998 yılında Amerikan Yeşil Bina Konseyi tarafından geliştirilmiş olup yalnızca Amerika'da değil dünya çapında da en çok kullanılan sertifikalardan biridir. İlk olarak yeni yapılar için geliştirilen LEED sisteminin zamanla tüm yapı fonksiyonlarına uygulanabilecek şekilde farklı versiyonları da geliştirilmiştir. Şu an kullanılan en güncel versiyon LEED v4'tür. Öncesinde 2009 versiyonu kullanılan sistem, 2013 yılının sonunda v4 versiyonunun çıkarılması ile birlikte gelişen teknoloji ve beklentilere uyumlu bir şekilde güncellenmiştir. Bu nedenle önceki versiyon ile arasında epey farklılık bulunmaktadır.

LEED v4'ün önceki versiyonlardan farklı olarak; iklim değişikliği gibi çevresel konularla daha çok ilgilendiği, enerji ve su kullanımında optimize sistemler geliştirdiği, yeni gelişen teknolojiye uyumlu bir şekilde gelişme kaydettiği görülmektedir. Yeni sürümde, LEED'in verildiği kategorilerde de değişikliğe gidilmiş ve listeye oteller, mevcut okul binaları, depolar ve orta yükseklikteki binalar eklenmiştir. Sertifika sistemine başvuru işlemlerini daha basit hale getirmek için LEED çevrimiçi platformunu daha kullanışlı hale getirmiştir [87; 88].

LEED'in uygulanmasının temelinde performansa bağlı bir sonuca ulaşmak esas alındığından, bölgesel farklılıklar ve değişen coğrafi koşullar doğrultusunda, kriterlerde ve puanlamalarda da değişiklikler yapılmıştır.

LEED'in yapı türlerine göre değişen türevleri aşağıdaki gibidir:

Şekil 25: LEED kategorileri



Kaynak: www.usgbc.com internet sitesinden türetilmiştir [113].

Yukarıda sayılan kategoriler kendi içlerinde alt kategorilere ayrılmakta ve her alt kategori için ayrı ayrı hazırlanmış yönergeler bulunmaktadır.

En yüksek puanı alan yapılara verilen LEED–Platin Sertifikası Türkiye’de en çok büyük ofisler, şirket merkez binaları ve üretim alanları gibi ticari amaçlı kullanılan yapılara verilmiştir. Bu özellikteki yapılar “LEED Building Design + Construction (LEED BD+C)” ismindeki yeni yapıların inşası kategorisinde değerlendirilmektedir. Bu nedenle çalışmanın devamında LEED’in bu kategorisinin özellikleri üzerinden bilgi verilmiştir. Bu kategorinin alt kategorileri ise yandaki tabloda gösterilmiştir.

LEED sertifika sisteminde, değerlendirme ölçeği detaylıca çalışılmış ana kriterler mevcuttur. Bu ana kriterlerin her biri kendi alt kriterlerinden oluşmakta ve puanlama yapılırken bu alt kriterlerin her birinin tek tek puanlanması sonucu ana kriter puanı belirlenmektedir. Her LEED kategorisinde, ana kriterlerin puan ağırlıkları farklı bir şekilde değerlendirilmiştir. Bu kapsamda kullanılan puanlama formları Ek-2’de sunulmaktadır.

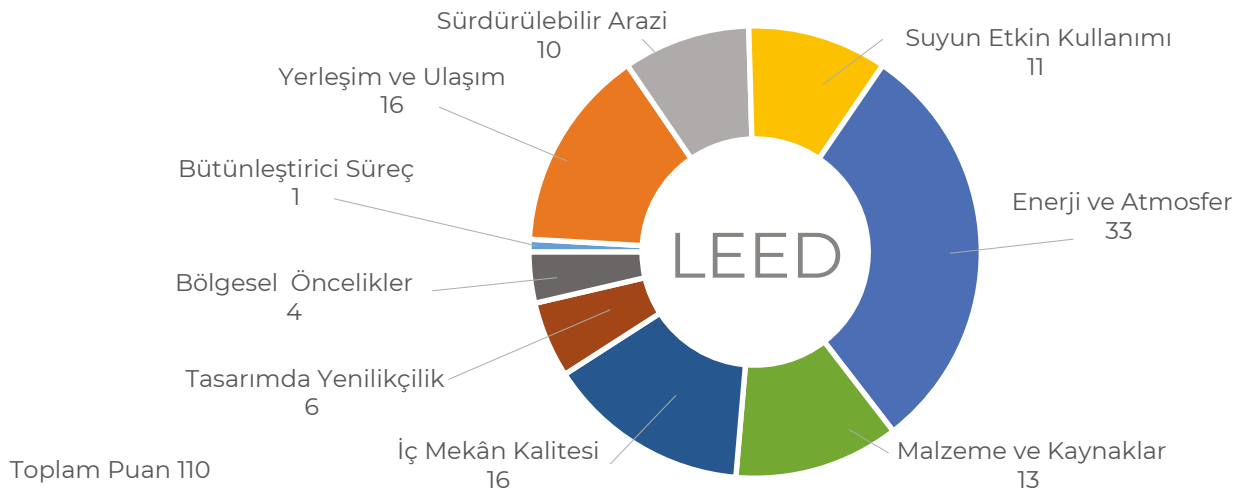
LEED kategorileri, yapının yapım aşaması veya tadilatı gibi farklı zaman aralıkları, yapının farklı bölümleri veya yapının kullanım türü bakımından değişmesi nedeniyle alt kriterlerde dikkat edilen noktalar da benzer şekilde değişkenlik göstermektedir. Yeni yapıların inşası kategorisinde kriterlerin belirlenen toplam puanları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir:

Şekil 26: LEED BD+C alt kategorileri LEED BD+C alt kategorileri

BD+C: New Construction	Yeni yapılan ticari ve kurumsal yapılar için kullanılmaktadır.
BD+C: Core and Shell	Yapının yalnızca cephesi, mekanik, elektrik ve sıhhi tesisat alanları için.
BD+C: Schools	Okullar için.
BD+C: Retail	Ticari amaçlı kullanılan yapılar için.
BD+C: Data	Veri depolama ve işleme için kullanılan bilgi işlem merkezleri için.
BD+C: Warehouses and Distribution	Depolama ve dağıtım alanları için.
BD+C: Hospitality	Konaklama hizmeti sunan işletmeler için.
BD+C: Healthcare	Sağlık kuruluşları için.

Kaynak: www.usgbc.com internet sitesinden türetilmiştir [113].

Şekil 27: LEED “Yeni Yapılar” kategorisindeki kriterlerin puan dağılımı



Kaynak: LEED v4.1 Building Design and Construction Guide’tan türetilmiştir [92].

Değerlendirme süreci, projenin Amerikan Yeşil Binalar Konseyi'ne (USGBC) kaydettirilmesiyle başlamaktadır. Daha sonra tasarım ve inşaat aşamalarında hazırlanan belgeler toplanıp USGBC'ye gönderilmekte ve ön değerlendirilme yapılmaktadır. Eksik belge

olması halinde tamamlanmakta ve final değerlendirilmesi yapılarak sertifika puanı belirlenmektedir [83]. Sertifikanın geçerlilik süresi konusunda herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır [93]. Sürece yönelik hazırlanan detaylı tablo aşağıdaki gibidir:

Tablo 7: LEED Sertifika süreci

1. Adım:	Bir LEED sertifikası değerlendirmesi kapsamında öncelikle; yapının kullanım türü, sertifikanın yeni bina mı yoksa renovasyon geçiren bir bina için mi talep edildiği, binanın çekirdek ve kabuğu da dâhil olmak üzere tüm sistemini içerecek şekilde mi yoksa yalnızca iç mekân kalitesine yönelik bir değerlendirme olacağı gibi sorulara cevap aranır. Bu cevaplar ışığında LEED kategorisi belirlenir.
2. Adım:	LEED sistemi çevrimiçi olarak yönetilir. Öncelikle sisteme kayıt olunur. Kayıt formları ve binaya yönelik belgeler sisteme yüklenir.
3. Adım:	Sertifika için başvuruda bulunulur. İnceleme süreci için beklenir. Yapının kategorisi, türü ve büyüklüğü gibi sebepler nedeniyle inceleme süreci değişebilmektedir.
4. Adım:	Projede sunulan özellikler doğrultusunda her kriter ayrı ayrı puanlanır ve bu puanlar toplanarak bina notu verilir.
5. Adım:	Toplam puanın denk geldiği sertifika türü üzerinden bina sertifikalandırılır.

Kaynak: "LEED ve BREEAM Uluslararası Yeşil Bina Değerlendirme Sistemlerinin Değerlendirilmesi" isimli çalışmadan türetilmiştir [90].

Yapının almış olduğu puana göre verilecek sertifikalar aşağıdaki gibidir:

Tablo 8: LEED Sertifika Sınıflandırılması



Sertifikalı	Gümüş	Altın	Platin
40-49	50-59	60-79	80 ve üstü

Kaynak: <https://ekolojist.net/leed-sertifikasi-nedir/> internet sitesinden alınmıştır [91].

LEED sertifikasına, bina tasarım ve inşaat sürecinin herhangi bir aşamasında başvurulabilir. Ancak yüksek seviyede bir sertifika alınması talep ediliyorsa, daha fazla yeşil bina kriterlerinin sağlanabilmesi için projenin erken safhalarında başvuru yapılması gerekmektedir. Başvuru yapılmadan önce hangi derecede sertifika talep edildiği, istenen bu seviyenin yatırımcının hedefleri ile ne kadar paralellik gösterdiği, binanın yapılacağı arazinin ve bölgenin LEED kriterleri açısından ön koşulları sağlayıp sağlamadığı araştırılması gereken konulardır. LEED sertifikası için ideal çalışma planlaması şu şekilde olmalıdır:

- İhtiyaçların belirlenmesi ve konsept oluşturulması: Yatırımcının talepleri doğrultusunda ihtiyaçlar belirlenir ve gerekli ön koşullar sağlanır.

- **Avan projenin hazırlanması:** Bir önceki aşamada belirlenmiş olan tasarım kararlarının araştırma ve analiz çalışmalarına başlanır. Taslak modellemeler ve sürdürülebilir malzeme kullanım hesapları bu aşamada yapılır.
- **Kesin projenin alınması:** Avan proje sürecinde alınan kararlar ve taslak çalışmalar bu süreçte sonlandırılmalıdır. Bu nedenle Enerji Modellemesi ve Gün Işığı Modellemesi kesin raporları tamamlanır, kullanılacak malzemeler kararlaştırılır ve proje üzerine entegrasyonu sağlanır.
- **İnşaat uygulama projelerinin onaylanması ve ihale süreçleri:** Tasarıma yönelik alınan tüm kararlar bu süreçte tamamlanır ve kontrol amaçlı çevrimiçi LEED sistemine yüklenir. GBCI tarafından kontrol edilerek gelen düzeltmeler proje üzerinde gerçekleştirilir. Revizyonlar sonrası kesin proje tamamlanmış olur. Akabinde ihale formları hazırlanır.
- **İnşaatın tamamlanması:** Kesin proje üzerinden inşaat süreci tamamlanır ve ilgili raporlamalar yapılarak çevrimiçi LEED sistemine yüklenir.
- **Sertifika alımı:** Sistem üzerindeki evraklar kontrol edilerek binanın puanlaması yapılır ve ilgili sertifika yatırımcıya teslim edilir [94].

Yapılan bir çalışmada, LEED sertifikası alınmak istenen bir binanın yapım maliyetinin, altın derecesi hedefleniyorsa %7,43 oranında, platin derecesi hedefleniyor ise %9,43 oranında arttığı hesaplanmıştır. Ancak bu binaların kullanımı sırasında yapılan yıllık enerji ve su tasarrufu, altın sertifikası almış olanlarda %31, platin sertifikalı olanlarda ise %40 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir [88].

4.1.1.3. DGNB Sertifikası

DGNB (Deutsche Gesellschaft Für Nachhaltiges Bauen), Almanya'da Alman Sürdürülebilir Binalar Konseyi ile birlikte Ulaşım, İnşaat ve Kentsel İlişkiler Birleşmiş Bakanlığı tarafından 2008 yılında oluşturulmuştur. Sistem kurulurken LEED ve BREEAM sistemleri esas alınarak tasarım yapılmıştır. Aşağıdaki şekilde sertifika kategorileri gösterilmektedir:

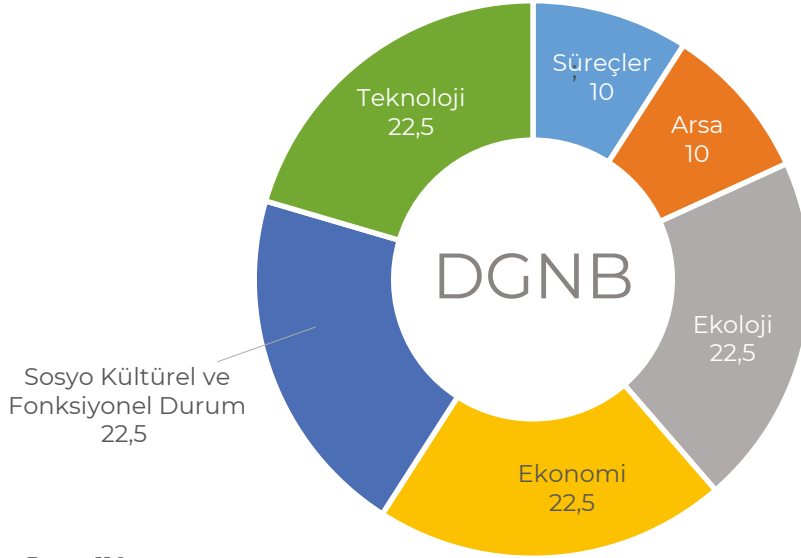
Şekil 28: DGNB Kategorileri

Yeni Ofis ve Yönetim Yapıları	Ofis ve Yönetim Yapılarının Onarımı
Ofis ve Yönetim Yapılarının Modernizasyonu	Yeni Konut Yapıları
Yeni Eğitim Yapıları	Yeni Oteller
Mevcut Ofis ve Yönetim Yapıları	Yeni Alışveriş Merkezleri
Yeni Endüstri Yapıları	Kent Bölgeleri

Kaynak: "BREEAM, LEED ve DGNB Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinin Standart Bir Konutta Karşılaştırılması" isimli çalışmadan alınmıştır [83].

Bu sertifika sistemi, diğer sistemlere kıyasla değerlendirme sürecinde daha az kriter kullanmaktadır. Aşağıdaki tablodan görülebileceği üzere, belirlenmiş olan kriterlerin ağırlıkları neredeyse aynıdır. Alt kriterlere yönelik detaylar [Ek-3](#)'te verilmiştir.

Şekil 29: DGNB “Yeni Yapılar” kategorisindeki kriterlerin puan dağılımı



Kaynak: BREEAM, LEED ve DGNB Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinin Standart Bir Konutta Karşılaştırılması" isimli çalışmadan türetilmiştir [83].

Değerlendirme sürecinde ise diğer sistemlere benzer şekilde projeye yönelik bilgiler çevrimiçi ortama aktararak süreç yürütülür. Burada önemli olan nokta

her proje için bir DGNB denetçisinin olması şartıdır. Aşağıda değerlendirme sürecine yönelik tablo sunulmaktadır:

Tablo 9: DGNB Sertifika Süreci

1. Adım	DGNB veya DGNB denetçisi ile bağlantıya geçilir. Projenin özellikleri sunularak uygunluğu kontrol ettirilir.
2. Adım	Uygunluğu kabul edilen proje için DGNB ve DGNB denetçisi ile sözleşme imzalanır. Daha sonra projenin çevrimiçi kaydı yapılır.
3. Adım	Sistem içerisinde çeşitli şablonlar bulunmaktadır. Bunlardan herhangi birine proje uyumlandırılabilir veya geliştirilen yeni bir sistem kullanılabilir. Başvuru yapılan ülke için geliştirilmiş bir sistem varsa mevcut düzene dayalı yeni bir plan geliştirilir, yoksa ülkeye özgü gereksinimler kapsamında gereklilikler araştırılır ve DGNB teknik komitesi tarafından onaylanır.
4. Adım	Proje tamamlandıktan sonra DGNB denetçisi tarafından şartların uyumluluk kontrolü yapılır. Kriterler doğrultusunda puanlama yapılır.
5. Adım	Proje kabul edilerek sertifika verilir.

Kaynak: "Yeşil Bina Sertifika Sistemleri: Türkiye İçin Bir Sistem Önerisi" isimli çalışmadan alıntılanmıştır [95].

DGNB sisteminin diğer sistemlerden en büyük farkı bir proje için iki sertifika hazırlanmasıdır. İlk sertifika, yapının tasarım aşamasında verilirken asıl sertifika

yapının inşaatı tamamlandıktan sonra verilmektedir. Bu sertifikanın geçerlilik süresinde herhangi bir sınırlama yoktur [83].

Tablo 10: DGNB Sertifika Sınıflandırılması

				
Toplam Puan	80% ve üzeri	65% ve üzeri	50% ve üzeri	35% ve üzeri
Minimum Puan	65%	50%	35%	-

*Bu sertifika yalnızca mevcut yapıların değerlendirilmesinde kullanılır.

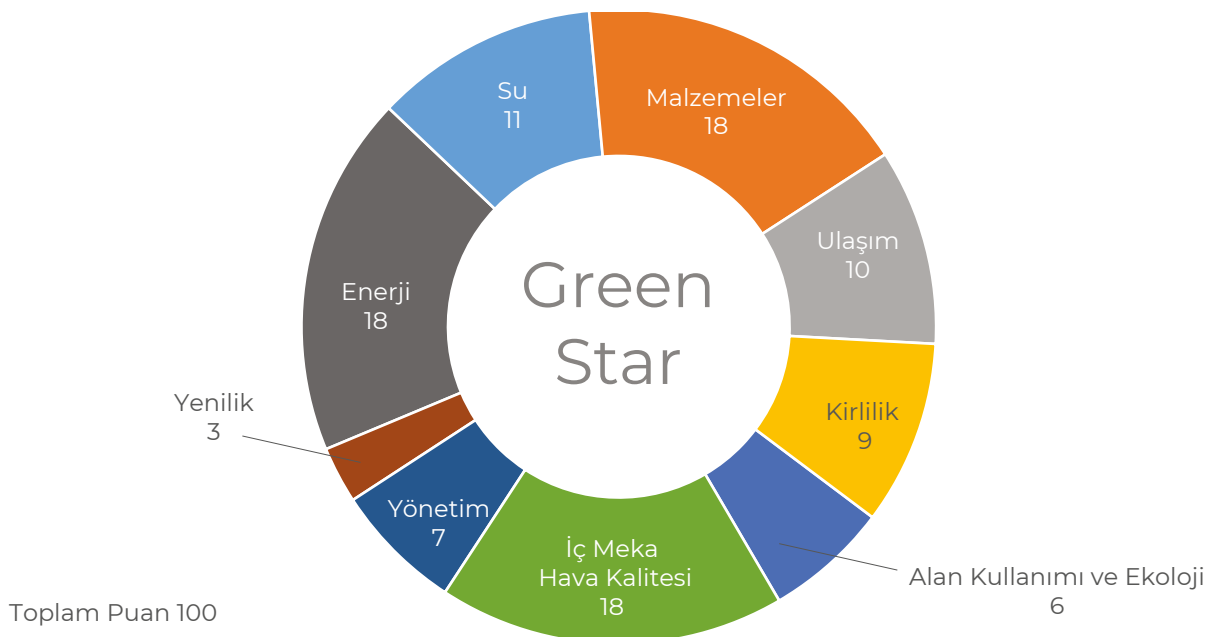
Kaynak: <https://www.dgnb-system.de/en/certification/benefits/> internet sitesinden alınarak Türkçe'ye çevrilmiştir [96].

4.1.1.4. Green Star Sertifikası

Avustralya'da sürdürülebilir inşaat sektörünü geliştirmek ve yeşil bina uygulamalarını yürütmek amacıyla kurulan Avustralya Yeşil Bina Konseyi (Green Building Council Australia-GBCA) tarafından 2003 yılında Green Star sertifika sistemi oluşturulmuştur.

Değerlendirme aşamasında neredeyse her tür yapı için ayrı kategori belirlenmiş olup çok fazla kategori yer almaktadır. Bu nedenle çok fazla detaya girilmeden puanlama kriterleri sunulmaktadır:

Şekil 30: Green Star "Yeni Yapılar" kategorisindeki kriterlerin puan dağılımı



Kaynak: "Dünya Geneline Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri" isimli çalışmadan türetilmiştir [82].

Değerlendirmeye alınan yapının her kriter için topladığı puanlar, bölgesel ve iklimsel farklılıklar gözönüne alınarak belirlenip ağırlık katsayıları ile çarpılmaktadır. Bu

yöntem Avustralya gibi farklı iklim bölgelerine sahip bir ülkede iklim şartlarının eşit ve gerçekçi bir şekilde değerlendirilebilmesini sağlamaktadır [82].

Tablo 11: Green Star Sertifika süreci

1. Adım:	GBCA internet sitesi üzerinden kayıt yapılır.
2. Adım:	Proje yönelik tasarım ve yapım süreçlerine yönelik tüm evraklar sisteme yüklenir.
3. Adım:	Belgeler tamamlandınca GBCA'ya sunulmak üzere sistem onaylanır.
4. Adım:	Değerlendirme süreci, sürdürülebilir gelişim uzmanlarından oluşan bağımsız bir panel tarafından incelenir ve puanlama yapılır.
5. Adım:	Yapılan tüm puanlamalar toplanır ve puanlamaya denk gelen sertifika verilir.

Kaynak: "Yeşil Bina Sertifika Sistemleri: Türkiye İçin Bir Sistem Önerisi" isimli çalışmadan alıntılanmıştır [95].

Green Star sertifika sisteminde, biri tasarımın yapılması, diğeri yapı tamamlandıktan sonra verilmek üzere 2 tür sertifika bulunmaktadır. Tasarım aşaması için alınan sertifika, binanın tasarımının iyi bir derece elde etme yolunda ilerlediğini gösteren ön sertifikayı temsil eden isteğe bağlı bir değerlendirmedir. Yapı tamamlandıktan sonra yapılan değerlendirme sonucu alınan sertifika, yapının asıl sertifikası olup istisnai durumlar dışında yenileme gerektirmemektedir [97].

Green Star sertifikası en az % 45 başarı sağlayan; 4 yıldızlı, 5 yıldızlı veya 6 yıldızlı sertifika alabilmiş projelere verilmekte ve Green Star veri tabanına eklenmektedir [95].

Tablo 12: Green Star Sertifika sınıflandırması

Sistem Düzeyleri	Puan (%)	Logo
4 yıldızlı	45-59 (En iyi uygulama)	
5 yıldızlı	60-74 (Avustralya'daki mükemmellik)	
6 yıldızlı	75 ve üzeri (Evrensel Liderlik)	

Kaynak: "Yeşil Bina Sertifika Sistemleri: Türkiye İçin Bir Sistem Önerisi" ve <https://new.gbca.org.au/rate/rating-system/buildings/> internet sayfasından türetilmiştir [95; 97].

4.1.1.5. EDGE Sertifikası

EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies- Yüksek Verimlilik İçin Tasarımda Mükemmellik), Dünya Bankası Grubu üyesi olan IFC (Uluslararası Finans Kurumu) tarafından ortaya çıkarılmış gönüllü bir yeşil bina sertifika sistemidir. Oluşturulduğu günden bu yana 130'dan fazla ülkede geçerli olan sistem 2018 yılı itibarıyla Türkiye'de uygulanmaya başlanmıştır [98].

Bu sistem, proje tasarımlarının yerel ölçütler doğrultusunda yapılmasını sağlayacak bir yöntem sunmaktadır. Konut, ofis, hastane, otel, okul ve perakende binaları (süpermarketler, AVM'ler, depolar, hafif sanayi vb.) gibi yapı tiplerinde kullanılabilen ve yalnızca yeni inşa edilen yapılarda kullanılmamakta, mevcut yapılar üzerinde de uygulanabilmektedir.

EDGE için ücretsiz ve çevrimiçi olarak kullanılabilen bir yazılım geliştirilmiştir. Edgebuildings.com'dan

erişilebilen EDGE yazılımı, yerele özgü maliyet ve iklim verilerini kullanarak projeye özgü sonuçlar verilmektedir. Geliştirilen bu yazılım sayesinde kullanıcılar sadece bina verimliliğine yönelik bilgilere değil yatırım bedeli ve geri dönüş süresi gibi verilere de ulaşabilmektedir. Bu özelliğiyle sayesinde EDGE yazılımı, yeşil bina tasarlama aracı olarak kullanılırken aynı zamanda yatırım hesaplama aracı olarak da kullanılabilir [99].

Sertifikanın verilebilmesi için aranan kriterler arasında enerji tüketimi, su kullanımı ve yapıda kullanılan malzemelerdeki gömülü enerjinin her birinde asgari %20'lik verimlilik aranmaktadır. Bu verimlilik oranını karşılayabilen projeler EDGE Yeşil Bina Sertifikası almaya hak kazanmaktadır. Bu nedenle diğer sertifika sistemleri gibi puanlama tabloları bulunmamaktadır. Sertifika alım sürecine yönelik hazırlanan tablo aşağıda sunulmaktadır:

Tablo 13: EDGE Sertifika süreci

1. Adım:	Proje detaylarının EDGE yazılımına girişi yapılır. Tasarım belgeleri sisteme yüklenir.
2. Adım:	Enerji, su ve malzeme verimliliği konularının her birinde %20'lik verimlilik kriteri karşılanıyorsa sertifika veren kurumla (IFC'nin küresel ortakları GBCI ve SGS-thinkstep) anlaşılır ve projeye bir EDGE denetçisi atanır.
3. Adım:	Proje tasarımına ve uygulamasına yönelik bilgi ve belgeler sisteme yüklenir. Bu süreçte EDGE denetçisi tarafından yapı kontrol edilir.
4. Adım:	Tasarım aşaması sonrası tasarım sertifikası verilerek binanın bu tasarıma göre tamamlanması halinde yeşil bina sertifikası alacağı gösterilir.
5. Adım:	İnşaat tamamlandıktan sonra verimlilik kriterleri kontrol edilir ve EDGE sertifikası verilir.

Kaynak: EDGE Sertifikası Tanıtım Broşüründen türetilmiştir [100].

EDGE sertifikasını alabilmek için gerekli olan tüm bu işlemler sadece birkaç hafta sürmekte ve bina inşaatı yeni yapılıyorsa tamamlanması beklenmeden

EDGE sertifikalı olarak tanıtılabilmektedir. EDGE ile ilgili tanıtım ve teknik eğitimler IFC ile anlaşmalı olarak ÇEDBİK tarafından sağlanmaktadır [98].

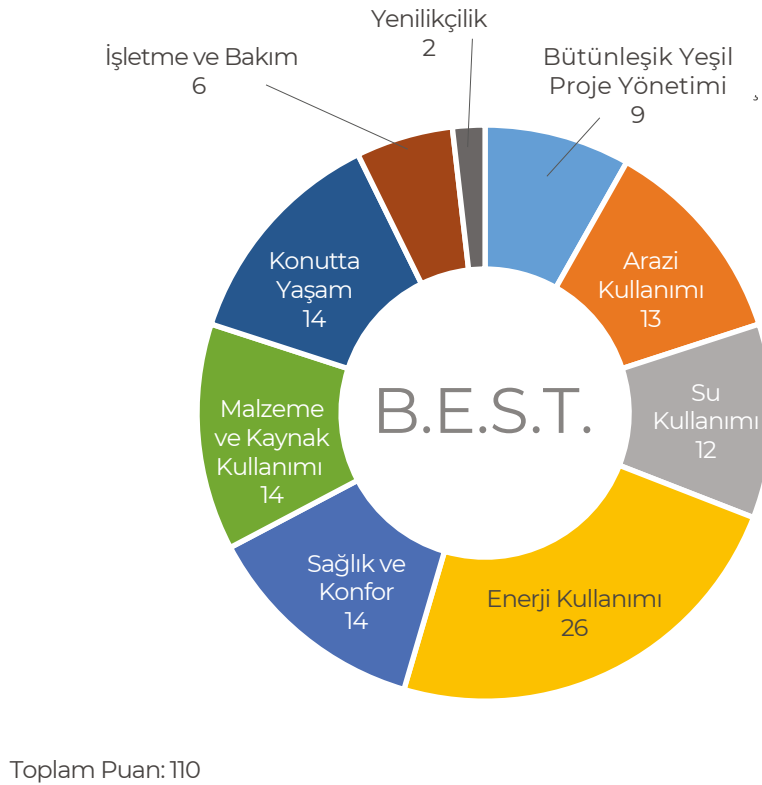
4.1.1.6. Türkiye'deki Sertifika Sisteminde Son Durum: B.E.S.T. Sertifikası

Sertifika sistemlerin ilk çıkışından bu yana geçen süreçte, sistemlerin mantık kurgusunun giderek birbirine benzemeye başladığı gözlenmektedir. Sistemleri çıkaran ülkeler onun direktiflerini uygularken, herhangi bir sertifika sistemine sahip olmayan ülkeler ise bu sistemleri baz alarak kendi sistemlerini oluşturmuş durumdadır. Ülkemizde bu kapsamda yapılan çalışmalara, 2007 yılı itibarıyla ÇEDBİK öncülük etmiştir. Bu sertifika sistemi, dernek üyelerinin ortak akli ve yönlendirmesiyle LEED, BREEAM, DGNB vb. uluslararası sertifika sistemleri örnek alınarak Türkiye

için Ulusal Yeşil Bina Sertifikası geliştirilmesine yönelik hazırlanmıştır [101]. Yalnızca konut kategorisinde geçerli olup yeni yapılan tekil aile konutlarından, toplam kullanım alanı 20.000 m² üzeri rezidans konutlara kadar giden geniş bir skala mevcuttur. 2021 yılının ilk çeyreğinde ofis ve ticari alan versiyonlarının da yayınlanması beklenmektedir.

BEST sertifikası kapsamında değerlendirilen ana kriterler aşağıda sunulmaktadır. Alt kriterlerin de bulunduğu detaylı değerlendirme tablosu ise [Ek-4](#)'te yer almaktadır.

Şekil 31: B.E.S.T. sertifikası kriterlerinin puan dağılımı



Kaynak: B.E.S.T – Konut Sertifika Kılavuzu'ndan türetilmiştir [101].

Projelere, talep edilmesi halinde tasarım aşamasında “Tasarım Uygunluk Yazısı” alma olanağı tanınmıştır. Projenin değerlendirme sürecine yönelik hazırlanan

tablo ve sertifika dereceleri aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir:

Tablo 14: B.E.S.T. Sertifika alım süreci

1. Adım:	Başvuru dosyası hazırlanarak iletilir. Ön inceleme proje sahibinin isteği doğrultusunda yapılır.
2. Adım:	Ön inceleme isteniyorsa; Ön inceleme istenmiyorsa; Başvuru dosyası “Değerlendiriciler”e iletilir ve ön sertifika için proje değerlendirilir. Uygun bulunması halinde tasarım uygun yazısı alınır. Direkt 3. adıma geçilir.
3. Adım:	Başvuru dosyası “Değerlendiriciler”e iletilir ve sertifika için proje değerlendirilir.
4. Adım:	1. Değerlendirme raporu hazırlanır. Projede veya dosyada herhangi bir eksiklik olması halinde bu aşamada tamamlanır.
5. Adım:	Eksikler tamamlandıktan sonra 2. Değerlendirme sürecine alınır ve yapılan değerlendirme sonucunda projenin puanı verilir. Puana denk gelen sertifika teslim edilir.

Kaynak: B.E.S.T – Konut Sertifika Kılavuzu'ndan türetilmiştir [10].

Tablo 15: BEST sertifikasında puan tablosu

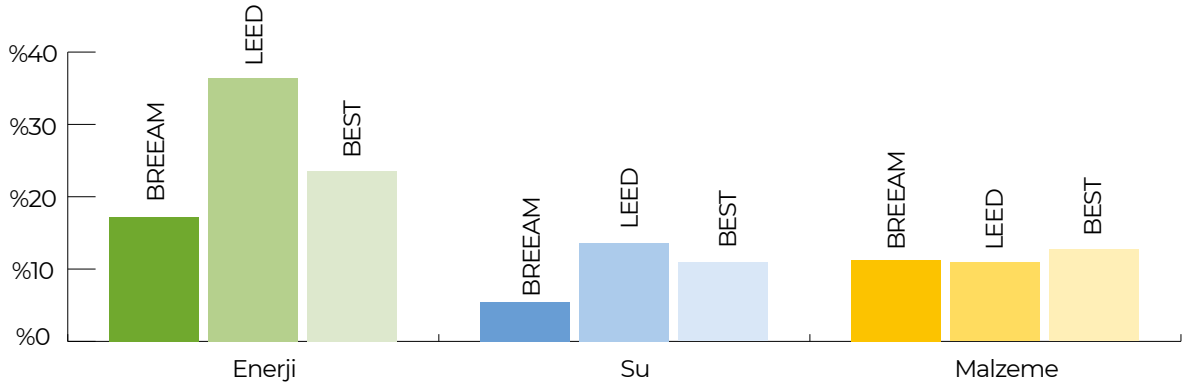
				
	ONAYLI	İyi	ÇOK İYİ	MÜKEMMEL
Toplam Puan	45-64	65 - 79	80 - 99	100 - 110
Derece	Onaylı	İyi	Çok İyi	Mükemmel

Kaynak: B.E.S.T – Konut Sertifika Kılavuzu'ndan türetilmiştir [10].

Dünyada en çok kullanılan iki sertifika sistemi olan BREEAM ve LEED sertifikaları B.E.S.T. ile kıyaslandığında, değerlendirme ana kriterlerinin sistemin ortaya çıktığı coğrafya ve ekonomik koşullara göre şekillendiği görülebilmektedir. “Türkiye’de Konut Yapılarında Kullanılmakta Olan Sertifika Sistemlerinin Kaynakların Korunumu Bağlamında İncelenmesi [102]” adlı çalışmada BREEAM International New

Construction 2016, LEED v4.1 Residential Single Family Homes 2018 ve B.E.S.T.–Konut Sertifika Kılavuzu 2019’daki bilgilerden yararlanılarak bir kriter kıyaslama çalışması yapılmıştır. Her sistemin değerlendirme kriterleri enerji, su ve malzeme kategorisinde tek tek değerlendirilmiş ve hangi kategorilere daha çok puan verildiğine ilişkin bir tablo ortaya çıkarılmıştır. Hazırlanan tablo aşağıda sunulmaktadır:

Şekil 32: Türkiye’de konutlar için kullanılan sertifika sistemlerinin değerlendirme ölçütleri içerisinde enerji, su ve malzeme kriterlerinin puanlama yüzdeleri



Kaynak: “Türkiye’de Konut Yapılarında Kullanılmakta Olan Sertifika Sistemlerinin Kaynakların Korunumu Bağlamında İncelenmesi” adlı çalışmadan alınmıştır [102].

Yukarıdaki tabloya göre enerji ve su konusunda LEED açık ara önde giderken onu BEST sistemi takip etmektedir. BEST ise malzeme konusunda diğer sistemlere göre daha hassas davranmaktadır.

Çalışmanın sonucunda, BREEAM’in karbon emisyonu ve düşük karbonlu tasarımı daha çok önemseydiği, BEST’in ise yenilenebilir enerji kaynakları konusunda benzer eğilimi gösterdiği ifade edilmektedir. Su kategorisinde, BEST’in değerlendirme sürecinde diğerlerinden farklı olarak yer altı suları ve atık sular gibi konulara da yer verdiği görülmektedir. Malzeme kategorisinde ise dayanıklılık ve çevre dostu ürünlerin kullanımı tüm sistemlerde ortak değerler olurken BEST bunlara geri dönüşüm konusunu da eklemektedir [102].

Dünyada en çok kullanılan LEED ve BREEAM sistemlerinin, diğer sistemler gibi ortaya çıktıkları ülkelerin iklim ve mevcut doğal kaynak şartlarını taşımaları nedeniyle, bu sertifikaların Türkiye’de uygulanması sırasında bazı sorunlar yaşanmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda listelenmiştir:

- ▶ İstenen bazı standartlar, Türkiye’deki mevcut yönetmelikler ile paralellik göstermemektedir.
- ▶ Bu sertifika sistemlerinde, binalarda kullanılması istenen bazı malzemelerin Türkiye’de mevcudiyeti bulunmamaktadır. Bu da sistemin şartlarını yerine getirirken problem yaratmaktadır.
- ▶ Sertifika sistemi standartları ve tüm başvuru evraklarının İngilizce olması nedeniyle bu sertifika türlerinin tercih edilmesi konusunda çekinceler olabilmektedir [9]. Bu nedenle BEST sistemine yönelimin giderek artacağı düşünülmektedir.

4.2. Dünya’da ve Türkiye’de Yeşil Bina Örnekleri

4.2.1. Dünya’da Yeşil Bina Örnekleri

4.2.1.1. Pixel (Melbourne, Avustralya)

Avustralya’nın Melbourne şehrinde yer alan Pixel Binası, “Geleceğin Ofisi” olarak adlandırılmakta; kendi enerjisini üreten, gelecekte bizi bekleyen karbon kısıtlı dünyaya uygun ve kendi suyunu toplayan ticari binalar için bu binanın bir prototip olduğu düşünülmektedir [103]. Pixel binası, yeşil bina olmasından daha çok, kelebeğe benzeyen cephesi ile şehre mimari açıdan verdiği görsel katkı nedeniyle dikkat çekmektedir.

Binanın görünürlüğünü arttıran en büyük özelliği, sıfır atık ilkesiyle geri dönüştürülebilir malzemelerden seçilerek üretilen renkli panellerdir ve bu sayede gün ışığı, gölge, görüş ve parlaklık kontrolü maksimum seviyeye çıkmaktadır [105].

Şekil 33: Pixel Binası



Kaynak: <https://www.pixelbuilding.com.au/greenicon.html> internet sitesinden alınmıştır [104].

Cephede kullanılan pikseli gölgeli perde cephe ve çift camlı pencereler, gün ışığının günün her dakikası anlık olarak ayarlanabilmesini ve doğal havalandırma imkânının yaratılmasını sağlamaktadır. Bununla yetinmeyip binanın çatısında bulunan güneş panelleri ve dikey eksenli rüzgâr türbinleri, binanın elektrik ihtiyacı için yeterli enerji üretmektedir [103].

Tasarım sırasında enerji verimliliğine kıyasla daha çok karbon dengesine yönelik çalışmalar yapılan binada, tüm sistemler tamamlandıktan sonra yapılan ölçümlerde karbon nötr ama enerji pozitif bir bina sonucu çıkmıştır. Aşağıda da kısaca bahsedilen özellikleri sayesinde Avustralya’nın sertifika sistemi olan Green Star sertifikasından 110 üzerinden 105 puan almış, LEED sertifika sisteminden de aynı şekilde 110 üzerinden 105 puan alarak o güne kadar yapılmış en yeşil binalardan biri olma unvanını kazanmıştır [108].

Şekil 34: Pixel binası cephesinin yakından görünüşü



Kaynak: <http://mimdap.org/2011/12/pixel-studio505/> internet sitesinden alınmıştır [106].

Binanın diğer özellikleri hakkında aşağıda bilgi verilmiştir:

- Bina'nın dış kaplamasında kullanılan malzemelerin geri dönüştürülebilir olması yapım aşamasında en çok enerji sarf edilen aşamadır. Böylece binanın kullanım ömrü dolduktan sonra dahi çevreye karşı duyarlı bir şekilde yıkılabilecektir.
- Çatıda bulunan rüzgâr türbinleri ve fotovoltaiik sistemler sayesinde bina kendi enerjisini üretebilir durumdadır. Hatta tuvaletlere bağlı çalışan bir anaerobik sistem kurularak küçük bir biyogaz tesisi oluşturulmuştur [107].
- Kuzey, güney ve batı yönlerindeki dış cephe kaplamasında low-e camlar kullanılarak ısı kontrolü sağlanmıştır.
- Sirkülasyon yapmayacak şekilde %100 temiz hava sağlanan bir sistem kurulmuştur. Katların zeminine yerleştirilen havalandırma kanalları ile dışarıdan gelen temiz hava soğutma veya ısıtma işlemi uygulanarak içeriye verilir. İçerideki atık hava ise hava toplayıcılar ile toplanarak dışarıya atılır.
- Kendi enerjisini karşılayacak şekilde tasarlanan yapıda aydınlatma, ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri minimum enerji harcayacak şekilde kurgulanmıştır. Örnek vermek gerekirse; tüm binanın havalandırma/ısıtma/soğutma işlemleri için yalnızca iki adet fan bulunmaktadır.

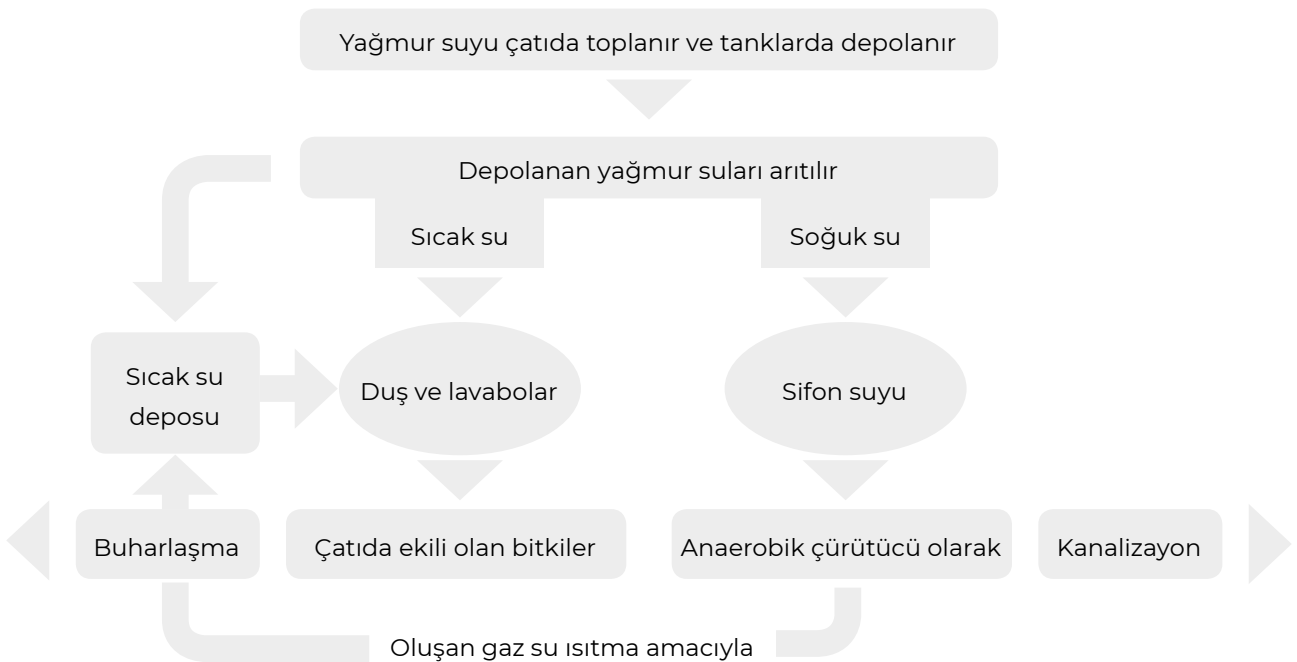
- Dış cephede bulunan gölgeleme sistemleri sayesinde binada oluşacak termal yük azalırken, ofis dışı alanlarda LED kullanımı ve ofis içerisinde bireysel ışık karartma sistemleri enerji tasarrufunda büyük rol oynamaktadır.
- Çatıda bulunan yağmur suyu toplayıcılar ile yağmur suyu gri su olarak bina içerisinde kullanılmaktadır. Depolanan suyun kullanım şekli aşağıdaki şekilde gösterilmiştir [108]:

Şekil 35: Pixel Binası içeriden görünüş



Kaynak: <http://mimdap.org/2011/12/pixel-studio505/> internet sitesinden alınmıştır [106].

Şekil 36: Yağmur suyunun kullanım alanları



Kaynak: The Pixel Building Case Study'den alıntılanmıştır [108].

4.2.1.2. CopenHill (Kopenhag, Danimarka)

Yeşil bina dendiğinde aklımıza daha çok konutlar, rezidanslar veya ticari alanlar gelmektedir. Ancak yeşil bina uygulamaları aynı zamanda bir enerji santralinde de uygulanabilmekte, hatta büyük ölçekli boyutundan dolayı yapı farklı amaçlar için de kullanılabilir. Bunun en güzel örneği, Danimarka'nın başkenti Kopenhag'ta bulunan Copenhill veya kendi dilleriyle Amager Bakke ismiyle inşa edilen enerji santralidir. Şehrin enerji ihtiyacını atıkların yakılması yoluyla karşılamak üzere yapılan tesisin üzerine kayak pisti, yürüyüş rotası ve tırmanma duvarı yapılarak şehrin içinde bulunan santral aynı zamanda bir sosyal alan haline getirilmiştir.

CopenHill, içinde bulunan kentsel rekreasyon merkezi ve çevre eğitim merkezi ile birlikte 41.000 metreka-relik bir atık enerji santralini şehrin ikonik bir mimari yapısı haline getirmiştir. Endüstriyel bir rıhtımda bulunan CopenHill, yılda 440.000 ton atığı temiz enerjiye dönüştürmektedir [110].

Atıklardan enerji üretmek için kurulan tesiste, her gün kamyonlar aracılığıyla tesise gelen atıklar dev kazanlarda yakılmaktadır. Kazanlarda oluşan yüksek derecedeki ısı, sıcak suya aktararak veya enerjiye dönüştürülerek şehir içerisine aktarılmaktadır. Kazanlarda geriye kalan küller, temizlendikten ve geri dönüştürüldükten sonra beton üretiminde agrega olarak kullanılmaktadır. Tüm bu süreçte kullanılan depolama alanlarının, ilk proseten son prosese kadar olan işlem sıralamasında boyut olarak giderek büyümesi nedeniyle, tesis boyutlandırılması kendiliğinden eğimli bir hal almıştır. Tamamen çelik yapıdan oluşan santralin çatısı, eğimli beton plaklardan oluşmaktadır. Plakalar altına ise tesisin iç sıcaklığını soğutmak ve acil bir durumda çıkabilecek yangınları söndürmek için su depoları yerleştirilmiştir [111].

10.000 m²'lik yeşil çatı, bir yandan oluşan ısıyı emerken bir yandan da hava parçacıklarını ortadan kaldırmakta ve yağmur suyu akışını en aza indirerek biyolojik olarak çeşitli bir arazi oluşmasını sağlamaktadır [111].

Şekil 37: Copenhill enerji santrali üstten görünüş



Kaynak: <https://www.gzt.com/> internet sitesinden alınmıştır [110].

Şekil 38: Santralin içeriden görünüşü



Kaynak: <https://www.archdaily.com> internet sitesinden alınmıştır [112].

Şekil 39: Santralin kayak pisti



Kaynak: <https://www.building.co.uk> internet sitesinden alınmıştır [111].

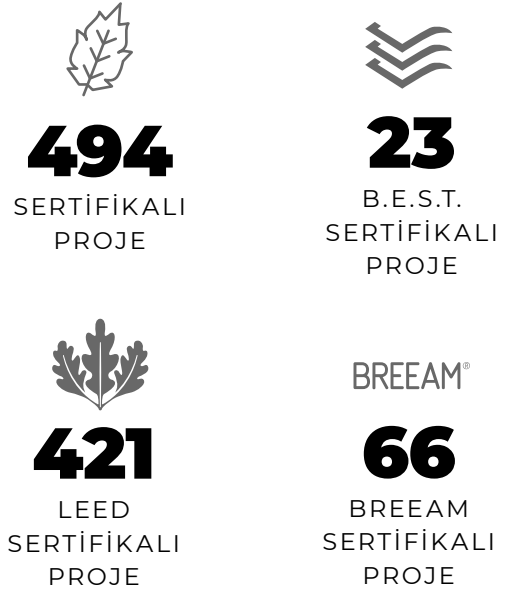
4.2.2. Türkiye’de Yeşil Bina Örnekleri

Ülke ekonomisinin büyümesi konut, altyapı ve enerji talebini de beraberinde getirmektedir. Elektrik ve doğalgaz gibi enerji kaynaklarının fiyatlarında yaşanan artışlar da verimliliğin önemini bir kez daha hatırlatmaktadır. Bu nedenle inşaat sektörünün yeşil bina uygulamalarına yönelmesi son dönemde hız kazanmıştır.

Türkiye’de B.E.S.T. sertifikasının yeni oluşturulmuş olması ve bilinirliğinin az olması nedeniyle yeşil bina sertifikası olarak pek tercih edilmemektedir. ÇEDBİK verilerine göre Türkiye’deki yeşil bina sertifika durumu yandaki gibidir.

Aşağıdaki haritada ise, Türkiye’de yeşil bina sertifikası durumunun şehirlere göre dağılımı görülmektedir. Burada yer alan sayılar, yalnızca sertifika alma sürecini tamamlayan projeleri değil bu konuda girişimleri olan projeleri de kapsamaktadır.

Şekil 40: Türkiye’deki sertifika sayıları, 2020



Kaynak: <https://cedbik.org/> internet sitesinden alınmıştır [114].

Şekil 41: Türkiye’de sertifikalı yapı sayıları

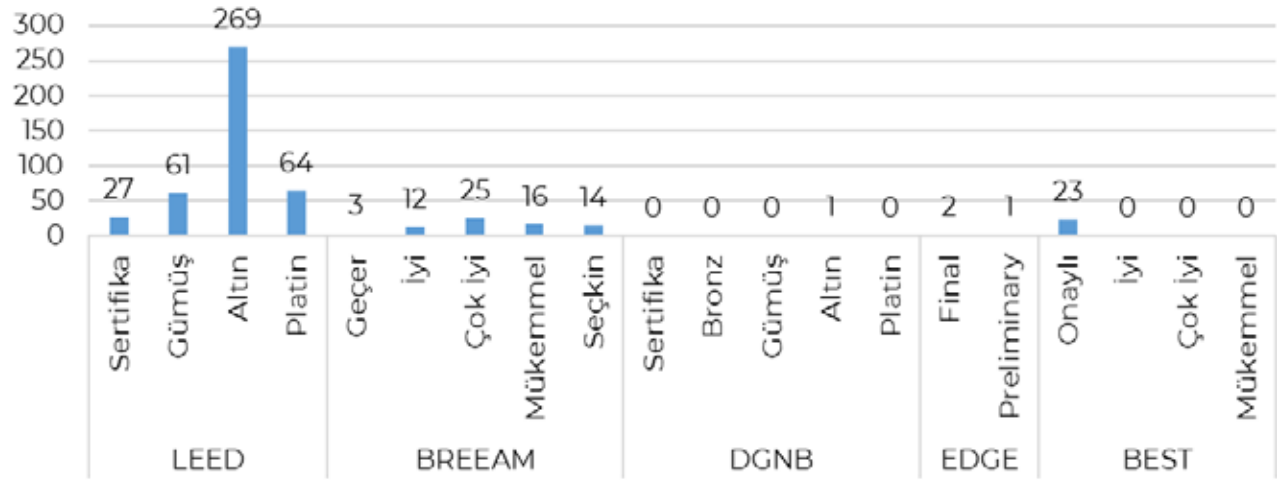


Kaynak: <http://www.gbigo.org/places/899/map> internet adresinden alınmıştır [139].

Şekil 40'dan görüleceği üzere, LEED ve BREEAM gibi uluslararası düzeyde kabul görmüş sertifika sistemleri en çok kullanılan sistemlerdir. BREEAM'ın Avrupa kökenli olması sebebiyle gerek coğrafi açıdan gerekse iklim açısından Türkiye şartlarına daha yakın olabileceği düşünülebilir. Ancak son yıllarda LEED sertifikası alımında artış yaşanmış ve birçok gayrimenkul geliştirme projesi LEED sertifikası alma çabasına girmiştir. Özellikle LEED sertifikalı ticari yapı sayısında artış yaşanmaktadır [116].

LEED sertifika sisteminde kaynaklara erişiminin BREEAM'e göre daha kolay olması, standartlarının daha belirgin olması nedeniyle prosedürlerin takibinin daha kolay olması [115; 116], kredi gereksinimleri için daha fazla seçenek sunuyor olması ve belgeleme sisteminin BREEAM'e göre daha kolay olması gibi avantajları vardır [116]. Alınan sertifikaların derecelerine göre hazırlanmış olan tablo aşağıda görülebilmektedir:

Şekil 42: Türkiye'de sertifika alan projelerin dereceleri



Kaynak: www.cedebik.org.tr internet sitesinden alınan verilerle hazırlanmıştır.

Son yıllarda, İzmir'de yeşil bina konusuna gösterilen ilgi gittikçe artmaya başlamış ve hem konut projelerinde hem de ticari yapılarda alınan sertifika

sayılarında artış yaşanmıştır. 2021 Ocak ayı itibarıyla sertifika alan proje sayısı 22 olmuştur. Tüm projelere yönelik hazırlanan liste aşağıda sunulmuştur:

Tablo 16: İzmir'de yeşil bina sertifikası alan projelerin listesi

Proje Adı	Firma	İlçe	Tarih	Sertifika
İzmir Hilltown Karşıyaka AVM	Rönesans Holding	Karşıyaka	19.05.2020	LEED CS Gold - 60
Mistral Towers Rezidans	Mistral Yapı Gayrimenkul A.Ş.	Bornova	7.08.2019	LEED NC Gold - 67
Turkcell İzmir Datacenter	Turkcell Gayrimenkul Hizmetleri A.Ş.	Bornova	9.01.2019	LEED NC Gold - 70

Proje Adı	Firma	İlçe	Tarih	Sertifika
Mistral Towers Ofisleri	Mistral Yapı Gayrimenkul A.Ş.	Bornova	11.09.2018	LEED CS Gold - 71
Allianz İzmir Operasyon Merkezi	Allianz Türkiye	Gaziemir	26.04.2018	LEED NC Gold - 68
İzmir Ticaret Odası Binası	İzmir Ticaret Odası	Konak	17.04.2018	LEED NC Gold - 70
Park Yaşam Ataşehir A Blok	İZKA İnşaat	Çiğli	10.02.2018	LEED NC Gold - 61
Park Yaşam Ataşehir A Blok	İZKA İnşaat	Çiğli	10.02.2018	LEED NC Gold - 62
Garanti BBVA Karşıyaka Ofisi	Garanti BBVA	Karşıyaka	16.11.2017	LEED NC Gold - 75
Optimum AVM	Rönesans Holding	Gaziemir	1.03.2017	BREEAM Outstanding - %86.6
Hilton Garden Inn İzmir Bayraklı	Özgün Turizm	Bayraklı	17.01.2017	LEED NC Gold - 67
Soyak Siesta Oxygen A11B6	Soyak Yapı A.Ş.	Karşıyaka	25.08.2016	LEED NC Silver - 52
Soyak Siesta Oxygen C1	Soyak Yapı A.Ş.	Karşıyaka	25.08.2016	LEED NC Silver - 52
Soyak Siesta Oxygen A121314B7	Soyak Yapı A.Ş.	Karşıyaka	25.08.2016	LEED NC Silver - 53
Mavişehir Eğitim Kurumu	İZKA İnşaat	Karşıyaka	18.07.2016	LEED Sch 44
Fuat RES Enerji Kontrol Binası	Fuatres Elektrik Üretim A.Ş.	Kemalpaşa	15.07.2016	LEED NC Gold - 67
Soyak Siesta Blue	Soyak Yapı A.Ş.	Karşıyaka	17.02.2016	LEED NC Silver - 53
İzmir Adnan Menderes Havalimanı	TAV Havalimanları	Gaziemir	24.12.2015	LEED NC Silver - 56
EVER Ramada Encore Hotel	EVER Grup	Güzelbahçe	18.08.2015	LEED NC Silver - 53
Soyak Mavişehir Optimus Gold	Soyak Yapı A.Ş.	Karşıyaka	30.03.2015	LEED NC Gold - 63
Soyak Mavişehir Optimus First	Soyak Yapı A.Ş.	Karşıyaka	26.02.2015	LEED NC Gold - 64
Alaçatı Macrocenter Market	Migros Ticaret A.Ş.	Alaçatı	15.04.2013	LEED EB Gold - 65

Kaynak: <https://cedbik.org> internet sitesinden alınan verilerle hazırlanmıştır.

4.2.2.1. Afyon Ticaret Odası Binası

BREEAM In-Use sertifikasına sahip Afyon Ticaret Odası Binası (ATSO), bu sertifikayı alabilmek için gerekli olan 9 sürdürülebilirlik kategorisinde değerlendirilmiş ve kamudaki ilk BREEAM Outstanding Sertifikalı yeşil bina olmuştur*.

Enerji Verimliliği: Yeşil bina sertifikası almak için yapılan ilk çalışma, binanın elektrik ihtiyacının tümünün karşılanabileceği ve bina çatısında yer alan bir GES olmuştur. Isıtma enerjisinin sağlanabilmesi için ise jeotermal enerjiden karşılanacak şekilde bir sistem kurulmuştur. Bu verimlilik çalışmaları sonucunda sera gazı emisyon değeri 0 kg eşd. CO₂/m².yıl olarak belirlenerek ATSO'nun almış olduğu enerji kimlik belgesi "A" sınıfı çıkmıştır.

Bina yapımı sırasında soğutma ve havalandırma sistemlerinde yüksek enerji verimliliğine sahip cihazlar seçilmiş ve uygulanan işletme ve bakım politikası ile enerji tüketiminde büyük ölçüde tasarruf edilmesi planlanmıştır.

Su Verimliliği: Su tüketiminde lavabo bataryaları sensörlü bataryalarla, duş başlıkları ise daha düşük akış oranına sahip olanlarla değiştirilmiş; rezervuar ve pisuarlarda gerekli ayarlamalar yapılarak su tüketim oranları azaltılmıştır. Bununla birlikte bahçe sulaması için yağmur suyu toplama sistemi kurulmuştur. Bina dışında sert peyzaj alanlarında geçirimli yüzey kaplamaları kullanılarak yüzeysel su akışı azaltılmıştır.

Malzeme: Binanın işletilmesi için bina kabuğu, elektrik ve mekanik sistemlere ait pro-aktif bakım politikası uygulanmakta olup iklim değişikliği için adaptasyon prosedürleri hazırlanmıştır. Aynı zamanda bina bakım ve yenileme süreçleri için çevresel etkileri daha az olan ürünlerin satın alınmasına yönelik bir politika

hazırlanmıştır. Bina malzemeleri kolay temizlenebilir ve uzun ömürlü Afyon mermerlerinden seçilmiştir.

İç Mekân Kalitesi ve Kullanıcı Konforu: Doğal afetlere karşı önlem alınması amacıyla İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Raporu hazırlanarak acil durum eylem planı yapılmıştır. Binada iç ortam gürültü, termal konfor ve iç aydınlatma ölçümleri yapılmış; ihtiyaç olan yerler için aydınlatma stratejisi hazırlanarak ışık kirliliği önlenmeye çalışılmıştır. CO₂ sensörleri eklenerek seviyenin sürekli kontrol edilebilmesi sağlanmıştır. Sıfır atık politikası gereği, geri dönüştürülebilir atıkların ayrıştırılarak depolanması için özel atık alanları oluşturulmuş ve aylık olarak takibi yapılmaktadır.

Sosyal Donatı: Engelli bireyler için bina giriş-çıkışları ve yürüme parkurları eklenmiş, lavabo ve asansörler kullanıma uygun hale getirilmiştir.

Bina çevresine uygun yerel ağaç ve bitkiler projeye dâhil edilerek mevcut peyzaj alanı artırılmış ve bu doğrultuda biyoçeşitlilik aksiyon ve bakım planı hazırlanmıştır.

Bisiklet park alanları yeniden düzenlenerek üstü fotovoltaik panellerle kaplanmıştır. Buna ek olarak önümüzdeki 10 yıl içinde artması öngörülen elektrikli araçlar için ihtiyaç duyulan Elektrikli Araç Şarj İstasyonu kurulmuştur.

Son olarak, bina yönetiminde ISO 4001 Çevre Yönetim Sistemi sertifikası doğrultusunda çevresel etkilerin azaltılmasında etkin enerji ve su tüketimi, atık geri dönüşümü ve sürdürülebilirlik hedeflerini kapsayan çevre yönetim sistemi uygulaması BREEAM In-Use çalışmaları kapsamında başlatılmıştır.

*Bu binanın özelliklerini aktarabilmek için Afyon Ticaret Odası Yönetim Kurulu Başkanı Hüsnü Serteser tarafından Yeşil Bina Dergisi'ne hazırlanan makaleden yararlanılmıştır [117].

4.2.2.2. Kartal Dr. Lutfi Kırdar Şehir Hastanesi

İstanbul Kartal'da yer alan ve Türkiye'nin en büyük hastanelerinden biri olan "Kartal Dr. Lutfi Kırdar Şehir Hastanesi", 2020 yılında LEED Gold sertifikası almaya hak kazanmıştır. Buna ek olarak proje EDGE sertifikası da alarak Türkiye'nin ilk, dünyanın ise en büyük EDGE Yeşil Bina sertifikalı hastanesi olmuştur [118].

Şekil 43: Kartal Dr. Lutfi Kırdar Şehir Hastanesi



Kaynak: <http://www.yesilbinadergisi.com/> internet sitesinden alınmıştır [118].

İstanbul Proje Koordinasyon Birimi (İPKB) tarafından, İstanbul Sismik Riskin Azaltılması Projesi (İSMEP) kapsamında deprem güvenliği düşünülerek yıkılıp yeniden yapılan hastanede, enerji, su ve yapı malzemeleri alanlarında verimlilik esaslı sistemler kullanılmıştır.

Hastane, EDGE referans binasına göre, enerji kategorisinde %32, su kategorisinde %21, yapı malzemeleri kategorisinde ise %26 daha verimli olarak hizmet verebilme özelliğine sahiptir [119].

Konsept proje aşamasından itibaren sürdürülebilirlik kriterleri göz önünde bulundurularak tasarlanan ve inşa edilen hastane, toplu taşıma imkânlarına ve sosyal donatılara oldukça yakın bir konumda yer almaktadır. İnşaat öncesinde ve sırasında yapılan uygulamalar;

- İnşaat süreci boyunca çevreye ve doğaya verilen zararı en aza indirebilmek için "Erozyon ve Sedimentasyon" planı hazırlanmıştır.

- Toz oluşumu ile su ve inşaat kirliliğini önlemek için gerekli önlemler alınmıştır.
- Bina içinde su tüketimi düşük ve verimli armatürler kullanılmıştır.
- Enerji verimliliği yüksek mekanik-elektrik sistemler tercih edilmiştir.
- Binada uygulanan cephe katmanlaşması ve uygun cam seçimi ile uluslararası standartlara göre %42 enerji tasarrufu sağlanmıştır.
- Kullanım sıcak suyunun bir bölümü güneş kolektörlerinden karşılanacak şekilde tasarım yapılmıştır. Tüm sistemlerin enerji tüketimlerinin takip edilmesi için gerekli altyapı ve otomasyon izleme sistemi kurulmuştur.
- İç mekânda kullanıcı sağlığı ve konforunu arttırmak için verilen taze hava miktarı uluslararası standartların üzerinde tutulmuş; iç mekânda VOC değeri düşük ürünler (boya, yapıştırıcı, macun vb.) kimyasallar kullanılmıştır.
- Cephe tasarımı ile gün ışığından en yüksek verimde yararlanılmaktadır [120].
- Uygulanan trijenerasyon sistemi ile bina elektrik, ısıtma/soğutma enerjisini kendi kendine üretmektedir. Bu sayede, ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyacının karşılanmasında işletme maliyetleri yüksek oranda düşürülmüştür.
- Su verimliliği sağlayan peyzaj sulama sistemleri uygulanmıştır.
- Yapılan uygulamalar neticesinde EDGE değerlendirmesi sonucuna göre yıllık 2.000 ton CO₂ salımı azaltılmıştır [121].

Yalnızca enerji verimliliği konusunda çalışmalar yapılmakla kalmayıp depreme yönelik 855 adet yeni sismik izolatör teknolojisinin de kullanıldığı bir yapı olmuştur. Yapının temellerine yerleştirilen ileri teknoloji ürünü ekipmanlarla depremlerin neden olduğu kuvvetli yer hareketlerinin yapılar üzerine getirdiği ek yüklerin etkilerini sınırlandıran sismik izolatör teknolojisi ile hastanenin depreme karşı dayanımı artırılarak kesintisiz hizmet vermesi amaçlanmıştır [122].

4.2.2.3. İzmir Ticaret Odası Binası

İzmir’de yeşil bina uygulamaları ile enerji, su ve malzeme verimliliği ile atık oluşumunun minimize edilmesi, ekosistem ve biyolojik çeşitliliğin korunması çevresel faydalar kapsamında amaçlanmaktadır. Bu amaçları hedefleyerek yapılmış İzmir Ticaret Odası Binası, 2018 yılında LEED (Yeni bina-New construction) kategorisi altında 70/110 puan ile Gold sertifikası almaya hak kazanmıştır.

Bina yapım sürecinde dikkate alınan yeşil bina özellikleri aşağıdaki başlıklarda kısaca incelenmiştir:

Şekil 44: İzmir Ticaret Odası Binası



Kaynak: www.izto.org.tr internet sitesinden alınmıştır [136].

Enerji ve Atmosfer: İzmir Ticaret Odası bina cephesi kurgusunda farklı mevsim koşullarında kullanıcı konforunu ve enerji verimliliğini sağlayan akıllı bina otomasyon sistemi kurulmuştur. Çatı hizasında konumlanan büyük saçaklar ile özellikle yaz aylarında önemli bir gölgeleme sağlanmaktadır. Güneş hareketlerine göre değişen kontrollü konfor camları, cephenin gölgelenme çizgilerine göre dağıtılarak cephe

tasarımı yapılmıştır. Buna ek olarak, cam cephelerin önünde oluşturulan güneş kırıcılar ile dik gelen güneş ışınları kontrol edilebilmektedir. Enerji sistemlerinin ölçme planları ile binanın enerji ve su tüketimi takip edilmekte ve binanın kullanım alanının %75’i gün ışığından faydalanabilmektedir. Tüm bu çalışmalar ile %55 oranında enerji tasarrufu sağlanmaktadır [123].

Bütünleşik Süreç Yönetimi: İlk olarak bu sürece başlanmış olup mimari, elektrik, mekanik, akustik, yeşil bina danışmanlığı gibi disiplinler arası çalışmalar planlanmış ve projenin performans ve maliyet analizleri yapılmıştır.

Malzeme ve Kaynaklar: Eski binanın yıkımında ortaya çıkan 37.500 m³ moloz ve atık, %95 oranda ayrıştırılarak geri dönüştürülmüştür. Termal kontrol sistemleri ve bina otomasyon sistemleri kurularak akıllı bina olarak tasarlanan binada, bina iç malzemesi olarak yöresel, doğal malzeme, sertifikalı ahşap ve geri dönüştürülmüş malzemeler kullanılmıştır. Cam, kâğıt, plastik ve metal geri dönüşüm sistemleri kurulmuştur.

İç Mekân Kalitesi: Bina çevresinde sigara içmek yasaklanmış, iç hava kalitesinin artırılması için zehirli gaz içermeyen boya ve yapıştırıcıların kullanılması yanında taze hava sisteminde belli standartlar yakalanmıştır.

Su Verimliliği: Bina çevreye duyarlı yenilikçi atık su teknoloji sistemleri ile donatılmıştır. Geri dönüştürülebilir malzeme, su ve enerji tasarrufu sağlayan çevre dostu ürünler, susuz pisuar ve düşük debili armatürler, 2.5/4 l ile yıkama yapabilen gömme rezervuar ve klozetler ile %45 oranda su tasarrufu sağlanmıştır.

Tasarımda İnovasyon: Bu kapsamda çevreye ve insana zarar vermeyen malzemeler kullanılmış ve aydınlatmada tüm elemanlar LED olup civa içermeyen ampuller tercih edilmiştir [124].

4.2.2.4. Allianz İzmir Operasyon Merkezi

Allianz sigorta firmasına ait operasyon merkez binası için Gaziemir Sarnıç'ta ki 20 dönüm parsel seçilmiştir. Bu bölge boyutları, Adnan Menderes Havalimanı'na yakınlığı ve ulaşım ağlarına erişim kolaylığı nedeniyle en uygun konum olarak belirlenmiştir.

Yeşil bina sertifikası alabilmek için uygulanan sürdürülebilir stratejiler ve verimlilik uygulamaları aşağıdaki şekilde listelenmiştir:

Sürdürülebilir Arazi ve Lokasyon: Seçilen arazi nedeniyle merkez çalışanları yürüme mesafesinde bulunan toplu taşıma imkânlarından yararlanabilmekte ve sosyal donatılara ulaşabilmektedir. Toplu taşıma kullanımını arttırmak ve bireysel araç kullanımından kaynaklı emisyon artışını engellemek için otopark alanlarında düşük emisyonlu araçlara öncelikli park yerleri düzenlenmiştir.

Bina arazisinde ve çatılarda açık renkli kaplama tipleri tercih edilmiş böylelikle ısı adası etkisinin azaltılması hedeflenmiştir.

Su Verimliliği: Az su tüketen verimli bataryalar ve rezervuarlar kullanılarak %45'in üzerinde su tasarrufu sağlanmıştır. Peyzaj uygulamasında su tüketimi daha az olan bitkiler tercih edilmiş ve verimli sulama sistemleri kullanılmıştır. Aynı zamanda merkez dışında bitki alanlarının yoğun olarak yer alması ve uygulanan sert zeminlerde su geçirgenliği olan malzemelerin kullanılması su tasarrufunda büyük rol oynamıştır.

Enerji Verimliliği: Binadaki enerji harcayan tüm sistemler, LEED tarafından belirlenmiş olan uluslararası devreye alma ve test prosedürlerine uygun olarak seçilmiş, böylece hedeflenen performans ve konfor seviyesi sağlanarak gereksiz maliyetlerin önüne geçilmiştir.

Verimli aydınlatma armatürleri, ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri kullanılmıştır.

Projede seçilen verimli aydınlatma armatürleriyle metrekare başına düşen aydınlatma gücü standartlara (ASHRAE 90.1-2007) göre %20'nin üzerinde azaltılmıştır.

Allianz İzmir Operasyon Merkezi kompleksinin yıllık enerji tüketim miktarının % 1'inden fazlasını karşılayacak güçte fotovoltaik panel uygulaması yapılmıştır.

Bina içinde gün ışığından optimum düzeyde faydalanılması için uygun tasarımlar yapılmıştır.

Malzeme ve Kaynaklar: Binanın inşaatı sırasında çıkan atıkların büyük bir kısmı geri dönüşüme ve/veya geri kullanıma gönderilerek atık sahasına giden miktarlar %75'e yakın oranda azaltılmıştır.

Proje kapsamında malzeme tercihi yapılırken geri dönüştürülmüş içerikli ve yerel olmasına dikkat edilmiştir.

İç Mekân Kalitesi ve Kullanıcı Konforu: İç mekânlarda kullanılan yapı kimyasallarının (boya, astar, yapıştırıcı, macun vs.) içeriğindeki VOC (uçucu organik zararlı bileşik) oranları ve bina içerisine verilen taze hava oranları uluslararası limitlere uygun seçilmiştir [126].

Şekil 45: Allianz İzmir Operasyon Merkezi Binası



Kaynak: <http://www.arkiv.com.tr> internet sitesinden alınmıştır [125].

4.2.3. Dönüşüm İçin Yapılabilecekler

Değişen iklim koşulları nedeniyle, günümüzde sıkça sıcaklıkların mevsim normallerinin üzerine çıktığı görülmekte ve bu durum binaların aşırı ısınmasına sebep olmaktadır. Bu şartlar altında binalarda soğutma sistemlerinin daha fazla çalıştırılması ve su tüketiminin daha fazla yapılması, enerji ve su tüketimini arttırmaktadır.

Güneş ışınları, yeşil alanların aksine bina malzemeleri ve yollar tarafından daha fazla emilmektedir ve bu durum da ortamın sıcaklık değerlerini yükseltmektedir. Gündüz saatlerinde emilen ısı, geceleri ortama yayılmaya başlamakta ve böylelikle sıcaklık farkı oluşmaktadır. Bu farkın yarattığı etkiye de “ısı adası etkisi” denmektedir [131]. Şehirleşme ihtiyacı ile betonarme yapıların sayısının artması ve yeşil alanların giderek azalması sonucu, hava sıcaklıklarında yaşanan bu değişim de ısı adası etkisi oluşmasına sebep olmaktadır. Betonarme binaların yaymış olduğu karbon gazı ve diğer kimyasal içerikli malzemelerden havaya karışan zararlı gazlar, iklim değişikliklerinin yaşanmasına sebep olmakta ve değişen hava koşulları bize yeniden enerji tüketimi olarak geri dönmektedir. Bu döngünün kırılabilmesi için ise, başta enerji verimliliğinin sağlanması olmak üzere yapılması gerekenler önem arz etmektedir.

Bu nedenle, binaların yeşil dönüşüm olarak tabir edilen verimlilik esaslı prensipler doğrultusunda çalışması giderek önem kazanmaktadır. Yeni yapılacak olan yapılarda tasarımın ve inşaatların bu farkındalık doğrultusunda yapılması, standart binaların neden olduğu çevresel etkileri bir nebze olsun azaltacaktır. Özellikle kamu yapılarında bu hususlara dikkat edilmesi, hem kamusal yapıların büyük ve sayı olarak fazla olması hem de diğer türdeki binalara örnek olmaları nedeniyle, dönüşümün başlaması için önem arz etmektedir.

Binalarda en fazla enerji tüketen alt sistemler, iklimlendirme ve aydınlatma sistemleridir. Bu nedenle sürdürülebilir bir bina tasarımında iklimlendirme ve aydınlatma sistemlerinde doğal kaynaklardan maksimum yararlanmak amaçlanmalıdır. Bina tasarımında binanın yönlendirilmesi, bina biçimi, malzeme seçimi

gibi faktörler göz önüne alınarak ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma konularında doğal kaynaklardan mümkün olduğunca fazla yararlanılarak, enerji tüketen sistemlerden sağlanan enerji yükü azaltılabilmektedir.

Yeşil bina uygulamalarının hayata geçirilmesi için sıfırdan bina inşa etmek zorunlu değildir. Mevcut binalarda yerinde durum tespiti yapılması ve bina olanaklarının araştırılması sonucunda, binanın bulunduğu yerin mevsim koşulları ve kullanım amacına göre yapılabilecekler belirlenebilir. Bu bilinç doğrultusunda hareket etmek, sıfırdan bina inşa etmek kadar verimlilik sağlamasa da birkaç küçük değişiklikle tatmin edici oranlarda verimlilik sağlayabilecektir.

Türkiye’de herhangi bir yeşil bina sertifikası almayı amaçlayan yapıların yapımı sırasında dikkat edilen hususlar incelenerek kategorilere ayrılmış ve bu bölümün devamında bu uygulamalara yer verilmiştir. Dönüşümün sağlanabilmesi için gerekli teknikler, uygulama ve maliyet açısından kolaydan zora doğru sıralanmaya çalışılmıştır. Liste hazırlanırken, Türkiye şartlarında uygulanabilecek olan tekniklerin seçilmesine gayret gösterilmiş ve mevcut binalarda da kolaylıkla uygulanabilecek ölçekte yer verilmiştir.

4.2.3.1. Enerji Tasarrufuna Yönelik Yapılabilecek Uygulamalar

Tasarruf Uygulamaları

- Bina içinde enerji modellemesi yapılarak sıcak ve soğuk havanın yönleri tayin edilebilir ve buna göre yapılacaklar belirlenebilir.
- ASHRAE standartları doğrultusunda enerji tüketimindeki verimliliği iyileştirmeye yönelik yol haritası çıkarılabilir. Bu doğrultuda yapılan maliyet analiziyle uygun görülen yatırımlar yapılabilir [89].
- Enerji verimliliği sağlayan HVAC sistemleri tercih edilebilir.
- Yapı içerisinde kullanılan elektronik cihazlar için ‘Energystar’ belge şartı aranabilir [114; 85].
- Üretim tesislerinde ısı geri kazanımlı soğutucular sayesinde soğutma esnasında ortaya çıkan atık ısı ile sıcak su elde edilerek enerji tasarrufu sağlanabilir [89].

Yenilenebilir Enerji Kaynakları

- Binanın güney cephesine veya çatı üzerine yerleştirilen fotovoltaik güneş panelleri sayesinde elektrik enerjisi ihtiyacı karşılanabilir. Isıtma, soğutma gibi alanlarda enerji tasarrufu sağlanabilir. Bu sistemin kullanılması halinde CO₂ salımı da engellenmiş olacaktır.
- Çatıya güneş kolektörleri yerleştirilerek güneş enerjisi ile sıcak su elde edilebilir [89].

Yalıtım

- Binanın enerji kaybının en çok olduğu alanlardan biri olan çatıda verimlilik esaslı bir uygulama yapılması, enerji korunumu açısından temeldir. Bu kapsamda çatıda sandviç panel arasına izolasyon malzeme konulması bu alanda yaşanacak enerji kaybını minimuma indirecektir.
- Yalıtım sağlayan cephe uygulamaları kullanılabilir. Bu şekilde ısı korunumu sağlanması için gerekli standartları karşılayacak şekilde ve enerji kaybı miktarına göre kalınlık hesabı yapılarak cephelerde yalıtım uygulamaları yapılabilir. Pencere için ısı kontrolü sağlayan triple-glazed, yarı reflekte gibi camlar kullanılabilir [85].

Tasarım

- Dış cephe camları güneş kırıcı özellikli (low-e) ve renkli camlardan seçilebilir.
- Binanın enerji kaybının en çok olduğu alanlardan biri olan çatı elemanında binanın ısıtma ve soğutma sistemlerinin daha az enerji tüketerek çalışabilmesi için çatı alanı kaplamasında, ısıyı emme oranı düşük olan beyaz renk tercih edilebilir. Buna alternatif olarak, bitkilerin yalıtım gücünden yararlanarak yeşil çatı uygulaması yapılabilir.
- Binanın bulunduğu iklim verilerine göre binanın yönü ve cephe açıklıklarına karar verilebilir. Böylece güneş ışığından en fazla yarar sağlanabilir. Binanın gölge alma durumu da araştırılarak konumlanmasında bu faktör de göz önünde bulundurulursa soğutma yükü düşürülmüş olur.

- Camlardan gelen güneş ışığından daha fazla faydalanmak için ışık rafları, gün ışığı bacası veya ışıklıklardan yararlanılabilir. Güneş ışığının istenmeyen etkilerini yönetebilmek için güneş kırıcılar tasarıma dâhil edilebilir.
- Büyük ölçekli binaların mimarı tasarımı yapılırken avlu yapılması düşünülebilir. Bu şekilde hem sosyal bir donatı sağlanmış olacak hem de avlu üzerine güneş kırıcı yerleştirilerek yazın soğutma enerjisinden tasarruf edilebilecektir [116].
- Verimlilik esaslarının uygulanacağı alan bir üretim tesisi ise ve üretim esnasında yüksek sıcaklıklar kullanılıyorsa, üretimde ortaya çıkan ısı enerjisinin tesisin ısıtılması esnasında kullanılabilmesi için gerekli uygulamalar yapılabilir.
- Benzer şekilde üretim esnasında ısı ve elektrik enerjisi gereksinimi kojenerasyon sistemlerinin kurulması ile sağlanabilir [17].

Otomasyon

- Üretim tesisinde veya ticari alanlarda işletme büyüklüğüne bakılmaksızın yapılabilecek en basit uygulama mekanik ve elektrik otomasyon sistemleri uygulanarak tüketim miktarlarını takip etmektir. Bu sayede tüketim verileri kontrol edilebilir ve kullanım miktarlarını en aza indirmek için gerekli çalışmalar yapılabilir.
- Kullanıcı konforunu artırırken aynı zamanda enerji tasarrufu da sağlayan otomasyon sistemlerinden faydalanılabilir. Böylece ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemleri kendi yönetim sistemleri doğrultusunda çalışabilir.
- Tüketime yoğun olduğu binalarda enerji modellemesi ve simülasyonu yapılarak enerji kayıplarının nerede olduğu tespit edilebilir. İstanbul Levent'te yer alan ve LEED sertifikasına sahip olan Tekfen OZ Levent Ofis binasında yeşil bina sertifikası uygulamaları arasında modelleme çalışması yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda binada enerji verimliliğinin, ASHRAE standartlarında olan başka bir binaya oranla %34 arttığı hesaplanmıştır [137].

4.2.3.2. Su Tasarrufuna Yönelik Yapılabilecek Uygulamalar

Tasarruf Uygulamaları

- Binanın kullanım amacı ne olursa olsun, düşük metrekareli bir konutta bile su tasarrufuna yönelik yapılabilecek ilk uygulama düşük debili armatürlerin, sensörlü bataryaların, çift butonlu rezervuarların ve susuz pisuarların tercih edilmesidir. Bu değişikliklerin uygulandığı Philips Türkiye Merkez Ofisi'nde, EPA (Environmental Protection Agency) standartlarına göre %40'a varan su tasarrufu sağlanmıştır [135].
- Banyo, lavabo, mutfak ve rezervuarlarda ısı ve debi ayarlı armatürlerin kullanılması halinde su tasarrufu oranı yıllık %67 civarında olabilmektedir [129].
- Gri su olarak tanımlanan, yapının ıslak hacimlerinde kullanılan suyun basit bir arıtma sisteminden geçirilmesi sonrası kullanılması veya yağmur sularının biriktirilerek kullanılması su tüketim miktarını azaltabilmektedir. Bu şekilde toplanan sular arıtılma derecesine göre içme suyu, sulama suyu veya çeşitli amaçlar için kullanma suyu olarak değerlendirilebilmektedir. Bu yöntem, atıkları kanalizasyona taşıyacak su miktarının da azaltılmasını sağlamaktadır. Tuvaletlerde mümkünse yağmur sularının veya gri suların kullanımı gereklidir.

Gri Su Kullanımı

- Bina içerisinde su kullanım oranını düşüren en önemli faktör, gri suyun toplanarak kullanımının sağlanmasıdır. Yağmur suyunun toplanarak depolanması veya bina içerisinde lavabo ve duşlarda kullanılan suyun arıtılması sonrası gri su olarak kullanımı mümkündür.
- Yağmur suyunun toplanması için deponun kurulmasının düşünülebileceği ilk alan çatı alanıdır. Çatının böyle bir uygunluğu yok ise bina dışında depolama alanı kurulabilir. Kurulan yağmur suyu depolama sistemi ile toplanan yağmur suyu klozetlerde ve bahçe sulamasında kullanılabilir. Bahçe sulaması yapılırken damla sulama sistemi kurulabilir.

- Yağmur suyunun depolanması imkânı bulunmuyorsa, bina içerisinde lavabo ve duşlarda kullanılan su bir ön arıtma sisteminden geçirilerek rezervuarlarda kullanılabilir.

Peyzaj

- Peyzaj alanı büyük olan yapılarda sulama nedeniyle su tüketimi fazla olmaktadır. Bu nedenle su verimliliği uygulamalarına başlanacak ilk noktalardan birisi de peyzaj alanlarıdır. Burada yapılacak küçük değişiklikler bile su tasarrufuna önemli ölçüde katkı sağlayacaktır. Ekimi yapılacak bitkilerin çok su tüketmeyen bitkiler arasından seçilmesi önemlidir.
- Sulama amaçlı suyun yağmur suyundan ve gri sudan karşılanması su tasarrufunda önemli ölçüde rol oynayacaktır.
- Çevre düzeninde kullanılacak kaplama malzemeleri, yağmur sularının yer altı suyuna akışını engellemeyecek şekilde delikli taşlar gibi geçirimli malzemelerden seçilmelidir.
- Bahçe sulamasında temiz su kullanılmak durumundaysa sprinkler sulama sistemi yerine ondan daha az su kullanan damlama sulama sistemi tercih edilebilir.

4.2.3.3. Aydınlatma Uygulamaları

Tasarruf Uygulamaları

- Aydınlatma konusunda verimlilik esaslı yapılabilecek en basit ve en az maliyetli uygulama, aydınlatma elemanlarının değiştirilmesi olacaktır. Bu kapsamda iç aydınlatma için enerji verimli aydınlatma armatürleri ve lambaların seçilmesi ilk adım olabilir. Eski tip ampüller LED olanlar ile değiştirilebilir. Philips Türkiye Merkez Ofisi'nde yapılan verimlilik çalışmalarında uluslararası standartlar çerçevesinde (ASHRAE-IESNA) enerji etkin ampul ve armatürler seçilmesi ile %30 oranında tasarruf sağlandığı görülmüştür [135].
- Mahallerdeki ihtiyaçlara göre aydınlatma yoğunluğu düşük ürünler kullanılabilir.

- Bina dışındaki aydınlatma armatürleri düşük enerji tüketimli olanlardan kullanılabilir ve ışık kirliliği önlenerek şekilde seçim yapılabilir. Gün ışığına bağlı otomasyon sistemi kurularak gereksiz kullanımların önüne geçilebilir.
- İç aydınlatmada kullanıcı isteğine bağlı çalışma prensibiyle çalışan aydınlatma sistemleri ofis masalarına montelenerek gerekli durumlarda enerji kullanımı sağlanabilir.
- Ortak alanlarda fotoselli aydınlatma elemanlarının kullanılması ile gereksiz kullanımların önüne geçilmiş olur.

Doğal Aydınlatma Olanaklarından Faydalanma

- Cephe tasarımı yapılırken gün ışığından daha fazla yararlanabilmek için pencerelerin boyu gün ışığından maksimum faydalanacak şekilde tasarlanmalıdır. Doğal aydınlatmadan en iyi yararlanacak şekilde kat yüksekliği belirlenebilir.
- Kat içerisinde camlı bölmelerin kullanımı arttırılabilir. En üst katlarda ışıklık kullanımı arttırılabilir. Gün ışığı bacaları tasarıma eklenebilir.
- Gün ışığına ve harekete bağlı sensörler aracılığıyla çalışan aydınlatma sistemleri kullanılabilir.
- Binanın bulunduğu konum bilgilerine göre güneş ışınları açısı hesaplanarak güneş kırıcıları kullanılabilir.
- Gölgeleme elemanları kullanılabilir.
- Mekânların açık renge boyanması daha aydınlık bir görünüm sağlayacaktır.

4.2.3.4. İç Ortamda Kullanılan Malzemeler

- Bina içinde ahşap parke, zemin kaplama, duvar kâğıdı veya boya gibi malzemelerin seçimi yapılırken geri dönüştürülmüş ve yerel malzemeler tercih edilebilir.
- Mümkün olduğunca doğal malzemeler veya az işlem görmüş malzemeler tercih edilmelidir.
- Bu malzemelerin insan dostu ve zararlı uçucu organik bileşik (VOC) salımları düşük olanları kullanılabilir.
- Toksik temizlik malzemelerinin kullanımı azaltılmalıdır.

4.2.3.5. Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri

- İklimlendirme için çevre dostu, ozon tabakasına duyarlı akışkanlar kullanılabilir [116].
- Havalandırma sistemi için enerji tasarrufu sağlayan ve yüksek hava kalitesine yönelik verimli sistemler tercih edilebilir. Merkezi ısıtma, soğutma ve elektrik üretiminden kaynaklı CO₂ salımının düşük tutulması için çalışmalar yapılabilir.
- Sensörler aracılığıyla temiz hava seviyesi uluslararası standartların (ASHRAE) %30 üzerinde kalacak şekilde kontrol edilebilir [89].
- Akustik kirlenme minimum düzeyde kalacak şekilde malzeme seçimi yapılmalıdır.
- Çeşitli kimyasalların havada asılı kaldığı fotokopi makinelerinin bulunduğu odalar ve çamaşır alanları gibi alanlar mümkün olduğu kadar sık kullanılan alanlara yakın olmamalıdır. Bu odaların kapıları kapalı olmalı ve komşu alanlara negatif bir basınç oluşturmalıdır [127].
- Üretim tesislerinde, iklimlendirme için enerji verimliliği sağlayan yoğunlaşmalı kazan, chillerden beslenen iki pompalı fan coil sistemi veya ısı pompalı VRF sistemleri kullanılabilir. Havalandırma sistemleri için ısı geri kazanımlı cihazlar kullanılabilir [138].

4.2.3.6. Atık Yönetimi

- Bu kapsamda ilk olarak önerilen uygulama bir atık yönetim planının hazırlanmasıdır. Bu plan, bina içerisinde üretilen atıkların en verimli şekilde geri dönüştürülebilmesi için atık toplama alanlarının ayrılması ve atıkların ayrıştırılmasına yönelik hususları içermelidir. Ayrıştırılan atıkların geri dönüşüm firmaları veya belediyeler tarafından alınması için anlaşmalar yapılabilir.
- İnşaat sürecinde ortaya çıkan atıklar için ise katı atık planı oluşturulmalı ve depolama alanları belirlenmelidir. Depolanan bu atıklar geri dönüştürülerek çeşitli inşaat malzemeleri yerine kullanılabilir.
- İstanbul'da bulunan LEED sertifikalı THY-Pratt Whitney Uçak Motoru Bakım Merkezi'nin, sertifikaya başvurusu sırasında yapmış oldukları faaliyetler arasında atık yönetimi planı oluşturmak da yer almaktadır. Bu plan sayesinde hafriyatın %78'i dolgu malzemesi olarak geri kullanılmıştır [130].

4.2.3.7. Ulaşım ve Arazi

- Herhangi bir yeşil bina sertifika sistemine başvurmayı planlayan bir proje sahibi en yüksek puanı almayı hedefliyorsa, binanın konumunun ve ulaşım imkanının da önemli bir kriter olduğunu unutmalıdır. Binanın merkezi konumda olacak şekilde seçilmesi ve metro veya vapur gibi ana ulaşım arterlerine yakınlığı, CO₂ emisyonunu en düşüğe tutabilmek için çok önemlidir. Ancak mevcut binalarda böyle bir imkân olmadığı için yapılabilecek diğer uygulamalar araştırılmalıdır.
- Bisiklet kullanımına veya servis kullanımına teşvik edecek çalışmalar yapılabilir. Bisikletler için park alanı tasarlanarak kişisel otomobil yerine toplu taşıma ve bisiklet kullanımı özendirilmelidir.
- Gelecekteki teknoloji düşünülerek hibrit veya elektrikli araçlar için park yeri önceliği tanınabilir [114; 85].
- Isı adası etkisinin azaltılabilmesi için minimum oranda beton veya asfalt kullanımı gerekmektedir. Bu nedenle yapılması planlanan otoparkın binanın yanına yapılması yerine yer altına alınması tasarlanabilir. Peyzaj tasarımı yapılırken açık renkli malzemelerin tercih edilmesi ve gölge alanların yaratılması için büyük ağaçların seçilmesi önerilmektedir.

4.2.3.8. Yapım Aşamasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

- Bir binanın tadilatı veya yeniden yapımı sırasında da yeşil bina uygulamalarına başvurmak mümkündür. Binanın inşaatı aşamasında dikkat edilecek bazı hususlar, yapım maliyetini yüksek oranda olumlu etkileyebilecektir. Bu kapsamda ilk akla gelen uygulama, geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımıdır. Tadilat veya sıfırdan inşaat yapımı öncesinde bir atık yönetim planının oluşturulması sayesinde yüksek oranlarda geri kazanım sağlanabilmektedir.
- Adana'da bulunan BREEAM sertifikalı Toyota Plaza Onatça'da hazırlanan atık yönetim planı sayesinde inşaat atıklarının %75'i inşaat içerisinde tekrar kullanılmıştır [132].
- İnşaat sırasında şantiye kurulumundan başlayacak şekilde tüm yapım aşamalarında çevre koşullarına dikkat edilmeli, yolların temiz tutulması ve kamyonların yıkanması sırasında kaynak tasarrufuna özen gösterilmelidir.
- Ankara'da bulunan ve LEED sertifikası almış olan Eser Holding Yönetim Binası inşaatı sırasında betonda %75, tuğlada %70, çelikte %60, camda %20 ve yalıtımda %65 oranlarında geri dönüştürülmüş malzeme kullanılmıştır [133].
- İstanbul'da bulunan Torium AVM'de geri dönüştürülmüş yerel malzeme kullanılması sayesinde inşaat maliyetinde %37 oranında düşüş olmuştur [134].

4.2.3.9. Sosyal Donatı

- Yeni bina inşaatı sırasında doğal toprak dokusunu bozmamak için araziye ihtiyaç halinde müdahale edilmesi gerekmektedir.
- Bina çevresine dinlenme ve spor alanı düzenlenerek bina kullanıcıları için sosyal alan yaratılabilir.
- Yapı arazisi ve çevresine yapılan müdahaleler en düşük seviyede tutulmaya çalışılmalıdır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yapılan araştırmalara göre, dünya çapında toplumsal eğilimlerin değişmesi nedeniyle önümüzdeki yıllarda konut arzında metrekare büyüklüklerinin azaldığı, sosyal donatı alanların ise arttığı toplu konut modellerinin sayısında pozitif ivmenin yaşanacağı öngörülmektedir. Ayrıca nüfusta ve kentleşmede yaşanan artışlar ile toplumda oluşan birden fazla konuta sahip olma eğilimi nedeniyle, konut ihtiyacının hızla artacağı veya konut tiplerinin yeni normlara uygun olarak değişim göstereceği düşünülmektedir. Bununla beraber gelişen ekonomi ve teknoloji ile birlikte endüstride üretim alanlarının çoğalacağı öngörülmektedir. Bu nedenle sürdürülebilir bir geleceğin sağlanabilmesi için artan yapı ihtiyacının, çevresel etkinin düşük olduğu malzeme ve yöntemlerle giderilmesi gerekmektedir.

2020 yılından beri küresel çapta yaşanan Covid-19 salgınının toplumlarda bazı alışkanlıkları değiştirdiği gözlenmektedir. Pandemi sürecinde değişen hijyen algısı sebebiyle su kullanımında artış yaşanmıştır. İş yerlerinde daha sık olmak üzere, ortak kullanım alanlarında kullanılan klima sistemlerinden kaçınılmış ve doğal havalandırma sistemleri tercih edilmeye başlanmıştır. Bu süreçte ortaya çıkan sosyal mesafe anlayışı nedeniyle daha bireysel yaşam alanları arayışına girilmiş ve ortak kullanım alanlarının etkinliği azalmıştır. Tüm bu göstergeler nedeniyle, bundan sonraki süreçte yeni yapılarda tercih edilecek tasarımların değişmesi gerektiği düşünülmektedir.

Etkileşimde olduğu birçok sektörle beraber, yarattığı katma değer ve istihdam ile birlikte inşaat sektörü Türkiye'nin lokomotif sektörlerinden biri olmuştur. Hem uluslararası pazarda rekabet edebilmek hem de hızla tükenen ülkemizin kaynaklarının korunarak gelecek nesillere aktarılmasını sağlayabilmek amacıyla üretimde ve tüketimde daha bilinçli hareket etmemiz gerekmektedir. Bu kapsamda en temel doğal kaynaklarımız olan su ve enerji korunumunun sektör özelinde sağlanabilmesi için bilinçli kaynak kullanımı hedeflenmeli, bununla birlikte çeşitli tasarruf uygulamalarının hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Ülkemizin coğrafi konumu sayesinde sahip olduğu yenilenebilir enerji potansiyeli nedeniyle, enerji üretiminde de öncelik temiz enerji olmalıdır.

Ülkemizde yeni yapılacak projelerde yapı fonksiyonunun türü fark etmeksizin, yapının konumu ve şartlarına göre çalışılan verimlilik esaslı tasarımların projelere yansıtılması, enerji korunumunun doğal aydınlatma ve ısı sağlayan güneş ışınları vasıtasıyla sağlanması hedeflenmelidir. İnşaat esnasında kullanılan malzemelerde seçici bir yaklaşım sergilenerek, doğaya zarar vermeyen ve geri dönüştürülebilir olanlar tercih edilmeli, böylece minimum düzeyde atık oluşması sağlanmalıdır. Teknolojinin bize sunmuş olduğu avantajları inşaat malzemelerinin üretimi esnasında da kullanarak; dayanımı yüksek, ısı ve ses izolasyonu sağlayan, işletme-bakım masraflarının daha düşük olduğu malzemeler elde edilmeli ve yapılarda kullanılmıdır. Bu şekilde hem daha az yapı malzemesinin kullanımı hem de malzemedan kaynaklı enerji korunumu sağlanabilecektir. İnşaat sırasında daha az malzemenin kullanılması da yapının fiziksel ömrü tamamlandığında daha az atığın oluşması demektir.

Tüm bu hususların ortaya konarak değerlendirildiği yeşil bina sertifika sistemleri aracılığıyla, sektördeki sürdürülebilirlik hedefleri tek bir çatı altına toplanabilmiş ve uygulanması daha pratik hale gelmiştir. Ülkemizde her ne kadar yeşil binaların standart binalara oranla daha maliyetli oldukları düşünülse de, uygulama örnekleri arttıkça aslında yeşil bina uygulamalarının birer maliyet kalemi olarak değil geleceğe yatırım yapılan birer araç oldukları görülebilecektir.

Enerji Verimliliği Strateji Belgesi'nde "Enerji verimliliği yüksek binaların enerji taleplerini ve karbon emisyonlarını azaltmak ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanan sürdürülebilir çevre dostu binaları yaygınlaştırmak" hedeflenmektedir. Özellikle kamu binaları olmak üzere yapılan yeni projelerde bu amaç doğrultusunda hareket edilmelidir [42].

Bu dönüşümün sağlanabilmesi için, sektör paydaşlarına düşen görevler ile birlikte yasal düzenlemelerin

yapılması hususunda da çeşitli aksiyonlar alınmalıdır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na bağlı olan Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından yürütülen yeni konut projelerinde, binaların çevresel etkinliğine dikkat çekilmeli ve bu kapsamda yeşil şartnameler kullanılmalıdır. Bu hamle, hem yeşil dönüşüme karşı bir bilinç oluşturacak hem de sürdürülebilir bina sayısının artışı sağlayacaktır. Kamu kurumlarına ait binalarda da benzer şekilde sürdürülebilirlik ilkelerinin uygulanmasına dikkat edilmelidir.

Yurt dışında uygulandığı gibi, devlet ve özel sektör tarafından yapılan projelerde sürdürülebilir malzemelerin üretimini sağlayan, yeşil binaları tasarlayan ve uygulayan kişilere maddi teşvikler sağlanması gerekmektedir. Bu kapsamda bir takım vergi muafiyetleri sağlamak ya da yatırımcılara hibe ve düşük faizli kredi olanağı sunmak için gerekli yasal altyapı oluşturulmalıdır. Ayrıca yeşil bina satın alan kişiler için de vergi kolaylığı gibi teşviklerin sağlanması halinde, mevcut standart binaların yeşil binalara dönüşümünün daha hızlı bir şekilde gerçekleşeceği düşünülmektedir.

30 Ekim 2020 tarihinde gerçekleşen İzmir depremi sonrasında, binaların sağlamlığı konusunda yaşanan endişe sonucunda yapılarda yenileme uygulamalarına gidilmiş ve yapısal dönüşümler gerçekleşmeye başlamıştır. Bu dönüşümü bir fırsat olarak görüp benzer hassasiyetin doğal kaynakların korunması konusunda da gösterilmesi ile standart yapıların inşasından ziyade doğanın korunmasına katkıda bulunan yeşil binaların tercih edilmesi, bu dönemde atılabilecek en iyi adımlardan biri olacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Aydın S., (2017). İletişim Yaklaşımıyla Sürdürülebilirlik Kavramı, Yeşil Kavramı Ve Yerel-Küresel Yansımaları İle İlgili Bir İnceleme Örneği, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [2] URL < <https://www.wbcsd.org/> > Erişim tarihi: 08.01.2021
- [3] Tufan M. Z., Özel. C., (2018). Sürdürülebilirlik Kavramı Ve Yapı Malzemeleri İçin Sürdürülebilirlik Kriterleri, Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi, 2:1:9-13.
- [4] Sırkıntı H., (2012). Sürdürülebilirlik Kapsamında Yeşil Yapım Uygulamaları ve LEED Sertifika Sistemine Öneriler, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [5] "About the Cement Industry", World Business Council for Sustainable Development: Towards a Sustainable Cement Industry.
- [6] Du Plessis C., (2002). Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries, published for CIB and UNEP by CSIR Building and Construction Technology, Pretoria.
- [7] Civan U., (2006). Akıllı Binaların Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [8] Çevre Durum Raporu, (2016). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- [9] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019 Yılı Ulusal Enerji Denge Tablosundan hesaplama yapılmıştır.
- [10] Güzelkocar O., Gelişen G., (2019). Mevcut Yapıların Sürdürülebilir Yeşil Binalara Dönüştürülmesi, Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 2(2):76-90.
- [11] URL<<https://csb.gov.tr/yeni-insa-edilecek-bin-lara-yagmur-suyu-toplama-sistemi-kurula-cak-bakanlik-faaliyetleri-29875>> Erişim tarihi: 20.01.2021
- [12] On Birinci Kalkınma Planı, syf 664.
- [13] 2020 Global Status Report for Buildings and Construction, UNEP.
- [14] URL<<https://www.ekoyapidergisi.org/243-bi-naya-entegre-fotovoltaik-sistemlerin-mimari-de-kullanimlari.html>> Erişim tarihi: 16.12.2020
- [15] URL<<https://www.iklimhaber.org/avrupa-ye-sil-duzeni-buyuk-meydan-okuma-ve-kure-sel-etkileri/>> Erişim tarihi: 16.12.2020
- [16] LEED, 2011. URL <http://www.usgbc.org/Display_Page.aspx?CategoryID=19> Erişim tarihi: 04.01.2021
- [17] Çelik K., (2016). LEED Sertifika Sistemleri ve Türkiye'deki Uygulamalarının Değerlendirilmesi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [18] URL<<https://www.ekoyapidergisi.org/15-bina-larda-fotovoltaik-enerji-kullaniminin-turkiye-deki-potansiyeli.html>> Erişim tarihi: 16.12.2020
- [19] Bozdoğan B., (2003). Mimari Tasarım ve Ekoloji, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 124
- [20] Berkin G., (2012). Yapılarda Ekolojik Cam Kullanımı, Mimarlıkta Malzeme Dergisi, 21: 49-52.
- [21] Tonguç, (2012) "Sürdürülebilir Tasarımın Okul Öncesi Eğitim Yapıları Örneğinde İrdelenmesi", Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [22] ABC of SCP, Clarifying Concepts On Sustainable Consumption and Production, UNEP, 2010.
- [23] Altın M., (2008). Binaların Enerji İhtiyacının Fotovoltaik (PV) Bileşenli Cepheler İle Azaltılması, Çatı ve Cephe Dergisi, 6. Sayı.
- [24] URL<<https://www.appropedia.org/File:Thermosyphon.gif>> Erişim tarihi: 09.02.2021
- [25] Karaoğlu, O., (2019). Güneş Kaynaklı Bölgesel Isıtma Sistemlerinin İncelenmesi Ve Bir Üniversite Kampüsündeki Belirli Bölge İçin Modellenerek Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek

Lisans Tezi.

- [26] Ayçam İ., Kanan N. Ö., (2009). Ekolojik Mimarlık Kapsamında Bina Bütünleşik Nano-PV Malzemenin İncelenmesi, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu.
- [27] URL<<https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/akilli-binanın-pencereleri-elektrik-uretecek/1165860>> Erişim tarihi: 18.12.2020
- [28] URL<<https://www.yesilodak.com/bina-cephe-si-gunes-enerjisi-santraline-donusebilir-mi->> Erişim tarihi: 18.12.2020
- [29] Tokuç A., Yıldızber Z. E., (2009). Enerji Etkin Konut Tasarımında Tesisat Bileşenleri İle Birlikte Kullanılabilecek Yapı Elemanlarının Araştırılması, DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi Cilt: 5 Sayı: 3 sh. 31-42
- [30] URL<http://www.yesilbinadergisi.com/ya-yin/716/sif-is-makinalari-ankara-bolge-mu-durlugu-binasi_21683.html#.YBGfsegzY2w> Erişim tarihi: 19.12.2020
- [31] Doğan A., Pirasacı T., (2007). Bina Cephelelerinde Yalıtım Yerine Trombe Duvar Kullanımının İncelenmesi, Ulusal İklimlendirme Kongresi, 15 - 18 Kasım 2007.
- [32] URL<<https://www.pikselaluminyum.com/faaliyet-alanlari/gunes-kiricilar.html>> Erişim tarihi: 27.12.2020
- [33] URL<<https://ustungrup.com.tr/hizmetlerimiz/gunes-kirici-sistemler/>> Erişim tarihi: 27.12.2020
- [34] URL<<https://www.somfy.com.tr/mimarisisistemler/neden-dinamik-golge-yonetimi/dinamik-gunes-kirici-sistemler>> Erişim tarihi: 27.12.2020
- [35] URL<<https://www.kolasaluminyum.com/tr/aluminyum-mimari-cephe-cozumleri/isiklik-sistemleri>> Erişim tarihi: 27.12.2020
- [36] URL<<http://www.cephesistem.com/faliyet/isiklik/isiklik.html>> Erişim tarihi: 27.12.2020
- [37] URL<<https://ustungrup.com.tr/hizmetlerimiz/cati-isiklik-skyilight-sistemleri/>> Erişim tarihi: 27.12.2020
- [38] Okutan H., Kocur Ö., (2013). Enerji, Yeşil Bina ve Doğal Aydınlatma, Mimarlıkta Malzeme Dergisi, 8(23):38-42
- [39] URL<<http://www.elitmuh.com.tr/kumesaydinlatma.html>> Erişim tarihi: 27.12.2020
- [40] URL<<https://gksdergisi.com/gunes-kontrolu-gunes-kirici-ve-raflari/>> Erişim tarihi: 27.12.2020
- [41] URL<<http://www.solar-fabrik.de/>> Erişim tarihi: 27.12.2020
- [42] Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımının Türkiye Ortamı Ve Koşullarına Uyarlama Raporu, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Mayıs 2016.
- [43] Sev A., Görgülü C., (2012). Malzemede Yeşil Algı ve Beton Örneği, Mimarlıkta Malzeme Dergisi, 21: 40-48.
- [44] Sev, A., (2009). Sürdürülebilir Mimarlık, YEM Yayınları, İstanbul.
- [45] Aliusta H., Yılmaz B., (2020). Karbon Maliyetlerinin Muhasebeleştirilmesi: Çimento Sektörü Uygulaması, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi C. 15, S. 1, 267-294.
- [46] Avrupa Birliği'ne Uyum Sürecinde Sektör Rehberleri Yapı Malzemeleri Sanayii, (2010), İstanbul Sanayi Odası.
- [47] URL<<https://www.yesilodak.com/saman-ev-nefes-alıyor>> Erişim tarihi: 23.12.2020
- [48] <https://www.archilovers.com/projects/214503/elemental-house.html>
- [49] URL<<https://www.yesilodak.com/enerji-ve-rimli-bambu-ev>> Erişim tarihi: 23.12.2020
- [50] URL<<https://buildabroad.org/2016/09/27/ferro-ck/>> Erişim tarihi: 23.12.2020

- [51] İpekçi C. A., Coşgun N., Esin T., (2015). İnşaat Sektöründe Geri Kazanılmış Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Açısından Önemi. 2. Uluslararası Sürdürülebilir Binalar Sempozyumu, 28-30 Mayıs 2015.
- [52] TÜSİAD ve İMSAD (2012). İnşaat Sektöründe Sürdürülebilirlik: Yeşil Binalar ve Nanoteknoloji Stratejileri.
- [53] Mehdihezah M.R., Nikbakht H., Nowruzi S., (2013). Application of Nanotechnology In Construction Industry, Journal of Basic and Applied Scientific Research, 3:8:509-519,
- [54] Bozoğlu J., Arditi D., (2012). Yapılarda ve Yapım Yönetiminde Nanoteknoloji Uygulamaları, 2. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, 13 – 16 Eylül 2012.
- [55] Andersen M.M., Sanden B.A., Palmberg C., (2010). Green Nanotechnology in Nordic Construction. Norden Nordic Innovation Center, Norveç.
- [56] Elvin G., (2007). Nanotechnology for Green Building. Green Technology Forum, Indianapolis. Kaynaklarından yararlanılarak TÜSİAD ve İMSAD (2012). İnşaat Sektöründe Sürdürülebilirlik: Yeşil Binalar ve Nanoteknoloji Stratejileri.
- [57] Gür M., (2010) Nanomimarlık Bağlamında Nanomalzemeler, Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 15, Sayı 2, 81-90.
- [58] Sev A., Ezel m., (2014). Nanotechnology Innovations for the Sustainable Buildings of the Future, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Architectural and Environmental Engineering 8(8):886-896.
- [59] Birgisson, B., et al., (2012). Nanotechnology in Concrete Materials, Transportation Research Board.
- [60] URL<<https://www.fibrobeton.com.tr/markalar-fibro-t%C2%AE-16>> Erişim tarihi: 03.01.2021
- [61] Atik İ., Bilgin M. B., (2018). Mimarlıkta Nanoteknolojinin Yeri, Kent Akademisi, Cilt:11 Sayı:2:232-242.
- [62] Turunç S., (2019). Nanoteknolojik Yapı Malzemelerinin Türk Yapı Sektöründe Kullanımı, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [63] Leydecker, S., (2008). "Nano Material In Architecture, Interior Architecture and Design", Birkhauser.
- [64] Harman S., (2011). Nanoteknolojinin Mimariye Etkileri, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [65] URL<<https://baumit.com.tr/guide/son-kat-kaplamalar/cephenizde-nasil-basit-temizlik-yapa-bilirsiniz>> Erişim tarihi: 03.01.2021
- [66] Aksoy N., (2017) Yeşil Malzemeler ve İç Hava Kalitesi, Yeşil Bina Dergisi, Sayı 41.
- [67] Maraşlı M., (2012). İnşaat Sektöründe Sürdürülebilirlik: Yeşil Binalar Ve Nanoteknoloji Stratejileri, 4.Uluslararası İnşaatta Kalite Zirvesi, İMSAD.
- [68] Er A., (2012). Kompozit Yapı Malzemelerinin Performans Özelliklerinin Ve Mimarlıkta Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [69] Ersoy, H.Y.(2001), Kompozit Malzeme. Literatür Yayıncılık, 3-12.
- [70] Özkarakoç, M. (2002). Alüminyum Bazlı SiCp Takviyeli Kompozitlerin Aşınma Davranışlarının İncelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [71] Çetinkaya N., Kaplan H., Şenel Ş. M., (2004). Betonarme Kirişlerin Lifli Polimer (FRP) Malzemeler Kullanılarak Onarım Ve Güçlendirilmesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10(3):291-298.
- [72] URL<<https://www.raf.com.tr/urun/fibrobeton%-C2%92dan-inovatif-urun---fibrofombeton%-C2%AE-isi-yalitimli-cephe-sistemleri/2829>> Erişim tarihi: 03.01.2021
- [73] URL<<https://www.tokihaber.com.tr/dosya-haber/cagin-malzemesi-kompozit/#:~:text=Do%C4%9Fal%20kompozitler%20i%C3%A7inde%20ah%C5%9Fap%20ve,da%20cam%20elyaf%C4%B1n%20bulunmas%C4%B1na%20dayan%C4%B1yor>> Erişim tarihi: 20.01.2021

- [74] Netravali A.N., Chabba S., (2003). Composites Get Greener, *Materials Today*, P. 22-29
- [75] Hamamcı B., Çiftçi M., Aktaş T., (2018). Yeşil Kompozitlerde Biyopolimerlerin Kullanımının Önemi, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 12-24.
- [76] Utkuğ G.S., (2000). Yeni Yüzyıla Girenken Bina Tasarımı Ekoloji/Enerji Etkin/Akıllı Bina, IV. Uluslararası Yapıda Tesisat Bilim ve Teknoloji Sempozyumu.
- [77] Yeang K., (1998). 1000 Yıllık Dönem İçin Tasarım, III. Uluslararası Yapıda Tesisat Bilimi ve Teknolojisi Sempozyumu.
- [78] Çalapkulu S., (2020). Yeşil Binalar Ve Leed Sertifikaları, *Yeşil Bina Sürdürülebilir Yapı Teknolojileri Dergisi*, 11(51)24-28.
- [79] URL<<https://www.sektorumdergisi.com/leed-sertifikasi-ve-yesil-bina-sertifikalari/>> Erişim tarihi: 15.01.2021
- [80] Kobaş B., (2011). Oluşturulmakta Olan Türk Yeşil Bina Değerlendirme Sisteminin Malzeme Kategorisi İçin BREEAM ve LEED Örneklerinin incelenmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- [81] Yücel Işıldar G., Gökbayrak A., (2018). Yeşil Binalarda Belgelendirme Ölçütlerinin Ülkelerin Gelişmişlik Düzeyine Göre Değerlendirilmesi, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 7, Sayı 1, 46-57.
- [82] Sev A., Canbay N., (2009). Dünya Genelinde Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri, *Yapı Dergisi Yapıda Ekoloji Eki*, s. 42-47.
- [83] Ürük Z. F., İslamoğlu A. K. K., (2019). Breeam, Leed ve DGNB Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinin Standart Bir Konutta Karşılaştırılması, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 15*, S. 143-154.
- [84] Breeam International New Construction Guide (2016), https://www.breeam.com/BREEAMInt2016SchemeDocument/#03_scoringrating_all/calc_rating_all.htm%3FTocPath%3D3.0%2520Scoring%2520and%2520rating%2520BREEAM%2520%2520assessed%2520buildings%7C_____6 (Erişim tarihi:)
- [85] Odaman Kaya H., (2012). Ölçütlere Dayalı Değerlendirme ve Sertifika Metotlarından LEED ve BREEAM'ın Türkiye Uygulamalarına Yönelik İrdeleme Ve Öneriler, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- [86] URL<https://tools.breeam.com/filelibrary/BREEAM_Brochure.pdf> Erişim tarihi: 15.01.2021
- [87] URL<<http://www.usgbc.org/leed>> Erişim tarihi: 16.01.2021
- [88] Uğur L. O., Leblebici N., (2019). LEED Sertifikalı Yeşil Binalarda Enerji ve Su Tasarrufundan Sağlanan Faydaların Taşınmaz Değerine Etkilerinin İncelenmesi, *Teknik Dergi*, 522:8753-8776.
- [89] Topçu G., (2010). Türkiye'de Sertifikalı Yeşil Bina Uygulamasının Örnek Bir Bina Üzerinde İrdelenmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- [90] Somalı B., Ilıcalı E., (2009). Leed Ve Breeam Uluslararası Yeşil Bina Değerlendirme Sistemlerinin Değerlendirilmesi, *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*.
- [91] URL<<https://ekolojist.net/leed-sertifikasi-ne-dir/>> Erişim tarihi: 16.01.2021
- [92] LEED v4.1 Building Design and Construction Guide.
- [93] Bertiz D., Ekşi I., Tokmak M., Özbey D., Ak M.A., Güneş A., (2019). Yeşil Altyapı Açısından Uluslararası Ve Ulusal Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin Karşılaştırılması, *Peyzaj Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 2:31-39.
- [94] Yaman, C., "İdeal bir LEED Sertifika Süreci Nasıl Olmalıdır?", *Yeşil Bina Dergisi*, 4: 12-13, (2010).
- [95] Gültekin B., Bulut B., (2015). Yeşil Bina Sertifika Sistemleri: Türkiye İçin Bir Sistem Önerisi, *2.Uluslararası Sürdürülebilir Binalar Sempozyumu*, 813-823.
- [96] URL<<https://www.dgnb-system.de/en/certification/benefits/>> internet sayfasında yer alan videodan görsel alınmıştır. Erişim tarihi: 16.01.2021

- [97] URL<<https://new.gbca.org.au/rate/rating-system/buildings/>> Erişim tarihi: 16.01.2021
- [98] URL<<https://www.ekoyapidergisi.org/4457-edge-ile-hizli-kolay-ve-ekonomik-yesil-binalar.html>> Erişim tarihi: 16.01.2021
- [99] Kaya K., EDGE Sertifikası, Yeşil Bina Dergisi 4.sayı, 2017.
- [100] EDGE Sertifikası Broşürü, IFC. URL<https://edgebuildings.com/wp-content/uploads/2017/11/EDGE-Brochure-TR_HRes.pdf> Erişim tarihi: 18.01.2021
- [101] ÇEDBİK (2019) B.E.S.T. – Konut Sertifika Kılavuzu, Ağustos 2019.
- [102] Deligöz D., Kabak S., Aktan A.İ., (2020). Türkiye’de Konut Yapılarında Kullanılmakta Olan Sertifika Sistemlerinin Kaynakların Korunumu Bağlamında İncelenmesi, Grid Mimarlık, Planlama ve Tasarım Dergisi, 3(2):222-245.
- [103] URL<<https://www.popularch.com/surdurulebilirlik/pixel-building-geleceğim-ofisi/>> Erişim tarihi: 18.01.2021
- [104] URL<<https://www.pixelbuilding.com.au/greenicon.html>> Erişim tarihi: 18.01.2021
- [105] URL<<https://www.ekoyapidergisi.org/3144-benzersiz-bir-cephe-kimligine-sahip-pixel-binasi.html>> Erişim tarihi: 18.01.2021
- [106] URL<<http://mimdap.org/2011/12/pixel-studio505/>> Erişim tarihi: 18.01.2021
- [107] URL<<https://www.pixelbuilding.com.au/sustainable.html>> Erişim tarihi: 18.01.2021
- [108] The Pixel Building Case Study, Sustainability Victoria. URL <https://www.sustainability.vic.gov.au/~/_media/resources/documents/services%20and%20advice/business/srsb%20eeob/srsb%20eeob%20case%20studies/srsb%20eeob%20case%20study%20pixel.pdf> Erişim tarihi: 18.01.2021
- [109] URL <https://www.thesisat.org/gunes-enerjisi-ile-sicak-su-temini.html> Erişim tarihi: 18.01.2021
- [110] URL<<https://www.gzt.com/arkitekt/gelecegi-tasarlayan-santral-copenhill-3562288>> Erişim tarihi: 18.01.2021
- [111] URL<<https://www.building.co.uk/buildings/projects-copenhill-ski-slope-and-energy-from-waste-plant-copenhagen/5102285.article>> Erişim tarihi: 19.01.2021
- [112] URL<https://www.archdaily.com/925970/copenhill-energy-plant-and-urban-recreation-center-big/5d977ec8284dd1ffa4000014-copenhill-energy-plant-and-urban-recreation-center-big-photo?next_project=no> Erişim tarihi: 19.01.2021
- [113] URL www.usgbc.com Erişim tarihi: 22.01.2021
- [114] URL<<https://cedbik.org/>> Erişim tarihi: 22.01.2021
- [115] Erten, D. (2009). Türkiye İçin Yeşil Bina Sertifikası ve Çözüm Önerileri, Yapı Dergisi, Yapıda Ekoloji Eki.
- [116] Arslan N. C., (2015). Yeşil Bina Projelerinde Tasarım Süreci İçin Bir Yaklaşım: LEED v4 Sertifikalandırma Süreci Modeli, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [117] Serteser, H., (2020). Kamudaki İlk Breeam Outstanding Sertifikalı Yeşil Bina: Afyonkarahisar Ticaret ve Sanayi Odası. Yeşil Bina Dergisi, Sayı 51, 16:18.
- [118] URL<http://www.yesilbinadergisi.com/yayin/325/kartal-dr-lutfi-kirdar-hastanesi-ne-leed-gold-sertifikasi_26998.html#YAbA2OgzY2w> Erişim tarihi: 18.01.2021
- [119] URL<<https://www.enerjiportali.com/kartal-dr-lutfi-kirdar-egitim-ve-arastirma-hastanesi-ilk-edge-sertifikali-yesil-bina-oldu/>> Erişim tarihi: 18.01.2021
- [120] URL<<https://www.altensis.com/proje/kartal-dr-lutfi-kirdar-sehir-hastanesi/>> Erişim tarihi: 18.01.2021

- [121] URL<<https://cedbik.org/tr/haberler/dunya-nin-edge-yesil-bina-sertifikasi-sahibi-en-bu-yuk-hastanesi-102-n>> Erişim tarihi: 18.01.2021
- [122] URL<https://www.ipkb.gov.tr/dr-lutfi-kir-dar-kartal-egitim-ve-arastirma-hastane-si-depreme-karsi-5-yildizli-o_16/> Erişim tarihi: 18.01.2021
- [123] URL<http://izto.org.tr/demo_betanix/uploads/cms/yonetim.ieu.edu.tr/6193_1517234008.pdf> Erişim tarihi: 24.01.2021
- [124] URL<http://www.yesilbinadergisi.com/ya-yin/825/yuksek-performansli-bir-yesil-bina-izmir-ticaret-odasi-yeni-hizmet-binas-i_24116.html#YA8RsegzY2w> Erişim tarihi: 24.01.2021
- [125] URL<<http://www.arkiv.com.tr/proje/allianz-kampus-izmir/9878>> Erişim tarihi: 24.01.2021
- [126] URL<https://www.allianz.com.tr/content/dam/onemarketing/aztr/allianz/pdf/surdu-rulebilirlik/surdurulebilirlik-modeli/AZOM_LEED_Yesil_Bina.pdf> Erişim tarihi: 25.01.2021
- [127] Orhan İ. H., Kaya L. G., (2016). LEED Belgeli Yeşil Binalar ve İç Mekân Kalitesinin İncelenmesi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1: 18-28.
- [128] Erten. D., (b.t.). Binalarda Enerji Verimliliği, REC Türkiye. URL<https://rec.org.tr/wp-content/uploads/2017/08/02-02_duyguerten_binalardaenerjiakisiveenerjiverimliliği.pdf> Erişim tarihi: 31.01.2021
- [129] Geçer E., Şentürk İ., Büyükgüngör H., (2019). Yeşil Bina Tasarımında Su ve Enerji Yönetimi Üzerine Uygulama Örneği, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9 (2): 332-343.
- [130] URL<<https://www.altensis.com/proje/thy-pratt-whitney-ucak-motoru-bakim-merkezi-binas-i>> Erişim tarihi: 25.01.2021
- [131] URL<<https://evrimagaci.org/kentsel-isi-ada-si-nedir-nasil-olusur-nasil-onleyebiliriz-9584>> Erişim tarihi: 25.01.2021
- [132] URL<http://www.yesilbinadergisi.com/ya-yin/700/toyota-plaza-onatca_21092.html#YA8RsegzY2w> Erişim tarihi: 25.01.2021
- [133] URL<http://www.yapi.com.tr/haberler/eser-holding-genel-mudurluk-binas-i_96594.html?showAll=1> Erişim tarihi: 25.01.2021
- [134] URL<<https://www.enerjivetesiat.com/enerji-haberleri/verimlilik/1844-torum-avmye>> Erişim tarihi: 27.01.2021
- [135] URL<<https://www.altensis.com/proje/philips-turkiye-merkez-ofisi/>> Erişim tarihi: 27.01.2021
- [136] URL <http://www.izto.org.tr/> Erişim tarihi: 27.01.2021
- [137] URL<<https://www.altensis.com/proje/teknif-oz-levent-ofis-binas-i-ilk-leed-sertifikli-ticari-ofis-binas-i>> Erişim tarihi: 27.01.2021
- [138] URL<http://www.yapi.com.tr/haberler/li-fung-centre-leed-sertifikasi-aldi_88897.html> Erişim tarihi: 16.01.2021
- [139] URL<<http://www.gbig.org/places/899/map>> Erişim tarihi: 22.01.2021
- [140] URL <https://www.manasenerji.com/ev-i-cin-gunes-enerjisi/> Erişim tarihi: 09.02.2021
- [141] URL<<https://www.popularch.com/surdu-rulebilirlik/surdurulebilir-yapi-malzemesi/>> Erişim tarihi: 23.12.2020

E K L E R

Ek 1: BREEAM Sertifikası Kriter Puan Tablosu

Kriterlerin Ana ve Ara Başlıkları	Puan
YÖNETİM	Toplam: 12
İşletmeye Alma	3
Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi	3
Müteahhitlerin Çevresel ve Sosyal İş Kuralları	3
İnşaat Sahası Etkileri	3
SAĞLIK KONFOR	Toplam: 15
Gün Işığı	4
Görüş Alanı	2
Kamaşma Kontrolü	2
Yüksek Frekanslı Aydınlatma	1
İç ve dış aydınlatma düzeyleri	1
Aydınlatma bölgeleri ve kontrolleri	1
Doğal havalandırma imkanları	1
İç Mekân hava kalitesi	1
10 Termal Konfor	1
Termal Bölgeleme	1
ENERJİ	Toplam: 19
CO2 Emisyonlarının Azaltılması	11
Mevcut Enerji Kullanımının Alt Ölçümü	1
Dış Ortam Aydınlatması	1
Düşük ve Sıfır Karbon Teknolojileri	3
Enerji Verimli Ekipman Tedariki	2
Serbest Havalandırma	1
ULAŞIM	Toplam: 8
Kentsel donatılara yakınlık	1,5
Toplu ulaşım imkanının sağlamaması	1,5
Ulaşım alternatifleri	1
Yaya ve bisikletlilerin güvenliği	1

Kriterlerin Ana ve Ara Başlıkları	Puan
Azami otopark kapasitesi	1
Ulaşım bilgi noktası	1
Dağıtım ve manevra	1
SU	Toplam: 6
Su Tüketimi	1
Su Sayacı	1
Ana su Kaçaklarının Tespiti	1
Sıhhi Tesisat suyunun Kesilmesi	1
Sulama Sistemleri	1
Yerinde Su arıtma	1
MALZEME	Toplam: 12,5
Malzeme Şartnameleri	1
Sert Peyzaj ve Çevre Duvarları	1
Cephenin yeniden kullanımı	3
Taşıyıcı sistemin yeniden kullanımı	3
Malzemelerin sorumlu kaynaklardan edinilmesi	1
Yalıtım	2
Dayanıklılık-Süreklilik için tasarlamak	1,5
ATIKLAR	Toplam: 7,5
İnşaat alanı atık yönetimi	1
Geri dönüştürülmüş agregalar	1
Geri dönüştürülmüş atıkların depolanması	1,5
Atık sıkıştırma/balyalama presisi	1
Kompozit	1
Zemin kaplamalar	2
ARAZİ KULLANIMI VE EKOLOJİ	Toplam: 10

Kriterlerin Ana ve Ara Başlıkları	Puan
Arazinin yeniden kullanımı	3
Bulaşıcılarla kirletilmiş arazi	1
Arazinin ekolojik değeri ve ekolojik özelliklerinin korunması	2
Yapılaşmanın ekolojiye etkilerinin azaltılması	2
Yapılaşmanın biyoçeşitlilik üzerinde uzun dönem etkilerinin azaltılması	2
KİRLİLİK	Toplam: 10
Binalarda kullanılan soğutucu akışkanların küresel ısınmaya etkisi	2
Soğutucu akışkan sızıntılarının önlenmesi	2
Soğuk hava depolarında kullanılan akışkanların küresel ısınma potansiyeli	1
Isı kaynaklarının NOx salımlar	1
Su yatağı kirliliğinin azaltılması	1
Taşkın riski	1
Gece ışık kirliliğinin azaltılması	1
Gürültü azalımı	1
İNOVASYON	Toplam: 10
İnovasyon	10
GENEL TOPLAM	110

Kaynak: "BREEAM, LEED ve DGNB Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinin Standart Bir Konutta Karşılaştırılması" isimli çalışmadan alıntılanmıştır [83].

Ek 2: LEED Sertifikası Kriter Puan Tablosu

Kriterlerin Ana ve Ara Başlıkları	Puan
BÜTÜNLEŞTİRİCİ SÜREÇ	Toplam:1
Bütünleştirici Süreç	1
YERLEŞİM VE ULAŞIM	Toplam:16
Arazi Koruma	1
Öncelikli Arazilerin Geliştirilmesi	2
Yapı Çevresi Yoğunluğu	5
Toplu Taşıma	5
Bisiklet Olanakları	1
Otopark Ayakizini Azaltma	1
Elektrikli Ulaşım Araçları	1
SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAZİ	Toplam:10
Arazi Değerlendirmesi	1
Habitat Koruma veya Yenileme	2
Boş Alanlar	1
Yağmur Suyu Yönetimi	3
Isı Adası Etkisi Azaltma	2
Işık Kirliliği Azaltma	1
SUYUN ETKİN KULLANIMI	Toplam:11
Peyzaj Su Kullanımı	2
Bina İçi Su Kullanımını Azaltma	6
Soğutma Kulesi Suyu Kullanımı	2
Su Kontrolü	1
ENERJİ VE ATMOSFER	Toplam:33
Gelişmiş Test ve Devreye Alma	6
Optimum Enerji Performansı	18
Gelişmiş Enerji Ölçümü	1
Şebekeye Uyumluluk	2
Yenilenebilir Enerji	5
Gelişmiş Soğutucu Yönetimi	1

Kriterlerin Ana ve Ara Başlıkları	Puan
MALZEME VE KAYNAKLAR	Toplam:13
Malzeme Yaşam Döngüsü	5
Ürün Optimizasyonu-EPD	2
Ürün Optimizasyonu-Hammadde	2
Ürün Optimizasyonu-Malzeme İçeriği	2
Atık Yönetimi	2
İÇ MEKAN KALİTESİ	Toplam:16
Gelişmiş İç Mekan Hava Kalitesi Stratejileri	2
Düşük Salımlı Malzemeler	3
İnşaat Sırasındaki İç Mekan Hava Kalitesi Yönetim Planı	1
İç Mekan Hava Kalitesi	2
Isıl Konfor	1
İç Mekan Aydınlatma	2
Gün Işığı	3
Görüş Alanı	1
Akustik Performans	1
TASARIMDA YENİLİKÇİLİK	Toplam:6
İnovasyon	5
LEED Akrediteli Uzman Danışmanlık	1
BÖLGESEL ÖNCELİKLER	Toplam:4
Bölgesel Öncelik	4
GENEL TOPLAM	110

Kaynak: LEED v4.1 Building Design and Construction Guide kaynağından Türkçeye çevrilmiştir [92].

Ek 3: DGNB Sertifikası Kriter Puan Tablosu

Kriterlerin Ana ve Ara Başlıkları	Puan
ARSA	Toplam: 10
Konum riskleri	2
Site konumu koşulları	2
Kamu imajı ve sosyal koşullar	2
Ulaşım erişimi Belirli kullanım tesislerine erişim	2
1,5 Kamu hizmetleri için bağlantılar	2
SÜREÇ	Toplam: 10
Kapsamlı proje tanımı	1
Entegre planlama Kapsamlı bina tasarımı	2
İhale aşamasında sürdürülebilirlik yönleri	1
Tesis yönetimi için belgeler	2
Şantiye / inşaat sürecinin çevresel etkileri	2
İnşaat kalite güvencesi / kalite kontrol önlemleri Sistematiik devreye alma	2
TEKNOLOJİ	Toplam:22,5
Yangın önleme	5
İç mekan akustik ve ses yalıtımı	5
Bina kaplama kalitesi	5
Teknik yapı sisteminin yedekleme kapasitesi	2
Temizlik ve bakım kolaylığı	2
Dolu, fırtına ve sel direnci Söküm kolaylığı ve geri dönüşüm	1
Kirlilik kontrolü Gürültü salım kontrolü	2,5
SOSYO KÜLTÜREL ve FONKSİYONEL DURUM	Toplam: 22,5
Isıl konfor	2
İç mekan hava kalitesi	2
Akustik konfor	1,5
Görsel konfor	2
Bina işletiminde kullanıcı etkisi	1
Açık alanlarda kalite	1
Güvenlik ve emniyet	1
Engelli erişilebilirliği	2
Taban alanının verimli kullanımı	2

Kriterlerin Ana ve Ara Başlıkları	Puan
Dönüşüm uygunluğu	2
Kamu erişimi	2
Bisiklet kolaylığı	1
Rekabet yoluyla tasarım ve kentsel planlama kalitesi	1
Kamusal sanat birleşimi	1
Site özellikleri	1
EKONOMİ	Toplam: 22,5
Bina ile ilgili yaşam döngüsü ve operasyon maliyeti	9
Belediyenin mali etkisi	4,5
Esneklik ve Kullanılabilirlik	4,5
Pazarlanabilirlik	4,5
EKOLOJİ	Toplam: 22,5
Tasarımda Yaşam döngüsü değerlendirmesi	3
Yerel çevresel etkiler	3
Çevre dostu malzeme üretimi	7
Birincil enerji talebi	5
İçme suyu talebi ve atık su hacmi	3
Arazi kullanımı	1,5
GENEL TOPLAM	110

Kaynak: "BREEAM, LEED ve DGNB Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinin Standart Bir Konutta Karşılaştırılması" isimli çalışmadan alınmıştır [83].

Ek 4: BEST Sertifikası Kriter Puan Tablosu

Kriterlerin Ana ve Alt Başlıkları	Alınabilecek puan	Tasarım	İnşaat	Toplam puan
1. Bütünleşik Yeşil Proje Yönetimi				
Ön koşul - Entegre Tasarım	ÖN KOŞUL	ÖN KOŞUL		9
1.1 Entegre Tasarım	1-2	2		
1.2 Çevreye Duyarlı Müteahhit	2		2	
1.3 İnşaat Atık Yönetimi	3	1	2	
1.4 Gürültü Kirliliği	2	1	1	
2. Arazi Kullanımı				
2.1 Araziye Yerleşim	1-3	3		13
2.2 Afet Riski	3	2	1	
2.3 Yoğunluk ve Konut Yapısı İlişkisi	2	1	1	
2.4 Arazinin Yeniden Kullanımı	3	2	1	
2.5 Kentsel Donatılara Yakınlık	1-3	1	1	
3. Su Kullanımı				
Ön koşul - Su Kullanımını Azaltma	ÖN KOŞUL	ÖN KOŞUL		12
3.1 Su Kullanımını Azaltma	1-6	6		
3.2 Su Kayıplarını Önleme	2	1	1	
3.3 Atıksu Arıtma ve Değerlendirme	1-2	1	1	
3.4 Yüzeysel Su Akışı	2	1	1	
4. Enerji Kullanımı				
Ön koşul 1 - Kontrol, İşletmeye Alma ve Kabul	ÖN KOŞUL	ÖN KOŞUL		26
Ön koşul 2 - Enerji Verimliliği	ÖN KOŞUL	ÖN KOŞUL		
4.1 Enerji Verimliliği	1-15	15		
4.2 Yenilenebilir Enerji Kullanımı	1-7	2	5	
4.3 Dış Aydınlatma	1	1		
4.4 Enerji Verimli Beyaz Eşyalar	1		1	
4.5 Asansörler	2	1	1	

Kriterlerin Ana ve Alt Başlıkları	Alınabilecek puan	Tasarım	İnşaat	Toplam puan
5.Sağlık ve Konfor				
5.1 Isıl Konfor	3	3		14
5.2 Görsel Konfor	1-3	3		
5.3 Taze Hava	3	1	2	
5.4 Kirleticilerin Kontrolü	2		2	
5.5 İşitsel Konfor	3	2	1	
6. Malzeme ve Kaynak Kullanımı				
6.1 Çevre Dostu Malzeme	3		3	14
6.2 Mevcut Bina Elemanlarından Yararlanılması	1-3		3	
6.3 Malzemenin Yeniden Kullanımı	1-3		3	
6.4 Yerel Malzeme Kullanımı	1-3		3	
6.5 Dayanıklı Malzeme	1-2		2	
7. Konutta Yaşam				
7.1 Evrensel ve Kapsayıcı Tasarım	1-2		2	14
7.2 Güvenlik	1-2	1	1	
7.3 Spor ve Dinlenme Alanları	2		2	
7.4 Sanat	1		1	
7.5 Ulaşım	3		3	
7.6 Otopark Alanı	2		2	
7.7 Evden Çalışma	2		2	
8. İşletme ve Bakım				
8.1 Atıkların Yerinde Ayrılması ve Kullanıcı Erişimi	2	1	1	6
8.2 Atık Teknolojileri	1		1	
8.3 Bina Kullanım ve Bakım Kılavuzu	1		1	
8.4 Tüketim Değerlerinin Takibi	2		2	
9. Yenilikçilik				
9.1 Yenilikçilik	1	1		2
9.2 Onaylı Danışman	1	1		
GENEL TOPLAM		54	56	110



İZMİR KALKINMA AJANSI

Megapol Çarşı Kule, Halkapınar Mahallesi,
1203/11. Sk. No: 5-7, Kat: 19, 35170 Konak/İzmir

T. +90 232 489 81 81 **F.** +90 232 489 85 05

www.izka.org.tr