



**HAVALİMANI TERMİNAL BİNALARINDA ENERJİ ETKİN TASARIM
YAKLAŞIMLARININ UYGULANABİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR İNCELEME**

Ece ERESER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ece ERESER
01/07/2022

HAVALİMANI TERMİNAL BİNALARINDA ENERJİ ETKİN TASARIM YAKLAŞIMLARININ UYGULANABİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

(Yüksek Lisans Tezi)

Ece ERESER

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2022

ÖZET

Doğal kaynakların tükenme tehlikesi ve enerji arzında yaşanan sıkıntılarla gündeme gelen enerji verimliliği ve etkinliği ile ilgili çalışmalar birçok sektörde olduğu gibi hızla gelişmekte olan havacılık sektöründe de karşılık bulmaya başlamıştır. Ulusal ve küresel ölçekte havacılık ulaşımı için düğüm noktası görevi görmekte olan havalimanları, yapım ve işletim süreçlerinde başta elektrik olmak üzere büyük miktarda doğal kaynak ve enerji tüketmektedir. Havalimanı kompleksi içerisinde en yüksek enerji tüketimine sahip yapı tipi olan terminal binaları, enerji tüketimindeki payı ve bu payın azaltılması için sahip olduğu potansiyel nedeniyle enerji verimliliği çalışmaları için ele alınması gereken önemli yapılardır. Tez çalışması, terminal binalarında enerji kullanımında verimlilik sağlamak için uygulanabilecek enerji etkin tasarım yaklaşımlarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu doğrultuda; enerji etkin bina tasarım parametreleri, ilgili mevzuatlar, terminal binası tasarım gereklilikleri ve havacılık kuruluşlarının enerji verimliliği yaklaşımları incelenmiş, enerji odaklı sertifikasyona tabii 10 örnek terminal binası analiz edilmiştir. Elde edilen verilerin tasnif edilmesi ve değerlendirilmesi ile enerji verimliliği odaklı sürdürülebilir bir havalimanı terminal binası tasarımı için kılavuz hazırlanmış, alan çalışması olarak seçilen Kahramanmaraş Havalimanı terminal binası hazırlanan kılavuz yardımıyla değerlendirilmiş ve çalışma tamamlanmıştır.

Bilim Kodu : 80103
Anahtar Kelimeler : Enerji verimliliği, enerji etkin bina, havalimanı terminal binaları
Sayfa Adedi : 171
Danışman : Prof. Dr. Figen BEYHAN

A SURVEY ON THE APPLICABILITY OF ENERGY-EFFICIENT DESIGN
APPROACHES IN AIRPORT TERMINAL BUILDINGS

(M. Sc. Thesis)

Ece ERESER

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2022

ABSTRACT

The studies regarding energy efficiency and effectiveness becoming the topic of today along with the growing risk of depletion of natural resources and issues experienced in energy supply have started to become a matter of the rapidly developing aviation industry, as in most sectors. Airports which fulfill the principal role as vital point for air transportation in both national and global scales consume significant amounts of natural resources and energy, particularly electricity, during construction and operation. Terminal buildings which are the type of building consuming the highest amount of energy in airport complexes, are important structures that should be considered for energy efficiency studies due to their share in energy consumption and their potential to reduce said share. This thesis study has been realized to determine energy-efficient design approaches that can be applied to provide the efficiency in energy use. In this context, energy-efficient building design parameters, related legislation, terminal building design requirements, and energy efficiency approaches adopted by aviation companies were reviewed, and 10 exemplary terminal buildings that are subject to energy management certification were analyzed. Following the classification and evaluation of the data, a guide was prepared for the design of a sustainable airport terminal building with a focus on energy efficiency, the Kahramanmaraş Airport terminal building selected for the field study was evaluated through the prepared guide and then the study was completed.

Science Code : 80103
Key Words : Energy efficiency, energy efficient building, airport terminal buildings
Page Number : 171
Supervisor : Prof. Dr. Figen BEYHAN

TEŞEKKÜR

Öncelikle tez çalışmamın her aşamasında değerli tavsiyeleri ile yol gösteren, bilgi ve deneyimini benimle paylaşan kıymetli tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Figen BEYHAN' a en içten teşekkürlerimi sunarım. Bu süreçte bana destek ve yardımcı olan hocam Arş. Gör. Merve ERTOSUN YILDIZ' a teşekkür ederim.

Tez çalışması boyunca yoğun dönemlerimde sağladığı kolaylıklar ve desteği için patronum sevgili Ahmet Cem BALKAN' a teşekkür ederim.

Hayatım her anında olduğu gibi tez çalışması sürecinde de yanımda olan ve beni cesaretlendiren canım annem Serpil ERESER' e ve canım babam Bahaettin ERESER' e tüm kalbimle teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	11
2.1. Enerji Verimliliği ve Enerji Verimli Bina Tasarımı	11
2.1.1. Enerji verimli bina tasarımı yaklaşımı.....	12
2.1.2. Binalarda enerji verimliliği sağlamak için oluşturulan yasa, yönetmelik ve standartlar	35
2.2. Havalimanı Terminal Binaları ve Ulusal/Uluslararası Havacılık Kuruluşları İle Havalimanı İşletmeleri Tarafından Benimsenen Enerji Verimliliği Yaklaşımları.....	48
2.2.1. Havalimanı terminal binaları ve enerji verimliliği	53
2.2.2. Ulusal ve uluslararası havacılık kuruluşlarının ve havalimanı işletmelerinin havalimanlarında enerji verimliliği yaklaşımları.....	57
2.3. Enerji Etkin Havalimanı Terminal Binaları Örneklerinin İncelenmesi	73
3. MATERYAL METOT.....	109
4. ALAN ÇALIŞMASI.....	115
4.1. Kahramanmaraş İli İklim Verileri.....	115

Sayfa

4.2. Kahramanmaraş Havalimanı Terminal Binası Genel Bilgileri	116
4.3. Örnek Binanın Enerji Verimliliği Odaklı Sürdürülebilir Havalimanı Terminal Binaları Tasarım Kılavuzuna Göre Değerlendirilmesi ve Öneriler Geliştirilmesi	120
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	153
KAYNAKLAR	161
ÖZGEÇMİŞ	171

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Cam çeşitleri.....	18
Çizelge 2.2. Uluslararası iklim bölgeleri	36
Çizelge 2.3. ASHRAE 90.1, 2016 bölgelere göre tavsiye edilen U değerleri.....	37
Çizelge 2.4. 2013 yılı bölgelere göre en fazla değer olarak tavsiye edilen U değerleri.....	38
Çizelge 2.5. Dünyada yaygın kullanılan yeşil bina değerlendirme sistemleri	40
Çizelge 2.6. Dünyada yaygın kullanılan yeşil bina sertifika sistemlerine ait değerlendirme kriterleri.....	40
Çizelge 2.7. Yeşil bina sertifika sistemlerinin değerlendirme kriterlerinin etki oranları	41
Çizelge 2.8. LEED ana kriterlerinin enerji ve sera gazı salınımlarına etki ettiği saptanan alt kredileri ve değerlendirme konuları	42
Çizelge 2.9. BREEAM Enerji ana kriterinin enerji ve sera gazı salınımlarına etki ettiği saptanan alt kredileri ve değerlendirme konuları	45
Çizelge 2.10. ACRP Rapor 21 Yönetim ve operasyonlarda enerji verimliliği uygulamaları.....	62
Çizelge 2.11. ACRP Rapor 21 Enerji kullanan sistemlerde verimlilik uygulamaları	62
Çizelge 2.12. ACRP Rapor 21 Yapı kabuğunda enerji verimliliği uygulamaları.....	63
Çizelge 2.13. Havalimanı terminal binalarında sera gazı emisyonu azaltma uygulamaları.....	64
Çizelge 2.14. Hartsfiels- Jackson Atlanta Uluslararası Havalimanı sürdürülebilir yönetim planı hedef uygulamalar	68
Çizelge 2.15. Outagamie County bölgesel havalimanı enerji tüketimi azaltma ve yenilenebilir enerji kullanım hedefleri	71
Çizelge 2.16. Havacılık kuruluşları ve havalimanı sürdürülebilir yönetim planlarında önerilen enerji verimliliği ve sera gazı azaltma uygulamaları	72
Çizelge 2.17. Galapagos Havalimanı Terminal Binası analiz tablosu.....	74
Çizelge 2.18. San Francisco Uluslararası Havalimanı Terminal 2 analiz tablosu	78

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.19. Adnan Menderes Havalimanı İç Hatlar Terminali analiz tablosu	80
Çizelge 2.20. Los Angeles Uluslararası Havalimanı Tom Bradley Terminal Binası analiz tablosu.....	84
Çizelge 2.21. Sacramento Uluslararası Havalimanı Terminal B analiz tablosu	86
Çizelge 2.22. San Diego Uluslararası Havalimanı Terminal 2 analiz tablosu.....	89
Çizelge 2.23. San Jose Uluslararası Havalimanı Terminal B analiz tablosu	92
Çizelge 2.24. Londra Southend Havalimanı Terminal Binası analiz tablosu	96
Çizelge 2.25. Oslo Havalimanı Ek Terminal Binası analiz tablosu.....	98
Çizelge 2.26. Heathrow Havalimanı Terminal 2 analiz tablosu	101
Çizelge 2.27. Analiz edilen örnek terminal binalarında gerçekleştirilmiş enerji verimliliği ve sera gazı azaltma uygulamaları.....	107
Çizelge 4.1. Bina künyesi	117
Çizelge 4.2. Kahramanmaraş Havalimanı terminal binasının yapı kabuğu opak bileşenlerinin özellikleri	127
Çizelge 4.3. TS 825 Standardı ve mevcut terminal binasının yapı kabuğu opak bileşenlerine ait U değerleri kıyaslaması	129
Çizelge 4.4. Betonarme teras çatı ısı yalıtımı iyileştirme önerisi.....	129
Çizelge 4.5. TS 825 2. Bölge U değerleri %25, %50 oranında iyileştirme sonuçları ..	130
Çizelge 4.6. Yapı bileşenleri iyileştirilmiş U değerleri için kullanılan malzeme tipi ve kalınlıkları.....	130
Çizelge 4.7. Mevcut terminal binası cephe saydamlık oranları.....	132
Çizelge 4.8. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerji potansiyelinin coğrafi bölgelere göre dağılımı	138
Çizelge 4.9. 16 adet havalimanı terminal binasının otopark sayılarının kapalı inşaat alanlarına oranı	145
Çizelge 4.10. Kahramanmaraş Havalimanı var olan ve kılavuz kapsamında önerilen uygulamalar	150

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tez akış şeması.....	9
Şekil 2.1. İklim bölgelerine göre bina yönlenmeleri.....	13
Şekil 2.2. Güneş ışınlarına göre şekillenen farklı türdeki gölgeleme elemanları	19
Şekil 2.3. Güneş kontrol elemanları ve uygulandıkları yön bilgileri.....	20
Şekil 2.4. Çift kabuk cephe sistemlerinin çalışma ilkesi	22
Şekil 2.5. Güneş peteği sisteminin bileşenleri ve çalışma prensibi	24
Şekil 2.6. Trombe duvar sisteminin çalışma prensibi	25
Şekil 2.7. PV hücre, modül, panel ve solar dizisi	26
Şekil 2.8. Fotovoltaik panellerin yapıda kullanımı	27
Şekil 2.9. Havalimanı genel yapısı	49
Şekil 2.10. Terminal binası yolcu akış ve fonksiyon şeması	51
Şekil 2.11. Havalimanlarında kullanılan enerji kaynakları.....	54
Şekil 2.12. Örnek bir havalimanının enerji tüketimleri	55
Şekil 2.13. Terminal binasında sistemlerin enerji tüketim oranları	56
Şekil 2.14. İncelenen ve analiz edilen havalimanı terminal binalarının konumları ve aldıkları sertifika çeşidi	74
Şekil 3.1. Veri tabanının oluşturulması -Tasarım kılavuzunun üretilmesi süreci.....	109
Şekil 3.2. Enerji verimliliği odaklı sürdürülebilir havalimanı terminal binaları tasarım kılavuzu değerlendirme konuları (DK).....	110
Şekil 3.3. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 1 (DK1), Arazi kullanımı	111
Şekil 3.4. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 2 (DK2), Bina yönelimi.....	111
Şekil 3.5. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 3 (DK3), Bina formu	112
Şekil 3.6. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 4 (DK4), Bina kabuğu	112
Şekil 3.7. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 5 (DK5), Gölgeleme elemanları	112

Şekil	Sayfa
Şekil 3.8. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 6 (DK6), Yenilenebilir enerji kaynaklarının tasarımı.....	113
Şekil 3.9. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 7 (DK7), Konum ve ulaşım	113
Şekil 3.10. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 8 (DK8), İç mekan çevre kalitesi...	113
Şekil 4.1. Kahramanmaraş İli iklimsel verileri	115
Şekil 4.2. Kahramanmaraş Havalimanı vaziyet planı	117
Şekil 4.3. Kara tarafı ve hava tarafı görünüşleri	118
Şekil 4.4. Yan cephe görünüşleri	118
Şekil 4.5. Zemin kat planı ve fonksiyon gruplandırması	120
Şekil 4.6. Birinci kat planı ve fonksiyon gruplandırması	120
Şekil 4.7. Terminal binası biyoiklimsel verilere göre vaziyet yerleşimi	125
Şekil 4.8. Konsept iç avlu tasarım önerisi.....	126
Şekil 4.9. Mevcut terminal binası betonarme teras çatı ve çelik konstrüksiyon çatı sistem detayları	128
Şekil 4.10. Mevcut terminal binası dış duvar ve toprak temaslı döşeme sistem detayları	128
Şekil 4.11. Yeşil cephe uygulaması yapılması önerilen dış duvar alanları.....	133
Şekil 4.12. Güney cephede yer alan saydam yüzeyler.....	135
Şekil 4.13. Doğu ve batı cephelerde yer alan saydam yüzeyler.....	136
Şekil 4.14. Terminal binası PV panel kurulumu için alan önerisi	139
Şekil 4.15. Mevcut yapı güney cephesinde PV panel sistem kurulum önerisi	141
Şekil 4.16. Kahramanmaraş havalimanı terminal binası otopark alanlarının yerleşimi .	144
Şekil 4.17. Kahramanmaraş Havalimanı terminal binası öneri vaziyet planı çalışması.	148

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Quai Branly Müzesi cephesi, bitkilendirilmiş cephe uygulaması	23
Resim 2.2. PV paneller ile giydirme cephe uygulaması	28
Resim 2.3. Fotovoltaik panellerin düşey ve yatay gölgeleme elemanı olarak kullanımı.....	28
Resim 2.4. Fotovoltaik panellerin sabit ve hareketli gölgeleme elemanı olarak kullanımı	29
Resim 2.5. Eğimli çatıda PV panellerin çatı kaplaması olarak kullanımı	30
Resim 2.6. Yarı geçirgen fotovoltaik panellerin atriyumda kullanımı	30
Resim 2.7. Boston Logan Uluslararası Havalimanında kullanılan rüzgar türbinleri.....	32
Resim 4.1. Kahramanmaraş Havalimanının konumu	116
Resim 4.2. Terminal binası dış görünüşleri	119
Resim 4.3. Terminal binası yakın çevresi malzeme kullanımı	121
Resim 4.4. Dış mekan gölgeme elemanı örnekleri	123
Resim 4.5. Check-in salonu ve bagaj alım salonlarında doğal aydınlatma	135
Resim 4.6. Yapı güney cephesinde konumlanan saçak	136
Resim 4.7. Yapının güney cephesinde uygulanması önerilen hareketli yatay alüminyum güneş kırıcı elemanlar.....	137
Resim 4.8. Yapının doğu ve batı cephelerinde uygulanması önerilen hareketli düşey alüminyum güneş kırıcı elemanlar.....	137
Resim 4.9. Toplu ulaşım araç durağı ve korunaklı bekleme alanı.....	143
Resim 4.10. Açık otopark alanlarında PV panellerden oluşan üst örtü önerisi	146
Resim 4.11. İç mekan parlama kontrolü çözümleri	149

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklamalar

\$	Dolar
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
GWh	Gigawatt saat
h	Saat
Kg	Kilogram
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt saat
m	Metre
m ²	Metrekare
MW	Megawatt
W	Watt

Kısaltmalar

Açıklamalar

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ACA	Airport Carbon Accreditation
ACI	Airport Council International
ACRP	Airport Cooperative Research Program
ASE	Annual Sunlight Exposure
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
BRE	Building Research Establishment

Kısaltmalar**Açıklamalar**

BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency
CDD	Cold Degree Days
CEM	Collaborative Environmental Management
CFC	Kloroflorokarbon
CRT	Cathode Ray Tube
EEC	European Energy Commission
EPR_{INC}	Energy Performance Ratio
EPS	Polistiren köpük
EUROCONTROL	Avrupa Hava Seyrüsefer Güvenliği Örgütü
FAA	Federal Aviation Administration
HDD	Hot Degree Days
HK-BEAM	Hong Kong Building Environmental Assessment Method
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
IATA	International Air Transport Association
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light-Emitting Diode
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
Low-e	Low Emissivity
LZC	Low or Zero Carbon
PV	Photovoltaic
PV/T	Photovoltaic-Thermal
Sda	Spatial Daylight Autonomy
SHGC	Solar Heat Gain Coefficient
SHGM	Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
SDI	Solar Reflectance Index
TRB	Transportation Research Board
TS	Türk Standartları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü

Kısaltmalar**Açıklamalar****U- değeri**

Isıl iletkenlik katsayısı

USGCB

United State Green Building Council

XPS

Ekstrude polistren köpük

1. GİRİŞ

Endüstri devrimiyle birlikte yaşanan teknolojik gelişmelerle ve yaşam biçiminin değişmesiyle enerjiye bağımlılık gün geçtikçe artmaktadır. Ekosistem üzerindeki uzun vadeli olumsuz etkilerinin tahmin edilemediği, çevre bilincinin oluşmadığı dönemlerde enerji, fosil kökenli kaynaklardan elde edilmiştir. 1970'lerin ortasında yaşanan enerji krizi enerji kullanımındaki en büyük dönüm noktası olmuştur. Enerji kriziyle birlikte fosil kökenli kaynakların sınırsız olmadığına farkına varılması, bu kaynakların fiyatlarında yaşanan ani değişiklikler ve temininde yaşanan sıkıntılar, çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin dikkat çekmeye başlaması ile enerji verimliliği çalışmalarına önem verilmiş, alternatif enerji kaynakları araştırılmaya başlanmıştır.

Dünyadaki enerji tüketiminin büyük bölümü yapı kaynaklıdır. Doğal kaynakların önemli bir kısmını kullanan yapı sektörü, hammaddenin elde edilmesinden başlanarak, yapım, kullanım ve yıkım aşamalarında enerji kullanmaktadır. Artan konfor arayışı ve değişen kullanıcı ihtiyaçları; havalandırma, ısıtma ve aydınlatma gibi yüksek enerji tüketimli sistemlerin yapıda çok daha fazla yer bulmasına sebep olmuştur. Avrupa birliği (AB) ülkelerinde toplam enerji kullanımının %40'tan fazlası, karbondioksit salınımlarının %30'u ve doğal kaynakların yaklaşık %50'sinin yapı sektörü tarafından kullanılıyor olması çevresel sorunların oluşmasında bina yapım ve tasarımının büyük oranda etkili olduğunu göstermektedir (Kadiroğlu, 2011). Yapıların işlevi, mimari karakteristiği, kullanım süreleri enerji tüketimlerini doğrudan etkileyen parametrelerdir. Yapı sektörünün enerji ve kaynak tüketimindeki büyük payı, yapılarda enerji verimliliğine yönelik çalışmaların artmasına ve sektörün enerji etkin yapı tasarımı kavramıyla tanışmasına sebep olmuştur.

Sivil havacılık, dünyada en hızlı gelişen sektörlerden biridir. 1970 yılından bu yana yıllık ortalama %5'lik gelişme göstererek, 3,3 milyon yolcu ile dünya ekonomisine 2,2 trilyon dolarlık katkı sağlamaktadır (Kılıkış ve Kılıkış, 2017). Ülkelerin gelişmişlik seviyelerinde belirleyici rol oynayan havacılık sektörü gösterdiği büyüme eğilimini devam ettirerek sera gazı salınımlarında önemli bir etken haline gelmiştir. Küresel ısınmaya yol açan sera gazı salınımlarının %3,5'lik kısmı havacılık sektörü kaynaklıdır. Havacılık faaliyetlerinin sadece %10'u havada gerçekleşirken %90'ı karada yani havalimanlarında gerçekleşmektedir. Bu

değerler göstermektedir ki, artan talepler doğrultusunda kapasiteleri ve sayıları gün geçtikçe artan havalimanları küresel ısınmada büyük bir paya sahiptir (Oto, 2011).

Ulusal ve küresel ölçekte havacılık ulaşımı için düğüm noktası görevi gören havalimanları kendilerine has özellikleri ile ve farklı karakterde çok sayıda yapının bir araya gelerek oluşturduğu bir kompleks olarak küçük şehirlere benzetilebilir. Havalimanları, yapım ve işletim süreçlerinde başta elektrik olmak üzere büyük miktarda doğal kaynak ve enerji tüketmektedir. Yılın her günü ve her saati aktif olarak kullanılan, kullanıcı yoğunluğunun fazla ve sürekli olduğu, farklı iç mekan gereksinimlerine sahip, mimari karakteristiği nedeniyle iklimlendirme yükü yüksek olan terminal binaları ise toplam enerji tüketiminde %50'den fazla payla, havalimanlarındaki en yüksek enerji tüketimine sahip binadır (Li, Zhang, Wang, Xu ve Su, 2017).

Ulusal ve uluslararası düzeyde giderek artan enerji verimliliği yaklaşımı ve temiz enerji arayışı tüm yapı sektörüne olduğu gibi havalimanı yapılarında da enerji etkin binaların yapılmasını gündeme getirmiştir. Enerji tüketimindeki payı ve bu payın azaltılması için sahip olduğu potansiyel nedeniyle terminal binaları enerji verimliliği çalışmaları için ele alınması gereken önemli yapılardır. Diğer yandan; terminal binaları yolcular için ülke hakkında ilk izlenimlerin edinildiği mekanlar olarak imaj kaygısı gözetilerek tasarlanmaktadır. Yapının, çevreci ve yenilikçi bir tasarım anlayışıyla planlanması içinde bulunduğu ülke adına bir prestij kaynağı olarak görülmektedir. Terminal binalarında enerji kullanımında verimlilik sağlamak için uygulanabilecek enerji etkin tasarım yaklaşımlarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada yol haritası belirlemek için aşağıdaki çalışmalar incelenmiştir;

2021 yılında Gazi Üniversitesi'nde Peyman Umre Ersan tarafından yapılan "Saydam Cephelerde Soğutma Yüklerinin Azaltılmasına Yönelik Bir Karar Destek Sistemi Önerisi" isimli doktora tez çalışmasında saydam cepheli yüksek katlı binalarda soğutma yükünü azaltmak için uygulanabilecek enerji verimli tasarım stratejilerini saptamak ve belirlenen stratejilerin etki seviyelerini belirleyen bir tasarım destek sistemi geliştirmek amaçlanmıştır, bu doğrultuda saydam cepheli ve ekolojik bina olarak kabul görmüş 50 yapı örneği ve literatürden elde edilen soğutma stratejilerinin örnek yapılarda uygulanış metotları incelenmiştir. Cross'un beş dereceli skolasından yararlanılarak belirlenen soğutma stratejilerinin performans değerlendirmesi ve etki derecelerinin sınanması amacıyla mevcut

bir ofis binasının iyileştirme senaryoları Design Builder programıyla simüle edilmiş ve soğutma yükleri hesaplanmıştır (Ersan, 2021).

Meryem Alagöz'ün 2020 yılında yaptığı “Güneş Verileri Bağlamında Optimum Yapı Kabuğu Tasarımı Odaklı Bir Yöntem Önerisi” isimli doktora çalışmasında güneş odaklı mimari tasarımın erken aşamalarında yararlanılan sayısal programlarda, komşu binaların göz önünde bulundurulduğu yapıli çevrelerde karmaşık ve uzun algoritmik bağlantıların kullanıldığı saptanmış, bu bağlamda optimum sonucu elde etmek için hızlı ve kolay bir çözüm yolu geliştirmek amaçlanmış ve tez kapsamında Sıkıştırılmış Kısa Yol araçları (SKY) geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritmik araçlar ile uygulanan öneri yöntemin, yapıli çevrelerde yapının optimum enerjide olmasını sağlayan bir yöntem olarak kullanılabilirliği ortaya konulmuştur (Alagöz, 2020).

Seyit Ahmet Yarkın tarafından yapılan “Mevcut Binalarda Yenileme Çalışmalarının Enerji Verimliliği Yaklaşımları Çerçevesinde Etkinliği ve Uygulanabilirliği” isimli yüksek lisans tez çalışmasında, mevcut binaların enerji verimliliğini artırmaya yönelik yapılacak yenileme çalışmalarının uygulanabilirliğini araştırmak amaçlanmıştır. Avrupa'dan seçilen 20 yenileme örneği incelenmiş ve yenileme çalışmalarında yol gösterici olacak enerji etkin yenileme parametreleri saptanmaya ve bu doğrultuda kılavuz oluşturulmaya çalışılmıştır (Yarkın, 2017).

2021 yılında Gazi Üniversitesi'nde Ceren Nur Arıkan tarafından “AB'nin '20/20/20' Hedeflerinin Türkiye'de Uygulanabilirliği Üzerine Bir İnceleme: Neredeyse Sıfır Enerjili Otel Binaları” isimli yüksek lisans tez çalışması yapılmıştır. Tez çalışmasında Neredeyse Sıfır Enerjili Bina iyileştirme potansiyelini araştırmak ve otel binalarının iyileştirilmesi için örnek bir kılavuz oluşturmak amaçlanmıştır. Alan çalışması olarak belirlenen örnek otel binası analiz aracı olarak seçilen Designbuilder programına aktarılıp analizi yapılmış ve elde edilen veriler ışığında iyileştirme senaryoları hazırlanmış ve bu senaryolar sınanarak en uygun senaryo belirlenmiştir (Arıkan, 2021).

2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde Elçin Kadiroğlu tarafından “Türkiye'de Enerji Etkin Yapı Üretimi için Tasarım Kriterleri” isimli yüksek lisans tez çalışması yapılmıştır. Çalışmada yapı sektörünün neden olduğu enerji tüketimini azaltmak için enerji verimli yapı tasarım esaslarının belirlenmesi amaçlanmış, Türkiye'deki iklimsel farklılıklar

dört makro iklim bölgesi çerçevesinde değerlendirilip, yapılarda enerji tüketimini azaltmak için makroklimatik ve mikroklimatik özelliklerin analizi yapılarak enerji etkin yapı tasarımına yönelik kriterler belirlenmiştir (Kadiroğlu, 2011).

Çiğdem Belgin Dikmen'in 2011 yılında yaptığı "Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi" isimli çalışmada sürdürülebilir yapı tasarımı ana başlığı altında enerji etkin yapı kavramı sorgulanmış ve mimarlık disiplinine etkileri irdelenmiştir. Yapılardan enerji etkinliği uygulamalarının Türkiye ve Dünya'daki örnekleri incelenmiştir (Dikmen, 2011).

2011 yılında Ankara Üniversitesi'nde Nurhan Oto tarafından "Çevresel Sürdürülebilirlik ve Havaalanları: Esenboğa Havalimanı Örneği" isimli doktora tezi çalışması yapılmıştır. Çalışmada havalimanlarının çevresel etkilerini azaltmaya yönelik çevresel sürdürülebilirlik yaklaşım ve uygulamaları araştırılmış, Esenboğa havalimanı örneği incelenerek Türkiye koşullarına uygun sürdürülebilir havalimanı esasları ve kazanımları ortaya konulmuştur. Sürdürülebilir havaalanı planlama, yapım ve işletim esasları başlığı altında havaalanlarında enerji etkinliği, salımlar, hava kalitesi kontrolü ve yönetimi konularında havacılık kuruluşlarının enerji verimliliğine yaklaşımları incelenmiştir (Oto, 2011).

Sara Yunus, "Havalimanı Terminal Binalarında Uygulanan Ulusal ve Uluslararası Sürdürülebilir Tasarım Yaklaşımlarının İncelenmesi ve Örnekler Üzerinden Değerlendirilmesi" isimli yüksek lisans tez çalışmasında havalimanı terminal binalarında uygulanan sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarını araştırmış, ulusal ve uluslararası düzeyde getirilen yasal zorunlulukları, havalimanı özelinde oluşturulmuş sürdürülebilir tasarım kılavuzlarını ve havalimanı terminal binalarında uygulanan yeşil bina sertifika sistemlerini sürdürülebilirlik bağlamında ele almıştır. Sürdürülebilir Havalimanı Terminal Binaları İçin Öngörülen Tasarım Ölçütleri arasında ele alınan enerji verimliliği konusu ile terminal binalarında uygulanan enerji verimliliğini sağlamaya yönelik girişimlerden bahsedilmiştir (Yunus, 2019).

Sergio Ortega Alba ve Mario Manana 2016 yılında havalimanlarında enerji tüketiminin araştırıldığı bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada havalimanlarında kullanılan başlıca enerji kaynakları ve tüketim alanları ortaya konmuş, elde edilen veriler sonucunda terminal binalarının havalimanlarında en yoğun enerji tüketimine sahip yapılar olduğu sonucuna varılmıştır. Enerji verimli aktif sistemler ve havalimanlarında kullanılan yenilenebilir enerji

kaynakları ele alınmış, terminal binasının başlıca enerji tüketen sistemlerinde enerji verimliliği ve enerji korunumu sağlamaya yönelik uygulamalardan bahsedilmiştir. Enerji modellemesi ve simülasyonunun enerji tüketimini azaltmadaki önemi vurgulanmıştır (Alba ve Manana, 2016).

Ömer Faruk Yıldız, Mehmet Yılmaz, Adem Çelik ve Edip İmik yaptıkları çalışmada enerji maliyetlerini ve sera gazı salınımlarını azaltmak amacıyla havalimanlarında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım olanaklarından bahsetmişlerdir. Yenilenebilir enerji sistemlerinin havacılık operasyonlarına etkileri, uygulama zorlukları, finansal, çevresel ve teknik açıdan fırsatları, riskleri ve zorlukları değerlendirilmiş, Dünyada ve Türkiye’de havalimanlarında yenilenebilir enerji kullanımı incelenmiştir (Yıldız, Yılmaz, Çelik ve İmik, 2020).

2017 yılında yapılan “Havalimanlarında Fotovoltaik Sistemlerin Genel Tasarım Yöntemleri” isimli çalışmada havalimanlarında PV panellerin kullanımında karşılaşılan ana endişe nedenleri, havacılık faaliyetlerine engel oluşturmayacak şekilde tasarıma entegre edilmesi ve konumlandırılması ile ilgili önlemler incelenmiş, havalimanları için PV panel tasarım parametreleri belirlenmiştir. Çalışma alanı olarak seçilen Houghton County Memorial havalimanında PV panel tasarımı modelleme ve simülasyonu yapılmıştır. Yapılan araştırma ile havalimanlarında PV panellerin kullanımında teknik engellerin nasıl aşılabileceği ortaya konmuştur (Anurag, Zhang, Gwamuri ve Pearce, 2017).

2017 yılında Mehmet Kadri Akyüz, Önder Altuntaş ve Vedat Veli Çay tarafından “Havalimanı Terminal Binalarında Isı Yalıtımı ve Isıcının Enerji Performansına Etkisi” isimli çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada Uluslararası Hasan Polatkan Havalimanı terminal binası kabuğunda yapılacak tadilat ve yenileme işlemlerinin ısıtma enerjisi üzerine etkisi değerlendirilmiştir. TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardı kullanılarak yapılan hesaplamalarla yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacındaki değişiklikler ve ekonomik geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Çalışma; havalimanı terminal binalarında enerji performansı ve enerji kaynaklı maliyetlerin azaltılması konusunda bina kabuğunun önemini vurgulamaktadır (Akyüz, Altuntaş ve Çay, 2017).

Víctor Fernando Gómez Comendador, Rosa María Arnaldo Valdés ve Bernard Lisker tarafından 2019 yılında yapılan çalışmada öncelikle havalimanlarının çevresel etkileri

sınıflandırılmış, yeşil bina sertifika sistemleri karşılaştırılarak analiz edilmiş ve bu sistemlerin havalimanlarını derecelendirmede güçlü yönleri ve eksiklikleri belirlenmiştir. Yapılan analizle mevcut sertifika sistemlerinin havalimanlarının performansını değerlendirmede yetersiz kaldığı sonucu ortaya konmuştur. Çalışma ile havalimanlarına yönelik bir sertifika sistemi oluşturmak için mevcut yeşil bina değerlendirme sistemlerine ilave edilmesi gereken kriterler belirlenmiştir (Comendador, Valdés ve Lisker, 2019).

Figen Çelik tarafından 2021 yılında “Sürdürülebilir Havalimanı Yolcu Terminal Binaları İçin Ulusal Ölçekte Bir Tasarım Modeli Önerisi” isimli doktora tez çalışması yapılmıştır.

Çalışmada; havalimanlarında sektörün çevresel etkilerini azaltmaya yönelik girişimlerinin sıklıkla işletme sürecinde uygulanmasına dikkat çekilmiş, bu uygulama ve stratejilerin planlama ve yapım süreçlerinde de göz önünde bulundurulması gerekliliğine vurgu yapılmıştır. Mevcut ve yeni terminal binalarında sürdürülebilirlik hedefine ulaşabilmek amacıyla sürdürülebilir bir tasarım modeli oluşturmak için kriterler belirlenmiştir. Elde edilen bu kriterler, Alaçatı havalimanı terminal binası üzerinden örneklenmiştir (Çelik, 2021).

Enerji etkin tasarım yaklaşımlarının terminal binalarında uygulanmasına yönelik yapılan literatür taramasında genel olarak havalimanı terminal binalarında enerji verimliliği konusunun, sürdürülebilirlik ana başlığı altında ele alındığı görülmektedir. Terminal binalarının havalimanı kompleksi içerisinde en çok enerji tüketen yapılar olduğu ve fonksiyonları gereği diğer yapılardan farklılaşan bir mimari karaktere sahip olduğu göz önüne alındığında; terminal binası tasarımında enerji etkin tasarım yaklaşımlarının başlı başına araştırılması gereken önemli bir çalışma alanı olduğu düşünülmektedir.

Havalimanı terminal binalarında enerji etkin tasarım yaklaşımları ile ilgili çalışmaların sınırlılığı ve tasarım kriterlerinin daha çok teorik olarak saptanıp, örnek uygulamalar üzerinden uygulanabilirliğinin yeterince değerlendirilmemiş olması sebebiyle bu çalışmanın gerçekleştirilmesine gerek duyulmuştur. Bu çerçevede havalimanı terminal binalarının genel tasarım prensipleri ve enerji tüketim alanları, enerji etkin terminal binası tasarımına yönelik yaklaşımlar, standart ve kılavuzlar incelenmiş ve örnekler üzerinden enerji verimliliği uygulamaları saptanmış, öneriler geliştirilmiştir. Böylece enerji etkin bir havalimanı

terminal binasının tasarımına rehberlik edebilecek bir kılavuz kaynak ortaya koymak amaçlanmıştır.

Enerji etkin terminal binası tasarımı kapsamında yapılan çalışmada; terminal binalarında enerjinin etkin kullanımının önemine dair farkındalığın artırılacağı, incelenen örnek projeler ve standartlar, rehberler ve sertifika sistemleri yardımıyla terminal binaları için en uygun enerji verimliliği yaklaşımlarının saptanabileceği, tasarım ve yenilemeler sırasında enerji verimliliği uygulamaları için mimarlara yol gösterici bir rehber oluşturulacağı ve böylece yatırım maliyeti yüksek olan terminal binalarında doğru şekilde uygulanmış yaklaşımların ekonomi ve doğal kaynakların korunumu konusunda olumlu etkilerinin olacağı varsayılmıştır.

Tez çalışması, belirlenen hedefler doğrultusunda beş ana başlık altında incelenmiştir. Giriş bölümünde araştırma kapsamı ve çalışmanın hedefleri belirtilmektedir.

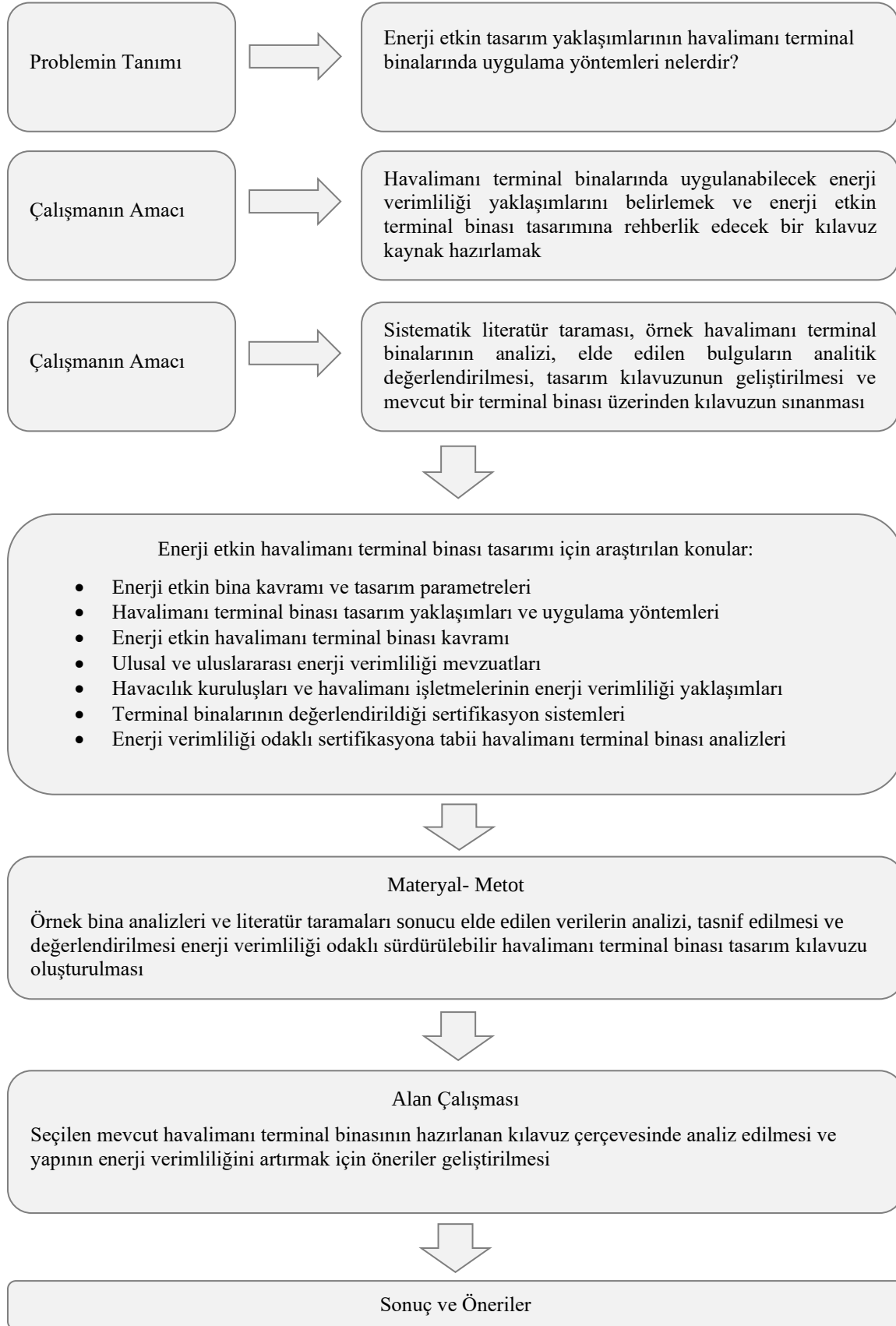
İkinci bölümde; ilk olarak enerji etkin yapı kavramı ve tasarım parametreleri ortaya konmuş, enerji verimliliği ile ilgili ulusal ve uluslararası mevzuatlar incelenmiş, havalimanlarını değerlendirilmesinde başvurulacak sertifika sistemlerinin enerji verimliliği ve sera gazı azaltma yaklaşımları anlatılmıştır. Daha sonra havalimanı kavramı ve terminal binalarının tasarım gerekliliklerine değinilmiştir. Çalışmanın devamında enerji etkin terminal binası kavramı anlatılarak terminal binalarının enerji tüketim alanları belirtilmiştir. Ulusal ve uluslararası havacılık kuruluşlarının ve havalimanı işletmelerinin konuyla ilgili yayınladıkları kaynaklar analiz edilmiştir. Havalimanı terminal binalarında enerji verimliliği ile ilgili teorik yaklaşımlar incelenerek enerji etkin terminal binası gerekliliklerini ortaya koyan bir çizelge oluşturulmuştur. Bölümün devamında ise Türkiye’de ve Dünya’da LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) ve BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) sertifika sistemleri tarafından derecelendirilmiş 10 farklı örnek havalimanı terminal binaları analiz edilmiş ve somut olarak uygulamaya yansımış enerji verimli tasarım yaklaşımlarının saptandığı bir çizelge oluşturulmuştur.

Üçüncü bölümde, yapılan literatür taraması ile elde edilen havalimanı terminal binalarında enerji verimliliği yaklaşımları ile ilgili teorik verilerin ve analizi yapılan örnek terminal binalarında uygulanmış enerji verimliliği uygulamalarının incelenmesiyle saptanmış olan tasarım parametreleri iklim bölgelerinin gereklilikleri dikkate alarak ilişkilendirilmiş,

havalimanı terminal binalarının enerji etkin olarak tasarlanması veya mevcut bir terminal binasının enerji verimli hale dönüştürülmesi için rehber kaynak olarak kullanılabilecek bir kılavuz hazırlanmıştır.

Dördüncü bölümde, değerlendirilmek üzere seçilen mevcut Kahramanmaraş Havalimanı terminal binası oluşturulan kılavuz çerçevesinde ele alınmıştır. Havalimanı terminal binasının kılavuzda belirlenen değerlendirme konularına göre ele alınmış, mevcut durum tespiti yapılmış ve eksik görülen alanlarda enerji verimliliğini artırmaya yönelik uygulama önerileri geliştirilmiştir.

Çalışmanın beşinci bölümü olan sonuç bölümünde ise çalışma ile ortaya konan bulgular ve değerlendirmeler doğrultusunda, oluşturulan kılavuz aracılığıyla havalimanı terminal binalarında enerji verimliliğini sağlamanın önemine dikkat çekilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.



Şekil 1.1. Tez akış şeması

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölüm, tezin metodolojik yapısını destekleyebilmek amacıyla enerji verimliliği odaklı mimari tasarım ve havalimanı terminal binaları hususlarında sistematik olarak gerçekleştirilen literatür taramasından elde edilen bilgileri içermektedir. Üç aşamadan oluşan bölümde öncelikle enerji verimli bina tasarımı incelenerek tasarımda etkin olan parametreler ortaya konmuş ve konuyla ilgili mevzuat irdelenmiş, daha sonra havalimanı terminal binaları tanıtılarak tasarım gerekliliklerine ve ulusal/uluslararası havacılık kuruluşları ile havalimanı işletmeleri tarafından benimsenen enerji verimliliği yaklaşımlarına yer verilmiş ve son olarak enerji kapsamlı sertifika almış havalimanı terminal binası örnekleri analiz edilerek uygulama metotları açıklanmıştır.

2.1. Enerji Verimliliği ve Enerji Verimli Bina Tasarımı

Enerji tüketimi, günümüzde giderek artan bir endişe kaynağı haline gelmiştir. Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler modern yaşamı daha kolay hale getirip, ekonomik büyümeyi desteklemiştir. Fakat, diğer yandan enerji tüketiminin artışına sebep olarak başta iklim değişikliği olmak üzere önemli problemlere neden olmuştur (Chao, Yeh ve Yeh, 2017).

Sera gazı emisyonları, özellikle de fosil yakıtlardan kaynaklanan karbondioksit salınımlarının küresel ısınmada önemli bir payı vardır. Dünya’da enerji tüketiminin 2040 yılına kadar %56 oranında artacağı tahmin edilmekte, günümüzde tüketilen enerjinin büyük oranda fosil kökenli kaynaklardan elde edildiği göz önüne alındığında küresel ısınmanın daha ciddi sorunlar oluşturacağı ön görülmektedir (Akyüz, 2018). Fosil yakıtların küresel ısınma sorununun temel nedeni olması enerjiyi daha verimli kullanma zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. İklim değişikliği ve doğal kaynakların tükenmesi; enerji korunumu, karbon azaltma ve sürdürülebilir gelişim konularını tüm dünyanın gündemine taşımıştır (Gülten, 2020).

Enerji kullanımından kaynaklanan çevresel problemler, ekolojik döngüyü ve dolayısıyla canlı yaşamını tehdit etmektedir. Yapı sektörü, her yıl küresel olarak kullanılan enerjinin %40’ını tüketmektedir. Enerji tüketimindeki büyük payı nedeniyle binaların tasarım ve yapım aşamasında görev alan meslek gruplarının, kentsel ölçekte ve bina ölçeğinde enerjinin

etkin kullanıldığı, çevreye duyarlı, sürdürülebilir alanlar tasarlaması gerekmektedir. Bununla birlikte mevcut yapıların da çeşitli iyileştirme uygulamaları ile enerji etkin yapılar haline getirilmeleri sağlanmalıdır (Güvenç, 2008).

Enerji etkin yapı tasarımı, mimari tasarım sürecinde iklim, yön ve hakim rüzgar gibi çevresel verilerin planlama sürecine dahil ederek, enerjinin verimli ve etkin şekilde kullanılması için tasarım yapılması olarak tanımlanmaktadır. Enerji etkin yapılar tasarlanırken; yapı iklimsel etkilerden korunur veya enerji tüketen mekanik sistemlere olan gereksinimi azaltmak için iklimsel veriler yapı tasarımının bir parçası haline getirilir. Enerji etkin yapı tasarımında ana amaç konfor koşulları gözetilerek yapının enerji ihtiyacının en aza indirilmesi, geleneksel enerji kaynaklarının kullanımının asgari seviyede tutulması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik verilmesidir. Enerji etkin yapı tasarımı yapıya uygun aktif ve pasif sistemlerden yararlanılarak, ısıtma, soğutma, havalandırma, doğal aydınlatma konularında yapı performansını arttırmaya ve enerji korunumu sağlamaya yönelik mimari tasarımlar yapılmasını gerektirmektedir (Dikmen, 2011; Kadiroğlu, 2011).

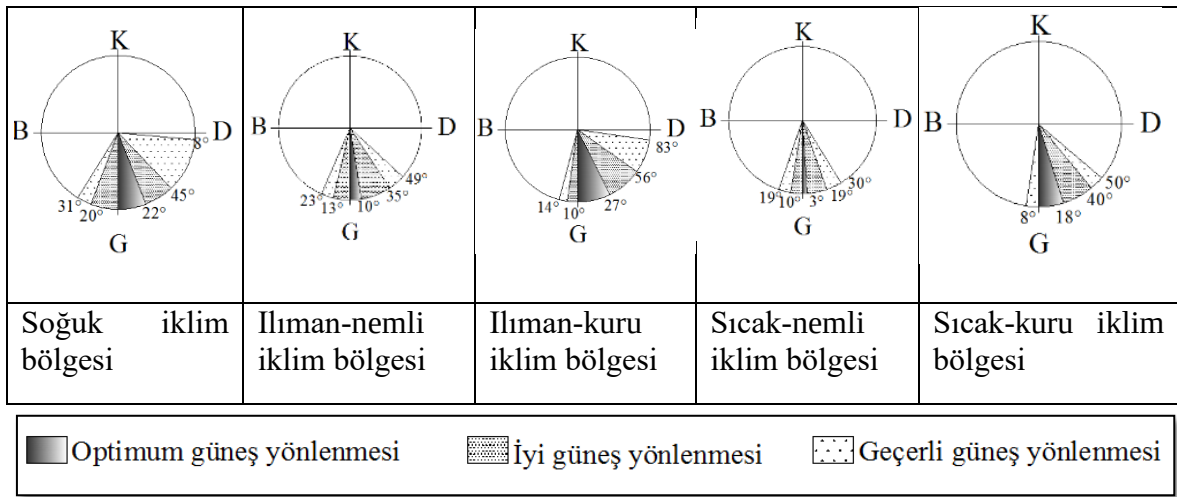
2.1.1. Enerji verimli bina tasarımı yaklaşımı

Enerji verimliliği odaklı mimari tasarımlarda arazi seçimi ve alan özellikleri, mevcut yapılaşma içindeki komşuluk ilişkileri, iklimsel veriler bağlamında binanın konumlanması ve yönlmesi, bina formu, mekân düzenlemeleri, bina kabuğu tasarımı, gölgeleme elemanlarının tasarımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının tasarımı, enerji sistemlerinin tasarımı ve bitkilendirme gibi hususlar öne çıkmaktadır. Çalışma konusu olan havalimanı terminal binaları mevcut bir yapılaşmanın söz konusu olmadığı kendi özel alanlarında inşa edilen bina tiplerinden olduğu için bu kısımda mevcut yapılaşma içindeki komşuluk ilişkileri ihmal edilerek diğer hususlar aşağıda açıklanmıştır.

Binanın konumlanması ve yönelimi

Yönlme, yapıda iç iklimsel konfor koşullarının sağlanmasında büyük önem taşımaktadır. Topografik koşullara uyum, mahremiyet isteği, manzaraya yönelim, gürültüden korunma, rüzgâr yönü, güneş ışınlm şiddeti ve süresi gibi çok sayıda faktör bina yönelimini belirlemede rol oynar. Bina yönlmesi güneşin ısıtıcı ve rüzgârın serinletici etkisinden yararlanmada ya da korunmada önemli bir faktördür. Yönlmeye göre değişiklik gösteren

dış iklim koşulları, iklimsel konfor ihtiyaçları gözetilerek binanın güneş ışınlamı ve rüzgâr etkisinden gerektiğinde yararlanacak, gerekmediği zamanlarda ise korunacak şekilde optimize edilebilmektedir (Soysal, 2008). Yapının tasarım alanındaki doğru yönelişi ile uygun konfor koşulları sağlanabilmekte ve iklimsel etkiler optimize edilmektedir. Şekil 2.1’de görüldüğü üzere yapıların iklim bölgelerine göre yöneliş durumları, optimum, iyi ve geçerli güneş yönelmeleri olmak üzere üç kategoride sınıflandırılmıştır. Buna sınıflandırmaya göre optimum güneş yönelme durumları güneyden doğu yönüne doğru, soğuk iklim bölgelerinde 22°, ılıman - nemli iklim bölgelerinde 10°, ılıman - kuru iklim bölgelerinde 27°, sıcak- nemli iklim bölgelerinde 3° ve sıcak - kuru iklim bölgelerinde ise 18° olarak hesaplanmıştır (Alagöz, 2020).



Şekil 2.1. İklim bölgelerine göre bina yönelmeleri (Alagöz, 2020)

Bina formu

Binanın geometrik şekli, plan düzleminde bina uzunluğunun bina derinliğine oranı, bina yüksekliği, çatı biçimi ve eğimi, cephe eğimi ve çıkıntıları, farklı yönlerde bakan cephe eğimi ve çıkıntıları, cephe ve çatı yüzeyleri arasındaki oranlar bina formunu tanımlamaktadır (Ersan, 2021). Bina formu, yapıyı çevresel etkilerden faydalanma veya korunma seviyesini, dolayısıyla enerji performansını etkileyen önemli bir enerji etkin tasarım parametresidir (Yılmaz, 2006). Binaların ısı kaybı ve kazancı, mekânı oluşturan yüzeylerin hacme olan oranlarına bağlı olarak artar veya azalır. Plan şemasındaki girinti ve çıkıntılar cephe ve çatı yüzeylerinin büyüklüğünü etkileyerek bina dış kabuğunun dış ortamla temasını artırmakta ve ısı kaybına sebep olmaktadır (Soysal, 2008). Bu gibi durumlarda iklim bölgesine bağlı

olarak bina kabuğu bileşenlerinde yalıtım uygulamalarına ve yöne bağlı olarak bina kabuğunda gölgeleme elemanlarının kullanımına doğan ihtiyacın dikkate alınması gerekmektedir.

Soğuk iklim bölgelerinde enerji kaybını azaltmak amacıyla dış yüzey alanı küçük, kompakt formlar kullanılırken, sıcak ve kuru iklim bölgelerinde yapının ısı kazançlarını azaltmak, gölgeli ve serin yaşam alanları yaratmak amacıyla avlulu ve kompakt, sıcak ve nemli iklim bölgelerinde havalandırmadan yararlanmak için uzun cephesi hakim rüzgar yönüne yönelmiş ince uzun formlar ve ılıman iklim bölgelerinde ise soğuk iklim bölgelerinde olduğu gibi kompakt fakat daha esnek yaklaşımların yer aldığı çözümler enerji etkin yapı tasarımında değerlendirilmesi gereken önemli parametrelerdir (Alagöz, 2020).

Bina Kabuğu

Bina kabuğu, güneşin istenmeyen etkilerini sınırlandırarak doğal aydınlatmadan yararlanmaya imkan veren, ısı akımını ileten, doğal havalandırmayı sağlayıp gerekli durumlarda çapraz havalandırmaya olanak veren, ayarlanabilen boşluklara sahip iç ortam ve dış ortam arasındaki bir filtre durumundadır. Meydana geldiği opak ve saydam yapı bileşenleri ile bulunduğu iklim koşullarının olumsuz etkilerinden en az, olumlu etkilerini ise maksimum yönde değerlenmek amacıyla tasarlanmalıdır (Alagöz, 2020).

Opak yüzeyler

Binalarda enerji tüketiminin önemli bir bölümü yapıların ısıtılması veya soğutulması amacıyla gerçekleşmektedir. Bu nedenle dış ortamla yüzleşen yapı kabuğu bileşenlerinde (duvarlar döşemeler, çatı-tavan döşemesi ve zemine oturan döşeme) iklim bölgesine uygun düzeyde opak bileşenlerin tasarımı önemlidir. Bu bağlamda opak yüzeylerin yalıtımı ve sızdırmazlığın sağlanması, böylece iklim bölgesi gözetilerek U değerlerinin olabildiğince aza çekilmesi öne çıkmaktadır. Enerji etkin yapı tasarımında önemli parametrelerden biri olan yalıtım uygulamaları; ısı ve nem kontrolü sağlayarak sağlıklı bir yapı kabuğu oluşturur ve iç mekânda istenilen konfor koşullarının sağlanmasında önemli katkı sağlar. Yalıtım malzemeleri iç ve dış mekân arasında bariyer görevi görerek yapı kabuğunun ısı iletkenliğini azaltmakta, yıl boyunca değişen dış mekan sıcaklığına karşın iç mekan sıcaklığının konfor

koşullarına uygun ve istenilen değerde kalmasını sağlamaktadır. İyi yalıtılmış bir yapı kabuğu ile kışın ısı kayıpları, yazın ise ısı kazançları engellenmektedir (Yarkın, 2017).

Bina kabuğunun performansı iç ortam koşullarını belirlemekte ve istenilen koşulların sağlanması için gerekli olan enerji miktarını doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple, bina kabuğunun optik ve termofiziksel özelliklerinin gerekliliklere uygun seçilmesi ve kabuktaki ısı kazanım ve kayıplarının kontrol edilmesi gerekmektedir.

Soğuk ve ılıman iklim bölgelerinde yapıda ısıtmanın gerekli olduğu gün sayısı, ısıtmaya gerek duyulmayan gün sayısına göre çok olmaktadır. Bu iklim bölgelerinde bina kabuğunun termofiziksel özellikleri belirlenirken ısıtmaya ihtiyaç duyulan dönemin tasarım koşullarına uygun çözümler geliştirilmelidir. Sıcak iklim bölgelerinde ise ısıtmaya ihtiyaç duyulan ve duyulmayan dönemler süre olarak birbirine yakındır. Bu iklim bölgelerinde hem ısıtma ihtiyacı olan dönem hem de ısıtma ihtiyacı olmayan dönem için gerekli tasarım kriterlerine uygun, dış ortam değişkenlerine göre iklimsel konfor koşullarını sağlayacak yapı kabuğunun termofiziksel özelliklerine karar verilmeli ve bu özellikteki yapı kabuğu bileşenlerinden enerji korunumu yönünden en verimli olanı tercih edilmelidir. Bina kabuğunda uygun iklimsel konfor koşullarının sağlanması için yeterli görülen termofiziksel özelliklere uygun olan kabuk alternatiflerinin, ısıtmanın istendiği ve istenmediği zamanlarda ihtiyaç duyulan yapay ısıtma ve iklimlendirme gereksinimlerinde kazanılan veya kaybedilen ısı miktarları göz önünde bulundurulmalıdır. Yapının bulunduğu iklim bölgesinin verilerine göre değişkenlik gösteren bina kabuğundaki yüzeylerin toplam ısı geçirgenlik katsayılarının uygun değerde olması için gereken hesaplamalar yapılmalıdır ve bina kabuğu konstrüksiyonunu oluşturan malzemeler hesaplamalar sonucunda elde edilen değerlere uygun olarak seçilmelidir (Arıkan, 2021).

Bina kabuğunda kullanıla malzemelerin ısı iletkenlik değerlerinin ısı yalıtımına olan etkisi kadar, malzemelerin elde edildiği hammaddeler ve üretimleri esnasında açığa çıkardıkları atıkların niteliği de malzemenin çevresel performansına etkisi bulunmaktadır. Ürün seçiminde çevreye en az zarar veren, ısı yalıtım performansı yüksek olan ve uygulanması kolay malzemelerin seçilmesi amaçlanmalıdır. Isı yalıtım seviyesini artırmak için ilave uygulamalar yapılması ve malzemeler kullanılması, gerektiğinden fazla hammadde tüketimine ve atık oluşumuna sebep olarak yapının çevresel yükünü daha da artırmaktadır.

Bu sebeple yapı kabuğu bileşenleri belirlenirken, performansı üst düzeye çıkaracak optimum çözüme ulaşmayı sağlayan kararlar alınmalıdır (Arıkan, 2021).

Yapı kabuğunun ısısal davranışına etki eden parametrelerden bir diğeri ise opak elemanların yüzey rengidir. Yüzey rengi opak bileşenlerin, yansıtıcılık ve yutuculuk özelliklerini etkileyerek yapının ısı kazanımında rol oynar. Dış duvarlar, çatı gibi yapının dış ortamla temasta olan bileşenleri sıcak iklim bölgelerinde açık, soğuk iklim bölgelerinde ise koyu renkli seçilmelidir (Kadiroğlu, 2011).

Özellikle teras çatılarda uygulanan; yüksek beyaz veya beyaz çatı olarak da adlandırılan soğuk çatı uygulamaları; çatı bitiş malzemesinde gün ışığı yansıtma indeksi (SRI) yüksek malzemelerin kullanıldığı çatılardır. Sıcak ve ılıman iklim bölgelerinde kullanıma uygun olan soğuk çatı sistemleri, güneş ışınlarının %65'ini yansıtarak mekanik iklimlendirme ihtiyacını azaltmakta böylece enerji verimliliği sağlamakta, aynı zamanda ısı adası etkisini azaltarak yapının çevre üzerindeki mikro iklimsel termal etkisini minimize etmektedir (URL-1).

Çatı yalıtımını iyileştiren ve yapının enerji tüketimini sınırlandıran bir diğere çatı uygulaması ise yeşil çatılardır. Yeşil çatı kavramı; çatı yüzeyindeki her türlü bitkilendirme amaçlı uygulamayı içeren, yerel, sosyal, ekolojik ve ekonomik faydalar sağlamak amacıyla tasarlanan, yüzey alanı su geçirmeyen malzemeler ve bunun üzerinde yer alan toprak ve bitkisel öğelerle kaplı alanı ifade etmektedir (Aras, 2019).

Yeşil çatı uygulamaları ile çatıların ana amacı olan üst örtü işlevi yanında enerji etkin bir yapı bileşeni olarak yapıda verimlilik sağlaması hedeflenmektedir. Yeşil çatılar gürültü etkisini azaltma, biyo-çeşitliliğe katkı sağlama, yağmur suyunu tutma, hava sıcaklığını dengeleme gibi yararlarına ek olarak kentsel ısı adası etkisini azaltmakta ve yalıtım sağlamakta böylece binanın enerji performansına olumlu katkıda bulunmaktadır (Ayçam ve Kınalı, 2013; Yarkın, 2017).

Yeşil çatılar yalıtım katmanı olarak görev yapmakta olup rüzgâra bağlı ısı kayıplarında iyileşmeler sağlayabilmektedir. Özellikle sıcak iklimlerde yapının soğutma ihtiyacını dengelemekte ve enerji kullanımını azaltmaktadır. Bu sistemler bitki ve topraktan oluşan malzeme katmanları aracılığıyla çatı yüzeyini güneş ışınlarından korumakta, yüzey

sıcaklıklarının azaltılmasına gölgeleme etkisi ile katkı sağlamaktadır ve iç mekân sıcaklık artışlarının önüne geçmektedir. Yeşil çatı uygulaması yapılmış binalarda geleneksel çatı sistemlerine kıyasla ortalama %10 oranında enerji verimliliği sağlanmaktadır (Aras, 2019).

Yeşil çatı uygulamaları; özellikle birim hacme düşen çatı alanının fazla olduğu, çatı bileşeni yoluyla ısı kayıplarının arttığı, geniş taban oturumlu, teras çatılı ve soğutma yüklerinin fazla olduğu yapılarda verimlilik sağlamaktadır.

Bunların dışında cephe yüzeylerinde enerji verimliliği odaklı çift katmanlı cephe sistemleri, trombe duvar sistemleri ve yeşil duvar sistemleri gibi sistem çözümleri söz konusudur. Bu çözümler sistem çözümleri başlığı altında ayrıca ele alınacaktır.

Saydam Yüzeyler

Camlar; yapının enerji performansını, doğal havalandırma, doğal aydınlatma, güneşten pasif kazanç sağlama imkanlarını ve buna bağlı olarak; ısıtma, soğutma, aydınlatma için gereken enerji miktarını belirleyen önemli yapı bileşenlerinden biridir. Enerji etkin yapı kabuğu tasarlanırken camların istenen enerji performansını karşılaması için uygun optik ve termofiziksel özelliklere sahip olması beklenmektedir. Yapıda cam seçimi yapılırken, camın ısı yalıtımı, ışık geçirgenliği, ses geçirgenliği, renk ve ışık yansıtma özellikleri, statik ve yangın dayanımı ve güvenlik özellikleri değerlendirilmeli ve bu doğrultuda seçim yapılmalıdır. Bu değerlendirmede, binanın bulunduğu bölgenin iklimsel koşulları, yönlenmesi, binanın bulunduğu bölgenin gürültü düzeyi, binanın fonksiyonu birlikte ele alınmalı ve tasarımı ve uygulaması yapılacak bina için uygun cam tipine karar verilmelidir (Ersan, 2021).

Güneşin ve güneşin insan psikolojisi üzerinde olumlu etkileri olmasına karşın, güneşin sebep olduğu problemlerde bulunmaktadır. Bu problemler; görsel ve ısısal kaynaklı olmak üzere iki grupta değerlendirilebilir. Görsel problem, kontrolsüz bir şekilde iç mekana alınan güneşin kamaşmaya sebep olmasıdır. Isısal problem ise, yaz dönemlerinde güneşin doğrudan ve kontrolsüz olarak iç mekana ulaşmasının aşırı ısınmaya sebep olması ve binanın soğutma yüklerinin ve bunun için harcanan enerjinin artmasına neden olmasıdır. Bu nedenle cam seçimi yaparken güneşin istenmeyen etkileri

göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda çok çeşitli yalıtım ve solar kontrol cam üniteleri geliştirilmiştir (Çizelge 2.1) (Ersan, 2021).

Çizelge 2.1. Cam çeşitleri

CAM ÇEŞİTLERİ				
Basit cam	Güvenlik emniyet camları	Güneş-ısı kontrol camları	Akıllı camlar	Enerji üreten camlar
	Lamine camlar	Renkli camlar	Fotokromik camlar	Fotovoltaik camlar
	Temperli camlar	Reflektif camlar	Termokromik camlar	
		Kaplamalı camlar	Gazokromik camlar	
		Yalıtımlı camlar	Elektromik camlar	

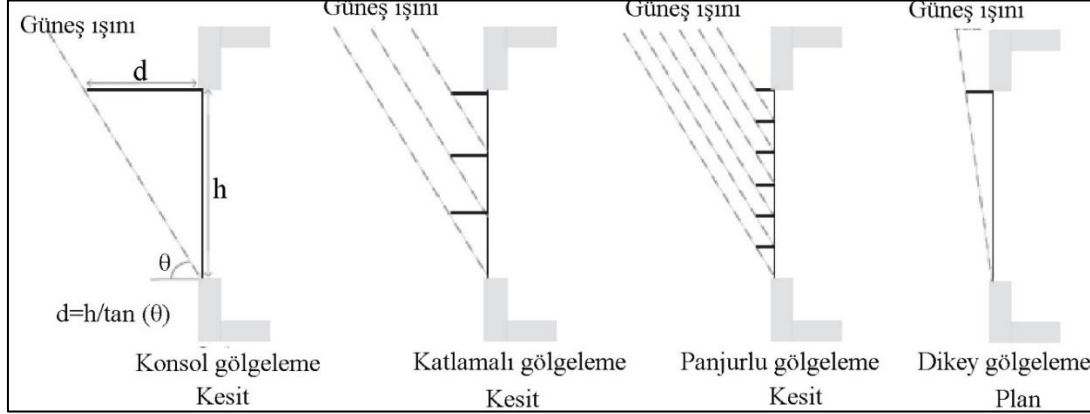
Cam yüzeyine 90 derece açıyla düştüğü kabul edilen toplam güneş ışığının cam veya türevleri tarafından içe geçirilen yüzdesi gün ışığı geçirgenliği olarak tanımlanmaktadır. Gün ışığı yansıtması ise, yine aynı şekilde cam yüzeyine 90 derece açıyla düştüğü kabul edilen toplam güneş ışığının cam veya türevleri tarafından geriye yansıtılan bölümü olmaktadır. Cam yüzeyine gelen güneş ışınlarının bir bölümü hemen dışarıya yansıtılırken, bir bölümü içeriye girmekte ve bir bölümü de cam tarafından soğurulmaktadır. Cephede yer alan saydam yüzeylerin ısı performansında cam tipi kadar pencereyi oluşturan opak ve saydam bileşenlerin ortalama ısı geçirme katsayısı (U_o – değer düştükçe ısı transferi azalır), güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC-Solar Heat Gain Coefficient: 0-1 arasındaki değer 1’e yaklaştıkça ısı kazancı artar), serinlik indeksi (Coolness Index-Dx) ve sızdırmazlık düzeyi (L) öne çıkmaktadır.

Gölgeleme elemanları

Doğal aydınlatma ihtiyacının gözetilmesi koşuluyla binalarda aşırı ısı kazancından kaynaklı soğutma yüklerinin önüne geçebilmek için gerekli yönlerde gölgeleme elemanlarının tasarımı önemlidir. Doğru şekilde tasarlanmış güneş kontrol sistemleri ile iklimlendirme için gereken enerjide %50-79 oranında verimlilik sağlanabilmektedir (Sciuto, 1998).

Gölge elemanları kullanımı, istenmeyen ısı kazançlarını engellemeli fakat gün ışığını kesmeyecek şekilde tasarlanmalı böylece doğal aydınlatmaya, havalandırma esintisine ve manzaraya erişime engel oluşturmamalıdır. Şekil 2.2’de güneş ışınlarının geliş açısına göre

şekillenmiş konsol, katlamalı, panjurlu ve dikey olmak üzere farklı tipte gölgeleme elemanları verilmektedir (Alagöz, 2020).



Şekil 2.2. Güneş ışınlarına göre şekillenen farklı türdeki gölgeleme elemanları (Alagöz, 2020)

Bu farklı türdeki gölgeleme elemanları yine güneş ışınlarına ve geldiği yöne göre yatay, dikey ya da her ikisi yönde tasarlanabilmektedir. Yatay gölgeleme elemanları genel olarak güney yönünde daha etkiliyken, dikey gölgeleme elemanları doğu ve batı yönlerinde daha etkin bir şekilde kullanılabilir. Kafes şeklindeki her iki yönde şekillenen tasarımlar ise güneybatı, güneydoğu, batı ve doğu yönlerinde verimlidir (Şekil 2.3) (Alagöz, 2020).

Görünüş	Kesit	Yön
		Güney
		Güney
		Güney
		Doğu - Batı
		Doğu - Batı
		Doğu - Batı
		Doğu Batı Güneydoğu Güneybatı

Şekil 2.3. Güneş kontrol elemanları ve uygulandıkları yön bilgileri (Arıkan, 2021)

Bu elemanlar, yapı kabuğuna sonradan entegre edildiği gibi tasarım aşamasında verilen kararlarla yapı kabuğunun kendisi de güneş kontrol araçları gibi davranabilir. Güneş kontrolü elemanlarının boyutları, yönü ve kullanım biçimi kararında, gün ışığı geçirgenliği, gün ışığını yansıtma özelliği ve güneş enerjisi toplam geçirgenlik değeri önemli bir rol oynamaktadır.

Jaluzi, perde, stor gibi elemanlarla yapı içerisinde de gölgeleme sağlanabilmektedir. Ancak iç mekan uygulamaları mekânda oluşacak parlamaları engellemekte yararlı olurken, güneş ışığını yapı kabuğundan geçtikten sonra bloke ettikleri için termal kontrol açısından verimli olmayıp, iç mekan ısı artışının önüne geçemezler. Bu nedenle binalarda güneşin ısı ışıınımlarından korunmak için en etkili yol; ışıınımların yapı kabuğunun dışında kontrol edildiği kabuk dışında yer alan güneş kontrol elemanlarıdır (Ersan, 2021).

Sistem çözümleri

Bu başlık altında az katlı yapı grubunda olan havalimanı terminal binalarında uygulanabilir olduğu öngörülen enerji verimliliği odaklı cephe sistemleri incelenmiştir.

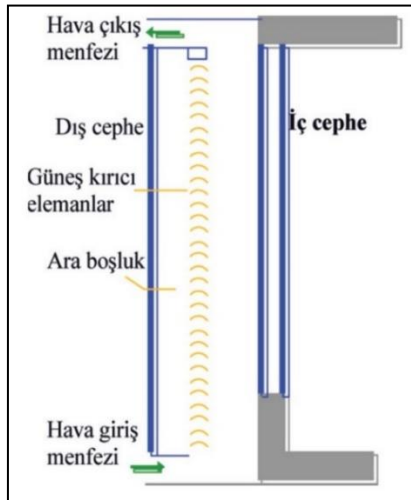
Çift kabuklu cephe sistemleri

Tek kabuklu cephelerin, güneş kontrol elemanlarını bulundursalar bile çevresel faktörlere karşı gereken direnci gösteremeyip, konfor koşullarını sağlamada yetersiz kaldığı durumlarda kullanılmak üzere, olduğu birden fazla katman sayesinde farklı amaçlar için kullanılacak sistem ve mekanizmaların konumlandırılacağı boşluklara sahip birden fazla kabuklu cepheler geliştirilmiştir. Birden fazla kabuklu cepheler mekanik havalandırmalı boşluklu cepheler ve çift kabuklu cepheler olarak ikiye ayrılmaktadır (Ersan, 2021).

Mekanik havalandırmalı cephe sistemlerinde, cephe gerisine güneş kontrol elemanları ile beraber bir cam bölücü yüzey eklenmektedir. İç mekandaki hava, daha düşük basınç ortamı oluşmuş olan cephe boşluğuna hareket etmekte, burada bulunan güneş kırıcı elemanların sıcaklıklarını düşürerek mekanik havalandırma yoluyla bina dışına atılmaktadır. Dışarı atılan havanın ısısı ısı dönüştürücüleri kullanılarak geri kazanılabilmektedir. Havalandırmalı boşluklu cephe sistemlerinin avantajı, iç ortam hava sıcaklığı ile cam yüzeyinin sıcaklığının birbirine yakın olması böylelikle ısıtma ve soğutma yükünün azaltılmasıdır (Ersan, 2021).

Çift kabuklu cephe sistemlerinde; dış cephe kabuğu, iç cephe kabuğu, cephe kabukları arası boşluk ve bu boşlukta yer alan güneş kontrol elemanları olmak üzere farklı fonksiyonlara sahip bileşenler bulunmaktadır. Bu cephe sisteminde dış katman sabit, tek bir renksiz camdan oluşur. Katmanları ayıran ve hava koridoru, hava kanalı olarak isimlendirilen ara boşluk genellikle 20-200 cm arasında değişen ve güneş kırıcı elemanların yerleşimi ve bakım işlemleri için gerekli olan genişliğe sahiptir. Bu hava boşluğu kat yüksekliği boyunca devam edebileceği gibi, bina yüksekliği boyunca da devam edebilir. İç yüzey, çubuk veya birleştirilmiş sistemlerin kullanıldığı, açılır pencerelere sahip Low-e (low emissivity) veya güneş kontrol özellikli genellikle perde duvar sistemidir. Bu sistemde temiz hava iki katman arasındaki boşluğa alınmaktadır. Boşluğa giren havanın hızının önemli ölçüde düşmesi, özellikle rüzgar hızının pencerelerin emniyetli bir şekilde açılmasına izin vermediği yerlerde kullanım kolaylığı sağlamaktadır (Ersan, 2021; İnan ve Başaran, 2015).

Çift kabuklu cephe sistemlerinde dış cephe kabuğu hava şartlarına karşı korunma sağlarken dış ortam gürültüsünün yapı içine girmesini engelleyerek ses yalıtımı görevini de üstlenir. Cephe kabukları arasındaki boşluk iç ve dış ortam arasında tampon bölge görevi görür, yapının ısı yalıtımını destekler, ısı iletim katsayısı ve güneş ısı kazanç katsayısını düşürür, iç ortamın ısıl konforunu artırır, ısı kayıplarını azaltarak enerji verimliliğine katkıda bulunur. Bunun yanında dış katmanda oluşturulan açıklıklar sayesinde ara boşluğa alınan hava, ısınan havanın yükselmesi prensibine dayanarak kirli ve sıcak havanın üst kottan tahliye edilmesine olanak sağlar. Böylece açılır pencereler ile iç mekana temiz hava sağlanırken, baca etkisinden yararlanarak yapının doğal yollarla havalandırılması sağlanır ve gece havalandırması ile yazın gün boyunca yapı bileşenlerinin depoladığı ısı enerjisinin azaltılmasına imkan tanır (İnan ve Başaran, 2015). Aşağıda çift kabuklu cephe sistemlerinin çalışma ilkesi gösterilmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Çift kabuk cephe sistemlerinin çalışma ilkesi (İnan ve Başaran, 2015)

Çift kabuk sistemlerde havalandırılmış boşluk termal tampon bölge olarak çalışmaktadır. Bu boşluk, yapının ısıtma dönemlerinde ısı kayıplarını, soğutma dönemlerinde ise istenmeyen ısı kazanımlarını azaltmaktadır. Bu sistemler sayesinde güneş ışınlarının sebep olduğu kamaşma etkisinin önüne geçilebilir ve doğal aydınlatmadan daha etkin bir şekilde faydalanılabilir. Enerji kayıplarını azaltmayı ve kullanılan enerjiden maksimum fayda sağlamayı amaçlayan yapı kabuğu sistemi olan çift katmanlı cephe sistemleri enerji etkinlik ve termal konfor olarak doğru tasarım ve kontrol stratejileri ile diğer cephe sistemlerine göre daha yüksek performans göstererek enerji tüketimini azaltmaktadır (Ersan, 2021).

Bitkilendirilmiş cephe sistemleri

Bitkilendirilmiş cephe uygulamaları enerji verimli bina tasarımında etkili ve yeni bir yöntemdir. Cephelerde dikey bitkilendirilmiş cephe uygulamaları, bitki örtüsü ve yapı dış kabuğu arasında oluşa hava boşluğu sayesinde konveksiyon yoluyla ısı kaybının önüne geçerek, yapının ısıtma ihtiyacı için gerekli olan enerji miktarını azaltmaktadır. Aynı zamanda ısı yalıtımı görevini de üstlenmektedir. Cephede bulunan bitkilendirilmiş yüzey doğrudan güneş ışınımının yapı kabuğuna ulaşmasını engelleyerek istenmeyen ısı artışının önüne geçer, iç mekan dış mekan arasındaki sıcaklık farklarını dengeleyerek ısıtma ve soğutma maliyetlerinde ciddi bir azalma sağlar. Yapı kabuğunu dış etkilere ve güneşin zararlı etkilerine karşı koruyarak bakım maliyetlerini azaltır. Uygun şekilde tasarlanmış bitkilendirilmiş cephe uygulamaları gölgeleme etkisi oluşturan tampon bölge olmasının yanında, sahip olduğu görsel ve estetik zenginlik sayesinde yapıya değer katar (Zolnoun, 2013).

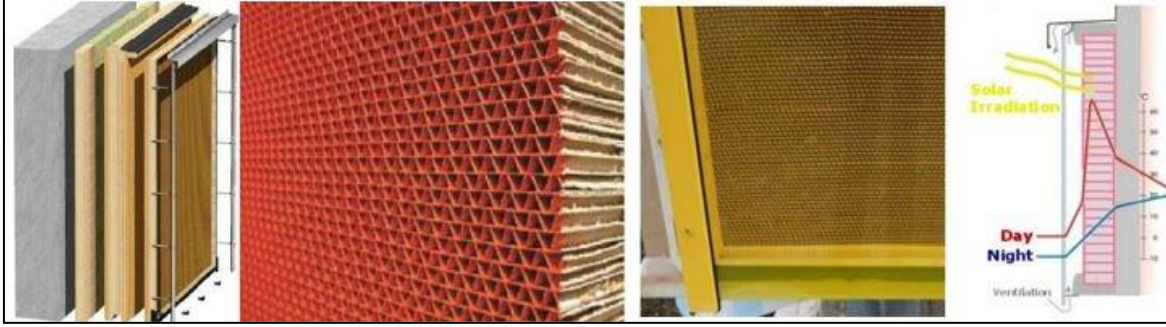


Resim 2.1. Quai Branly Müzesi cephesi, bitkilendirilmiş cephe uygulaması (Yarkın, 2017)

Solar cephe yalıtım sistemleri

Fiziksel özellikleri sebebiyle çok düşük ısı geçirgenlik katsayısına (U-değeri) sahip olan solar cephe sistemi güneş enerjisini absorbe ederek binanın dış yüzeyinde termal bir tampon bölge oluşturur ve yüksek düzeyde ısı yalıtımı sağlar. Cephe sisteminin ana bileşeni doğal kaynaklı malzemelerden üretilmiş güneş petekleridir (Şekil 2.5). Bu petekler duvarın dış kısmına monte edilir ve ısı dayanımlı bir cam ile dış etkenlerden korunur. Güneş ışınları bu petekler tarafından emilerek duvarın dış yüzeyinde sıcak bir bölge oluşturur böylece iç mekandaki ısı kaybı önemli ölçüde engellenir. Yaz aylarında ise petekler gelen güneş

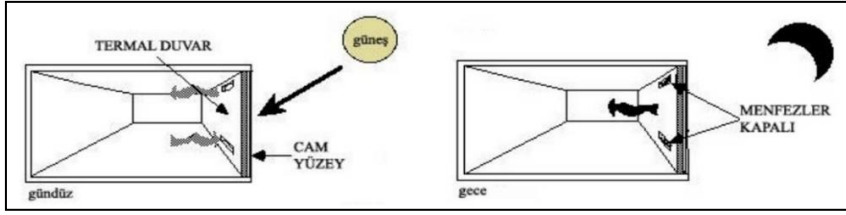
ışıklarının önemli bölümünü yansıtarak gölgeleme elemanına gerek duyulmaksızın, gölgeleme sağlar ve yapı kabuğunu serin tutar. Sistem ile yapıda ısıtma ve soğutma yükü azaltılarak enerji kullanımında verimlilik sağlanır (Yarkin, 2017).



Şekil 2.5. Güneş peteği sisteminin bileşenleri ve çalışma prensibi (Yarkin, 2017)

Trombe (ısı depolayıcı) duvar sistemi

Güneş enerjisinden maksimum fayda sağlamak için genellikle yapının güney cephesinde konumlandırılan trombe duvar sistemi havalandırma açıklıkları bulunan masif bir duvar önünde 5-15 cm boşluk bırakılarak yerleştirilen Low-e kaplamalı cam yüzeyden oluşmaktadır. Genellikle az katlı yapılarda rastlanan bu sistem ısınan havanın yükselmesi prensibi baz alınarak geliştirilmiştir. Cam ve duvar arasında kalan hava ısınarak masif duvar yüzeyinde üst kotta bırakılmış menfezler sayesinde iç mekana alınır, iç mekandaki soğuk hava ise alt kottaki menfezler yardımıyla ara boşluğa geçmekte böylelikle sürekli bir hava sirkülasyonu sağlanmaktadır (Şekil 2.6). Oluşturulan bu hava akımı sayesinde iç mekan ısıtılmaktadır. Toplanan ısının bir kısmı ise masif duvarda depolanır böylece sistem aynı zamanda termal kütle görevi görür. Soğutma dönemlerinde dış cam yüzeyin üst kısmındaki açılır pencere kanatları ile doğal havalandırma sağlanır. Mekanda ısının sabit tutulmasına, ısıtmaya ve doğal havalandırmaya katkısı ile sistem enerji tasarrufu sağlamaktadır (Onar, 2010).



Şekil 2.6. Trombe duvar sisteminin çalışma prensibi (Onar, 2010)

Yenilenebilir enerji kaynaklarının tasarımı

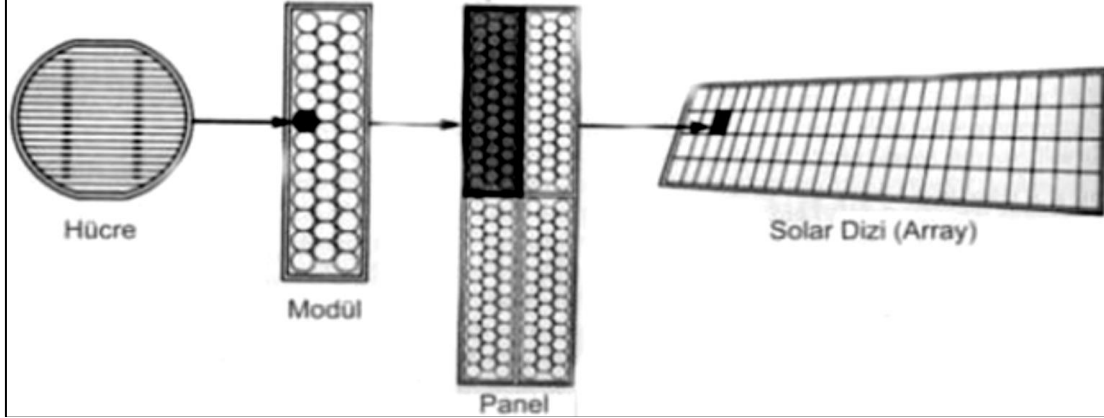
Enerji etkin bina tasarımında; binanın enerji ihtiyacını azaltmaya yönelik alınacak önlemler kadar, enerji kazancını artıracak uygulamalara da yer verilmesi gerekmektedir. Enerjinin korunumunun sağlanmasında ve dışa olan bağımlılığın azaltılmasında aktif sistemlerle enerji elde etmek önemli bir enerji tedarik yöntemidir. Bu sebeple geliştirilen yenilenebilir enerji teknolojilerinin, pasif sistemlerle birlikte bina tasarımında bütüncül bir yaklaşımla ele alınması ve aktif sistemlerden daha fazla yararlanmak yapının enerji etkinliğini artırmak için önemli ve gerekli bir yoldur (Yarkın, 2017). Yenilenebilir enerji sistemlerini tasarımın bir parçası olarak konumlandırmakla, hem yapının enerji ihtiyacı temiz kaynaklardan sağlanabilmekte ve böylece sera gazı salınımlarının önüne geçilmekte, hem de enerji maliyetleri düşürülmekte ve enerji verimliliği sağlanmaktadır.

Binaların yararlanabileceği yenilenebilir enerji kaynaklarının en çok tercih edileni güneş enerjisidir. Binalar güneş enerjisinden pasif yöntemlerle yararlanabildiği gibi, yapıya entegre edilecek sistemlerle aktif bir şekilde de yararlanabilmektedir. Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanmada en önemli sistemler Fotovoltaik (PV) paneller, güneş kolektörleri ve PV/ ısıtma (PV/T kolektörler) kolektörleridir. Ayrıca uygun alanlarda rüzgar enerjisi ve jeotermal enerjidir.

Fotovoltaik (PV) sistemler

PV modüller, invertörler (dönüştürücüler) ve akülerden oluşan PV sistemler güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklerdir. PV hücreler güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren, sistemin en küçük bileşenidir. PV hücrelerle elde edilen elektrik enerjisi miktarı oldukça azdır. Bu yüzden hücreler birleşerek modülleri, modüller ise panelleri oluşturmaktadır. Büyük miktarda enerji talebi olan uygulamalarda ise PV paneller

bir arada kullanılarak solar PV dizileri oluşturulur (Şekil 2.7). PV hücreler tarafından üretilen enerji kullanılmadığı zamanlarda sistem bileşenlerinden akülerde depolanır. İnvertörler ise sistem aracılığıyla elde edilen elektrik enerjisinin yapıda kullanılabilmesi için alternatif akıma dönüştürülmesini sağlamaktadır (Sayın ve Koç, 2011).



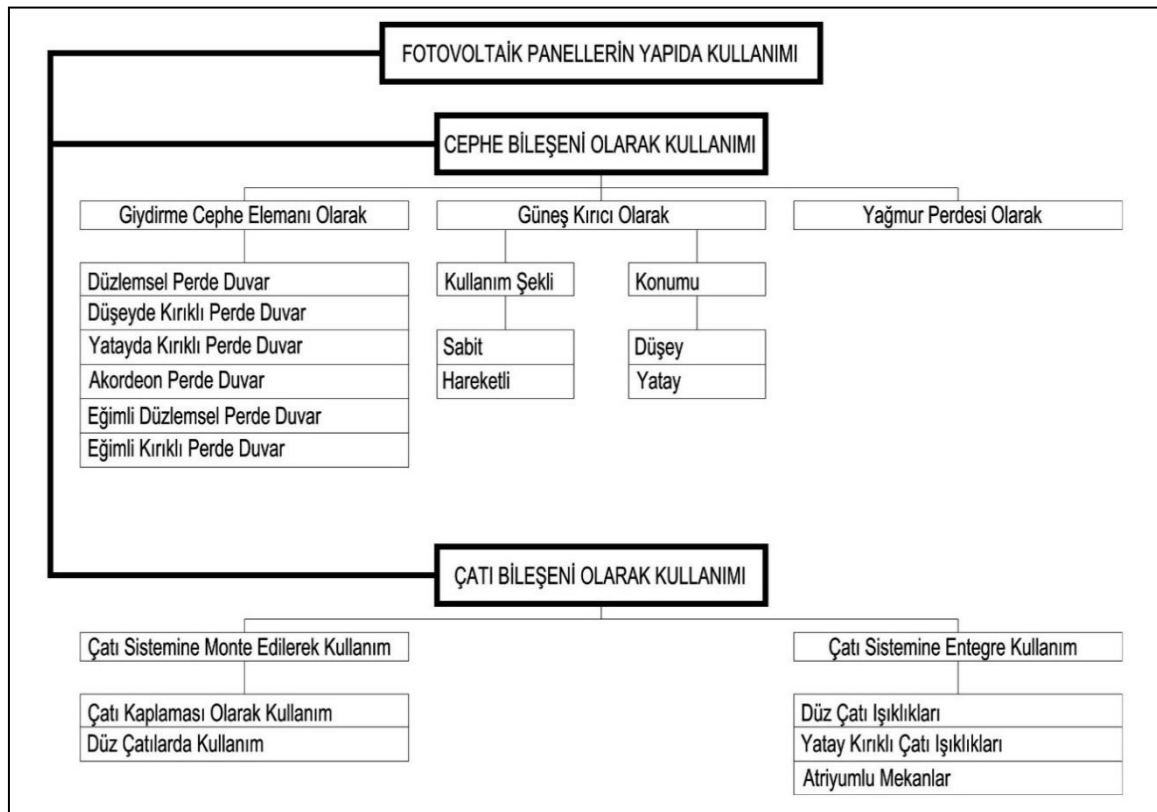
Şekil 2.7. PV hücre, modül, panel ve solar dizisi (Sayın ve Koç, 2011)

PV panellerin verimini etkileyen en önemli unsur yönlenmeleridir. En yüksek verim kuzey yarım küre için güneşe yönlendirildiklerinde alınmaktadır. Hareketli sistemler üzerinde tasarlanmış paneller günün farklı saatlerinde güneş açısına göre ayarlanabilmekte böylelikle yüksek verim elde edilmektedir. Panellerin aşırı ısınması sonucu verimlerinde oluşabilecek azalmanın önüne geçebilmek için montajları esnasında arka yüzeylerinin havalandırılmasına olanak sağlayacak çözümler üretilmelidir.

PV panellerde etkinliğin azalmasının bir diğer nedeni yüzey kirlenmeleridir. Bu nedenle PV panelin konumlandırıldığı alanın yüzey temizliği için imkân sağlaması gerekmektedir. Panellerin yerleştiği alanda baca, anten, yakın konumdaki yüksek binalar gibi gölge oluşturacak herhangi bir engel bulunmamasına dikkat edilmelidir. PV panellere düşen güneş ışığının tümü soğrulmamakta, yansıyan ışınlar enerji eldesinde kayıplara neden olmaktadır. Bunun için PV panellerin dış yüzeyi anti-reflekte malzeme ile kaplanmaktadır. Bu kaplama malzemesi ile PV paneller dış etkilerden korunmakta ve havalimanı gibi yansıma etkisinin istenmediği kullanımlarda fayda sağlamaktadır. Yapının bulunduğu bölgenin iklim özellikleri, güneşli gün sayısı, yıllık toplam güneşlenme süreleri, ortalama bulutlu gün sayısı, yağış miktarı, sismik koşullar, rüzgâr yükü gibi veriler PV sistem tasarımı yaparken verimlilik için analiz edilmelidir. (Sayın ve Koç, 2011).

PV paneller son zamanlarda yaygınlaşan kullanımlarına bakıldığında yapı kabuğunda çatı ve cephe elemanları gibi geleneksel kabuk bileşenlerinin yerini almakta, kabuk işlevini yerine getirirken aynı zamanda yapının kendi enerjisini elde etmesine olanak sağlamaktadır. Yapıya entegre olarak tasarlanacak PV panellerde hem estetik hem de sistemin asıl amacı olan elektrik enerjisi sağlamada verimliliği artırma kaygılarına çözüm getirmek gerekmektedir.

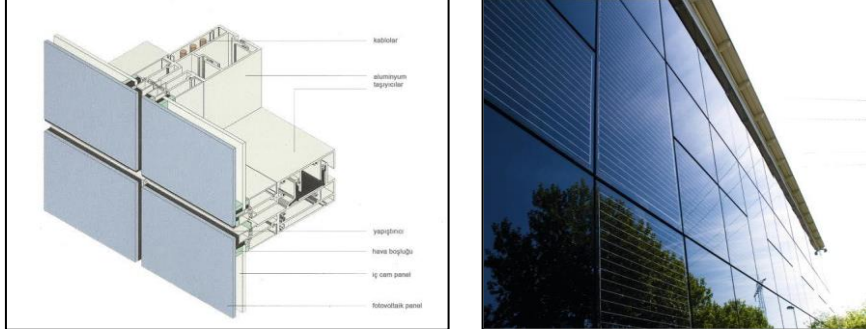
PV panellerin üretildikleri malzeme, renk ve görünümü yapı kabuğunda kullanıldıkları durumlarda önemli hale gelmektedir. PV paneller geçirgen, yarı geçirgen ve opak formlarda üretilmekte, geçirgen modüller şeffaf yüzey tasarımında kullanılmakta, yarı geçirgen modüller ise güneş kontrol amacıyla kullanılmaktadır. Opak modüller ise cephe elemanı olarak değerlendirilebilmektedir (Şekil 2.8) (Sayın ve Koç, 2011).



Şekil 2.8. Fotovoltaik panellerin yapıda kullanımı

Giydirme cephe sistemlerinde kullanılan cam, taş, ahşap, kompozit, seramik gibi malzemeler yerine PV panellerin kullanılmasıyla hem giydirme cepheden beklenen performans

gerçekleşmekte hem de enerji üretimi sağlanmaktadır (Cer, 2015). Resim 2.2’ de PV panellerin giydirme cephe sitemlerinde kullanım detayı ve uygulama örneği verilmiştir.



Resim 2.2. PV paneller ile giydirme cephe uygulaması (Cer, 2015)

Fotovoltaiik panellerin yapı cephesinde bir diğer kullanım biçimi ise güneş kırıcı eleman olarak kullanımıdır. Gölgeleme elemanı işleviyle kullanılan PV panel sistemler sabit veya hareketli olabilmekte (Resim 2.4), düşey ve yatay şekilde konumlandırılabilir (Resim 2.3) Bu uygulama biçimi cephedeki konumundan dolayı panellerin arka yüzeylerinin hava almasına elverişlidir ve ek bir konstrüksiyon maliyeti getirmediği için ekonomik olarak uygulanabilirliği yüksektir. Güneş açısına göre ayarlanabilir olan hareketli PV panel güneş koruyucular hem elektrik enerjisi elde etmek için yönelme imkanı sunduğundan hem de güneş kontrolünün daha verimli sağlandığı için sabit sistemlere göre daha olumludur (Cer, 2015).



Resim 2.3. Fotovoltaiik panellerin düşey ve yatay gölgeleme elemanı olarak kullanımı (Cer, 2015)



Resim 2.4. Fotovoltaik panellerin sabit ve hareketli gölgeleme elemanı olarak kullanımı (Cer, 2015)

Amacı yapı kabuğunu atmosferik etkilerden korumak olan yağmur perdeleri mevcut cephe sistemlerinin üzerine monte edilerek uygulanmaktadır. Yağmur perdesi olarak kullanılan PV panel sistemlerinin avantajı PV modül ve duvar sistemi arasındaki boşluğun kablolama sistemlerini gizlemesi ve boşluk sayesinde modüllerin hava almasını sağlamasıdır (Sayın ve Koç, 2011).

Çatı yüzeyleri de PV panel kurulumu için yapıdaki en uygun yerdir. Çatı alanının gölgelenme ihtimalinin düşük olması, güneş ışınlarının erişimi, doğru yönlendirme ve eğim açısının ayarlanabilmesi PV panellerden elde edilen verimi artırmaktadır. Montaj kolaylığı ve estetik açıdan yapıya olumsuz bir yansımalarının olmaması nedeniyle çoğunlukla tercih edilmektedir. Özellikle çatı alanının geniş olduğu terminal binaları, fabrikalar gibi yapı tiplerinde sıklıkla tercih edilmektedir (Cer, 2015).

PV panellerin çatı sistemine monte edilerek kullanımında düz (teras) çatılarda bağımsız PV santral şeklinde uygulanabildiği gibi, geleneksel çatı sistemlerinde bitiş malzemesi olarak da uygulanabilmektedir. PV paneller çatı kaplaması olarak uygulandığında su ve ısı yalıtımı tamamlanmış çatı yüzeylerine entegre edilirler (Resim 2.5). Modüllerden elde edilecek elektrik enerjisini verimi mevcut çatı eğim ve yönelimine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Sayın ve Koç, 2011).



Resim 2.5. Eğimli çatıda PV panellerin çatı kaplaması olarak kullanımı (Yücel, 2016)

PV panellerin çatı bileşeni olarak kullanımında bir diğer uygulama ise çatıya entegre sistemlerdir. Bu sistemlerde paneller bitiş malzemesi, yarı geçirgen veya tam geçirgen özellikte olanları ise düz, yatay kırıklı gibi farklı formlardaki ışıklıklar için yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Alışveriş merkezleri, terminal binaları gibi kat sayısı az ve doğal aydınlatmada atriyum alanlarından faydalanan yapılarda PV modüller cam yerine kullanılabilecek uygun bir malzeme alternatifidir (Sayın ve Koç, 2011). Atriyumlarda Resim 2.6 örneğinde görüldüğü üzere, yarı geçirgen fotovoltaiik modül kullanarak elektrik enerjisi elde ederken içeri alınan kontrollü gün ışığı ile doğal aydınlatmadan da yararlanılabilmektedir (Yücel, 2016).



Resim 2.6. Yarı geçirgen fotovoltaiik panellerin atriyumda kullanımı (Yücel, 2016)

Binanın ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin bir bölümünü veya tamamını karşılayabilen PV paneller, ilk yatırım maliyeti açısından yüksek olabilmekte fakat uzun dönem kullanımlarında ekonomik olarak avantaj sağlamaktadır.

Kullanım süresince bakım masrafları ise az olmaktadır. Binaların mimari tasarım özellikleri ve kullanılacak alan boyutları düşünüldüğünde havalimanı terminal binalarında PV panellerin kullanılması güneş enerjisinden yararlanmada etkin ve tercih edilen bir yöntemdir. Fotovoltaik panellerin ekonomik olarak uygulanabilirliğini etkileyen en önemli faktörlerden biri uygun arazi seçimi ve arsa maliyetidir. Havalimanlarının kurulduğu geniş araziler havacılık faaliyetlerinden başka bir fonksiyonda kullanılamaması ve boş alanların PV panel kurulumu için değerlendirilmesi arsa maliyetleri açısından büyük bir ekonomik fayda sağlamaktadır. Hava araçlarının yer hareketleri için kullanılan alanlarda (apron, pist gibi) veya seyir halindeki iken faaliyetlerini emniyetli bir şekilde gerçekleştirebilmesi için havalimanı sınırları içerisinde ve havalimanı çevresinde belirlenmiş bölgelerde belirli yüksekliklerin aşılması, tehlike oluşturacak sabit veya hareketli cisim ve yapı olmaması, yeni mania oluşturulmaması gerekmektedir. Böylelikle terminal binası gibi geniş çatı alanına sahip yapılarda konumlandırılan PV panellerin doğrudan güneş ışığına erişimi olması, gölge oluşturacak herhangi bir fiziksel engel bulunmaması terminal binalarını kurulum için uygun alanlar haline getirmektedir. Ancak Havalimanlarında PV panellerin yeri belirlenirken radyo navigasyon sistemlerinin elektromanyetik sinyallerini engelleyecek ve bozacak alanların tespit edilmesi ve planlamanın buna göre yapılması önerilmektedir. Ayrıca PV panel kurulumunun hava araçlarının faaliyetlerine engel olmaması ve uçuş güvenliğini tehlikeye atmaması gerekmektedir (Anurag et al., 2017).

Güneş kolektörleri

Güneş toplayıcıları olarak da adlandırılan güneş kolektörleri güneş enerjisini toplayıp yoğunlaştırarak bir akışkana aktarıp sıcak su üreten sistemlerdir. Binanın sıcak kullanım suyu ihtiyacını karşılayanın yanında ulaştıkları 70 °C civarında su sıcaklığı ile yapının ısıtılması içinde kullanılabilir. Güneş kolektörleri güneş ışınlarından en verimli şekilde yararlanmak üzere kuzey yarım küre için güney cepheye yönlenmiş şekilde sabit açıyla çatı yüzeyine yerleştirilirler. Soğuk iklim bölgelerinde kış aylarında donma meydana gelmesi sistem için dezavantajdır. Bu sorunun önüne geçmek için sistemin tasarımında uygun yalıtım uygulamaları yapılmalıdır (Dağoğlu, 2019).

PV/ısıtma kollektörleri (PV/T kollektörler)

PV/ T kollektörleri güneş ışınımını kullanılabilir termal ve elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Güneş enerjisinin daha kapsamlı kullanılmasını sağlayan bir teknoloji olan PV/ T kollektörleri PV modül ve toplayıcının kombinasyonu ile oluşmaktadır (Yarkın, 2017). Aktif güneş sistemlerinin geri kalanları gibi bu sistemde de yerleşimin yapının güney cephesinde olması verimlilik için önemli bir kuraldır.

Rüzgâr Türbinleri

Rüzgâr enerjisinden aktif olarak yararlanmak rüzgâr türbinleri ile mümkün olmaktadır. Türbinler, rüzgârın sahip olduğu kinetik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Rüzgâr türbinleri rotor (pervane), güç şaftı ve enerji dönüşümü sağlayan jeneratör bileşenlerinden oluşmaktadır. Türbinlerden elde edilen enerji miktarı rüzgârın hızına, tribün kapasitesine ve güç oranına bağlıdır. Binalarda çatı ve cephelerde konumlanmakta, binaya monte veya binaya entegre olarak tasarlanabilmektedir. Binaya monte türbin sistemleri, mimari formdan bağımsızdır ve yapıyı yükseltici bir kule olarak kullanmaktadır. Binaya entegre türbin sistemlerinde ise rüzgar verileri yapı formunun şekillenmesinde rol oynamakta, tasarım kararlarını etkilemektedir. Rüzgar türbinlerinin bina cephesi ile bütünleşik kullanımlarında oluşacak gürültü nedeniyle mekan organizasyonuna dikkat edilmeli, sessiz bir iç ortam gereksinimi olan fonksiyon alanları bu cephelerden uzakta planlanmalıdır (Uslusoy, 2012).



Resim 2.7. Boston Logan Uluslararası Havalimanında kullanılan rüzgar türbinleri (Ishugah, Li, Wang ve Kiplagat, 2014)

Jeotermal Enerji

Jeotermal sistemler, yeryüzünün 10 metre derinliğinde sabit olarak bulunan 10° ve 16°C arasındaki ısıdan faydalanılarak yapının ısıtılması ve soğutulması işlevini gerçekleştirmektedir. Yapılarda jeotermal enerjiden döşemede oluşturulan sistemlerle yararlanılmaktadır. Mimaride en yaygın kullanılan sistem ısı pompalarıdır. Sistem zeminde yer alan ısı değiştirici, ısı pompa birimi ve hava dağıtım sistemi olmak üzere üç temel bileşenden meydana gelmektedir. Isı pompalarından yapının ısıtılması ve soğutulması amacıyla yararlanılmaktadır. Jeotermal ısı pompaları, kış aylarında ısıyı ısı değiştiriciden uzaklaştırmakta ve iç mekâna aktarmakta, böylelikle ısıtma sağlanmaktadır. Yaz aylarında ise iç mekândan ısı çekilerek soğutma sağlanmakta, iç mekândan alınan ısı ise sıcak su elde etmek amacıyla kullanılabilir. Yapıda jeotermal ısı pompasının kullanımında depo ve çevrim mekanizmalarının kurulumu için bodrum kat gerekmektedir. Jeotermal ısı pompalarında yeraltı ısısı kullanılmakta olup, geleneksel ısıtma sistemlerine kıyasla %25-50 oranında daha az enerji harcanmaktadır. Sistem enerji verimli olmasının yanında hava kirliliğinin engellenmesinde de yardımcı olmaktadır. (Uslusoy, 2012).

Enerji sistemleri

Yapıda pasif tasarım stratejileri uygulanarak sağlanan doğal havalandırma, doğal aydınlatma, ısıtma, soğutmanın iç mekan konfor koşullarının sağlanmasında yeterli olmadığı durumlarda yapay sistemler ile desteklenmesi gerekmektedir. Enerji tüketiminde önemli rolü olan bu sistemlerin seçimi ve tasarımı enerji etkin bina tasarımı kapsamında ele alınmalıdır.

Yapılarda doğal aydınlatmanın gerekli görsel konfor koşullarını sağlayamadığı durumlarda yapay aydınlatma elemanları ile aydınlatma sağlanmaktadır. Aydınlatma elemanlarının seçimi yapılırken aydınlatılması amaçlanan mekanlara, mekanın işlevine yönelik yeterli miktarda ışık sağlayan bir sistem tasarlanması amaçlanmalıdır. Aynı zamanda etkin ışık kaynakları ve verimli armatürlerin kullanımıyla enerji verimliliği sağlanmalıdır. Konvansiyonel aydınlatma elemanları yerine kompakt floresan lambalar ve LED (light emitting diode) aydınlatma elemanları aydınlatma sistemine dahil edilmelidir. Aydınlatma kontrol ve otomasyon sistemleri kurulumu, aydınlatma ünitelerinin kontrolünün sağlanması ve etkin bir şekilde kullanılması için yapay aydınlatma sisteminin bir parçası olarak

tasarlanmalıdır. İyi programlanmış bir aydınlatma otomasyon sistemi ile çalışma saatlerine, gün ışığının konumuna, yapılan işin niteliğine uygun ışık düzeyi sağlanabilmektedir. Bunun yanı sıra hareket ve varlık sensörleri, ışık seviye algılayıcıların kullanımı ile sistem dimmerlerinin gün ışığına uyumlu çalışması, elektrik enerjisinin pahalı veya ucuz olduğu saat aralıklarına göre programlama yapılabilen sistemler ile enerji kullanımında önemli ölçüde tasarruf sağlanabilmektedir (H. Demir, Çıracı, Reyhan ve Ünver, 2020).

Yapılarda istenilen iç mekan konfor koşullarının sağlanmasında pasif tasarım stratejilerinin yanında HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*) sistemlerinden büyük oranda yararlanılmaktadır. HVAC sistemleri havalandırma, ısıtma, soğutma ihtiyacı ve nem kontrolünün tümünü veya gerekli olanlarını sağlamak için yapılarda kullanılan ekipmanlardan ve dağıtım ağlarından oluşmaktadır. Başlıca amacı iç mekanda istenilen koşulların sağlanması olan HVAC sistemleri; yapılarda önemli enerji tasarruf imkanına sahip olan başlıca enerji tüketen sistemlerdir. Verimli bir HVAC sistem tasarımında disiplinler arası bir çalışma gerekmekte, en uygun çözüme ulaşmak için yapı karakteristiği, iklim, bölge verileri ve ihtiyaç duyulan sistem kapasitesi, istenilen iç hava kalitesi ve termal seviye, aydınlatma ve diğer ekipmanların oluşturacağı iç ısı kazancı dikkate alınmalıdır (Öztürk, Atalay ve Yılcı, 2005).

HVAC sistemlerinde enerji tüketimini azaltmak için sistemin uygun şekilde projelendirilmesi gerekmektedir. HVAC sistem elemanlarının kapasite seçimi yapılırken iklim verileri değerlendirilmeli, ısı kazancı, iç ısı üretim ve ısı kaybı yükleri doğru belirlenmelidir. Güneş, rüzgar, jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına öncelik verilmelidir. Elektrik fiyatlandırması zaman tarifesine bağlı ise, enerji tüketimi yüksek olan cihazlar düşük fiyatlandırılmalı saatlerde aktif kullanılmalı ve bu zaman diliminde mümkünse ısı depolama yolu tercih edilmelidir. Soğutma yükünün fazla olduğu yapılarda yer altı suyu kullanılarak soğutma ihtiyacı karşılanabilir. Absorbsiyonlu soğutma sistemleri kullanılarak soğutma için harcanan elektrik enerjisi miktarı önemli ölçüde azaltılabilir. Kış aylarında yapıların ısıtma ihtiyacı ısı pompaları kullanılarak sağlanabilir. Mekanların kullanım sürelerine göre HVAC cihazları devreye girip çıkmasını sağlayan otomasyon sistemlerinden faydalanılmalıdır. HVAC sistemlerinin çalışma süre ve kapasitelerini düzenleyen otomasyon sistemleri ile %5- 15 enerji verimliliği sağlamak mümkündür. Mekanik sistemlerde ısıtma ve soğutma eş zamanlı olarak devreye girmemelidir. İklimlendirme tesislerinde kurulan enerji geri kazanım cihazlarının kullanımı büyük oranda enerji tasarrufu

sağlamaktadır. Isı geri kazanımlı havalandırma cihazları ile taze hava ve egzoz havası arasında ısı transferi sağlanarak havalandırma esnasında kaybedilen ısı enerjisi geri kazanılır ve havalandırmadan kaynaklı sıcaklık değişikliklerinin önüne geçilerek klima sistemlerine eklenen yük azaltılır. Ortam sıcaklık ayar değerlerinin mekanda insan olup olmamasına göre belirlenmesini sağlayan hareket sensörlerinin kurulumu ile ısıtma ve soğutma için harcanan enerji tüketimi kontrol altında tutulabilmektedir. Tüm enerji verimliliği uygulamalarında olduğu gibi HVAC sistemlerinde alınacak enerji tasarrufu önlemlerinde iç mekan konfor koşullarından ödün verilmemelidir. Etkin bir enerji yönetimi uygulaması ile HVAC sistemlerinde kullanım amacına bağlı olarak %10-30 oranlarında enerji verimliliği sağlanabilmektedir (Öztürk et al., 2005).

Isıtma ve soğutma sistemlerinin enerji ihtiyacı şehir şebekesinden karşılanabildiği gibi kojenerasyon, trijenerasyon gibi birleşik ısı güç sistemlerinden de sağlanabilmektedir. Birincil enerji kaynaklarının kullanımından daha fazla verim alabilmek ve bu kaynakların kullanımının çevreye olan olumsuz etkisini azaltmak için geliştirilen sistemlerden olan kojenerasyon sistemlerinde elektrik üretimi sırasında dışarı atılan egzoz gazı değerlendirilerek ısı enerjisi elde edilmektedir. Trijenerasyon sisteminde ise buna ek olarak sistemden elde edilen atık ısı enerjisinden yararlanılarak soğutma enerjisi üretimi de gerçekleştirilmektedir (İmal, Kısakesen ve Kaya, 2016).

2.1.2. Binalarda enerji verimliliği sağlamak için oluşturulan yasa, yönetmelik ve standartlar

Binalarda enerji verimliliği sağlamak için ülkeler çeşitli yasa ve yönetmelikler düzenlemekte ve birtakım standartlardan yararlanmaktadır. Verimlilikle ilgili yapılan çalışmalarda amaç sınırlamalar ve kurallar belirleyerek yapılarda enerji kullanımını kontrol altında tutmak ve azaltmaya çalışmaktır. İlk yönetmelik ve standartlarda ısı tasarrufu öncelikli olarak ele alınmış, böylelikle binalardaki ısı kaybı azaltılmaya çalışılmıştır. Sonrasında oluşturulan yönetmelik ve standartlar ile ısı yalıtımı ve enerji korunumuna yönelik sınırlamalar getirilmiştir. Yasa ve yönetmeliklerle sağlanan enerji verimliliğini düzenlemek ve iyileştirmek için devlet destekli kuruluşlar tarafından sertifika sistemleri, kodlar ve standartlar oluşturulması gün geçtikçe daha önemli hale gelmektedir (Yarkın, 2017).

Enerji etkin yapı tasarımına ilişkin elde edilen verilerin belirli bir düzen çerçevesinde derlenerek kullanıma sunulması konusunda en önemli araçlardan biri standartlardır (Karaca ve Çetintaş, 2015). Standartlar yasa ve yönetmeliklerde belirtilen nicel ve nitel değerlerin kaynağını oluşturmakta ve aynı zamanda yapı tasarım ve yapımında kılavuz olarak kullanılmaktadır (Yorgancıoğlu, 2004).

Enerji standartları; bina sistemlerinde enerjinin etkin kullanımı için asgari gereklilikleri, uygulama yöntemlerini, kullanıcı konforunu koşullarını göz önünde bulundurarak enerji tüketimini azaltmaya yardımcı olan teknolojileri belirlemektedir. Yönetmeliklerden daha kapsamlı gereklilikler ve hedefler sunan enerji standartlarında enerji ölçüm kuralları ve yenilenebilir enerji sağlanması ile ilgili hükümler bulunmaktadır. Enerji verimliliğini sağlamak için asgari tasarım ve inşaat gereksinimlerini ve binalarda farklı iklim bölgeleri için kabulleri içermektedirler. Soğutma derece günleri (*CDD-Cold Degree Days*) ve ısıtma derece günleri (*HDD-Hot Degree Days*) ile bazı nem koşullarına göre sınıflandırılmış 8 farklı iklim bölgesi Çizelge 2.2’te gösterilmektedir (Yarkın, 2017).

Çizelge 2.2. Uluslararası iklim bölgeleri (URL-2)

İklim Bölgesi	İklim Tipi	Termal Koşullar
1	Çok Sıcak-Nemli (1A), Kuru (1B)	$5000 < CDD10^{\circ}C$
2	Sıcak-Nemli (2A), Kuru (2B)	$3500 < CDD10^{\circ}C \leq 5000$
3A- 3B	Ilık-Nemli (3A), Kuru (3B)	$2500 < CDD10^{\circ}C \leq 3500$ ve $HDD18^{\circ}C \leq 3000$
4A- 4B	Karışık-Nemli (4A), Kuru(4B)	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ ve $HDD18^{\circ}C \leq 3000$
3C	Ilık-Deniz Etkisi	$HDD18^{\circ}C \leq 2000$
4C	Karışık-Deniz Etkisi	$2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$
5	Serin-Nemli (5A), Kuru (5B), Deniz Etkisi (5C)	$3000 < HDD18^{\circ}C \leq 4000$
6	Soğuk-Nemli (6A), Kuru (6B)	$4000 < HDD18^{\circ}C \leq 5000$
7	Çok Soğuk	$5000 < HDD18^{\circ}C \leq 7000$
8	Buzula Yakın	$7000 < HDD18^{\circ}C$

ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers*) insan sağlığı ve konforuna yönelik bina alt sistemlerinin geliştirilmesi ve enerji kullanımı araştırmalarının yapılması, standartların oluşturulması amacıyla kurulmuş uluslararası bir topluluktur. ASHRAE yapılarda enerji tüketimi üzerinde önemli etkileri olan ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerine yönelik uluslararası kullanımı yaygın olan standartlar yayınlamaktadır (Karaca ve Çetintaş, 2015). Bu standartlar LEED, BREEAM gibi sertifika sistemlerinde referans olarak kullanılması açısından önemlidir.

ASHRAE 90.1-2016 Az Katlı Konut Binaları Dışındaki Binalar İçin Enerji Etkinliği standardı az katlı konut binaları haricindeki binalarda enerji verimliliği sağlanması amacıyla oluşturulmuştur. Standartta yeni yapılar ve yenileme projeleri için yapı kabuğu, ısıtma soğutma ve havalandırma sistemleri, aydınlatma sistemleri ele alınmış, binanın enerji etkinliği için minimum gereklilikler belirlenmiş, yapı performans değerlendirmesi ve enerji tüketim maliyetinin belirlenmesine yönelik metotlar hazırlanmıştır. İklim bölgelerine göre yapı bileşenlerinin karşılaması gereken U değerleri belirlenmiştir (Çizelge 2.3) (URL-3). ASHRAE 90.1 standardı LEED ve BREEAM sertifikasyon sistemlerinde binanın enerji değerlendirilmesi yapılırken minimum değerlerin referans olarak kullanıldığı standarttır.

Çizelge 2.3. ASHRAE 90.1, 2016 bölgelere göre tavsiye edilen U değerleri (URL-3)

BÖLGE	Masif Duvar U Değeri (W/m ² K)	Masif Döşeme U Değeri (W/m ² K)	Çatı U Değeri (W/m ² K)	Pencere U Değeri (W/m ² K)
1.Bölge	0,86	1,83	0,15	6,81
2.Bölge	0,70	0,49	0,15	4,26
3.Bölge	0,59	0,49	0,15	3,69
4.Bölge	0,51	0,42	0,15	2,27
5.Bölge	0,45	0,36	0,15	1,99
6.Bölge	0,40	0,32	0,15	1,99
7.Bölge	0,40	0,29	0,15	1,99
8.Bölge	0,30	0,29	0,12	1,99

Binalarda kullanılan enerjinin ve bu enerji kullanımının sebep olduğu karbon salınımlarının sınırlandırılması için özellikle 1990 yılı sonrası ülkeler tarafından yasa ve yönetmelikler oluşturulmuştur. Bu çerçevede Avrupa Birliğinde ve buna paralel olarak Türkiye’de enerji verimliliği sağlanmasına yönelik izlenen enerji politikaları şu şekildedir;

1993 yılında yürürlüğe giren 93/76/EEC (*European Energy Commission*) sayılı Enerji Verimliliğinin Artırılması ile CO₂ Emisyonlarının Azaltılması direktifi Avrupa Birliği’nin yapı sektöründe enerji verimliliği ile ilgili yayınladığı ilk direktiftir. Bu direktifle, binaların enerji sertifikasyonu, yeni binalarda uygun yalıtım standartlarının belirlenmesi, kamu ve sanayi binaları gibi yüksek enerji tüketimine sahip yapı türlerinde enerji analiz çalışmalarının yapılması ve karbondioksit salınımlarının azaltılması hedeflenmiştir.

Türkiye’de ise enerji verimliliği konusunda atılan en önemli adım TSE 825 numaralı binalarda ısı yalıtım kuralları standardının yayınlanmasıdır. Standart ilk olarak 29 Nisan 1998 tarihinde AB standartlarından uyarlanarak yürürlüğe girmiş, en son 2015 yılında

düzenlenerek son halini almıştır. Yapılan son revizyonla birlikte derece gün bölge sayısı 5'e çıkartılmış, yapı elemanlarının üst sınır U değerleri aşağı çekilerek yapılarda enerji verimliliğinin artırılması hedeflenmiştir (Çizelge 2.4). Günümüzde geçerli olan TS 825 Standardı zorunlu standart kapsamındadır ve ilgili kişi/kurum/kuruluşlar tarafından uygulanmakla yükümlüdür (Türk Standartları Enstitüsü, 2013). TS 825 standardı ile binaların ısıtma ihtiyacı, ısıtma sisteminin türü, ısı kayıplarına yol açabilecek bina özellikleri, iç ve dış iklim koşulları, iç ısı kazanç kaynakları ve güneş enerjisi faktörünün etkili olduğu belirtilmiş ve bu faktörlerde göz önünde bulundurularak bir hesap modeli oluşturulmuştur.

Çizelge 2.4. 2013 yılı bölgelere göre en fazla değer olarak tavsiye edilen U değerleri (Türk Standartları Enstitüsü, 2013)

BÖLGE	Duvar (W/m ² °C)	Çatı (W/m ² °C)	Döşeme (W/m ² °C)	Pencere (W/m ² °C)
1.Bölge	0,66	0,43	0,66	1,8
2.Bölge	0,57	0,38	0,57	1,8
3.Bölge	0,48	0,28	0,43	1,8
4.Bölge	0,38	0,23	0,38	1,8
5.Bölge	0,36	0,21	0,36	1,8

Avrupa Birliği, 4 Ocak 2003 tarihinde, yapılarda enerji tasarrufu sağlanması amacıyla 2002/91/EC sayılı Binaların Enerji Performansına Dair Yönetmeliği yayımlamıştır. Bu yönetmelik ile yeni yapılacak ve mevcut binalarda enerji performansına ilişkin kıstaslar belirli standartlar haline getirilmiştir ve bir denetim mekanizması kurgulanmış böylelikle binalarda kullanılan enerjinin verimli tüketilmesi sağlanmıştır. AB'nin 2002/91/EC sayılı "Binaların Enerji Performansı Direktifi Türkiye'de mevzuat uyumu çalışmaları kapsamında TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin revize edilmesini gerektirmiştir. Bu çerçevede, önce 2 Mayıs 2007 tarihinde Enerji Verimliliği Kanunu yürürlüğe girmiş, daha sonra ise 5 Aralık 2008 tarihinde Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği yayımlanmıştır.

Enerji Verimliliği Kanunu'nun amacı enerjinin verimliliğinin sağlanması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün azaltılmasıdır. Binalarda enerji performansı yönetmeliği ile iklim koşullarını, iç mekân ihtiyaçlarını, yerel şartları ve maliyet etkinliğini de göz önünde bulundurarak bir binanın tüm enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama yöntemlerinin oluşturulması, birincil enerji kullanımı ve karbondioksit salınımı açısından sınıflandırılması, yeni ve büyük ölçekte tadilat yapılacak mevcut yapılar için asgari enerji performans gerekliliklerinin belirlenmesi,

yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi, ısıtma ve soğutma sistemlerinin denetimi, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması, binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesi ve böylelikle çevrenin korunması amaçlanmaktadır. Yönetmelik mevcut ve yeni yapılacak binalarda enerji kullanımını gerektiren mimari tasarım, mekanik tesisat, elektrik tesisatı gibi bina projelerinin ve enerji kimlik belgesinin hazırlanmasına dair hesaplama yöntemlerini, performans kriterlerini, standartları ve bina kontrol ve denetim faaliyetleri için yetkilendirmeleri kapsamaktadır. Aynı zamanda enerji ihtiyacının kojenerasyon sistemleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmasına, ülke çapında bina envanterinin oluşturulup güncel halde tutulmasına ve toplumda enerji verimliliği fikrinin benimsenmesi ve bu bilincin geliştirilmesine yönelik eğitim faaliyetlerinin yürütülmesine ilişkin işlemleri kapsamaktadır (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Binalarda Enerji Performansı, 2008).

Yönetmelikle birlikte 1000 m²'den büyük mevcut yapıların enerji kimlik belgesi alması zorunlu hale getirilmiştir. Enerji kimlik belgesinde; binanın minimum enerji ihtiyacı, enerji tüketim sınıfı, sera gazı salınım düzeyi, yalıtım özellikleri, ısıtma ve soğutma sistemlerinin verimliliğine dair bilgiler bulunmaktadır. Enerji kimlik belgesinde binaların enerji tüketimlerine göre A'dan G'ye kadar enerji sınıflandırmaları yapılmıştır. A sınıfı en verimli seviyeyi göstermekte G sınıfı ise en düşük verimli seviyeyi göstermektedir. Yeni yapılacak yapılar en az C sınıfı verimlilik seviyesine ulaşacak şekilde tasarlanmalı ve yapımı gerçekleştirilmelidir.

Ayrıca binaların çevre üzerindeki etkilerini ve doğal kaynak korunumu konusundaki duyarlılıklarını somut ve nesnel olarak değerlendirebilmede ve doğal kaynakları korumadaki hassasiyetlerini ortaya koymada ölçülebilir bir referans sağlamayı amaçlayan yeşil bina sertifika sistemleri geliştirilmiştir. Sertifika sistemleri bir binanın yeşil bina olarak adlandırılabilmesi için gerekli görülen kriterleri belirleyerek, yeşil binaları bir kavram olmaktan çıkarıp, değerlendirilebilir ve derecelendirilebilir olmasını sağlamıştır (Dwaikat ve Ali, 2018). İlk yeşil bina değerlendirme sistemi olan BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), 1990 yılında İngiltere'de Bina Araştırma Kurulu (BRE) tarafından geliştirilmiştir. Amerika'da ise 1998 yılında binaların tasarım, inşaa ve işletimleri sırasında sürdürülebilirliğin arttırılmasına yönelik araştırma ve çalışmalar yapan, bağımsız ve kar amacı gütmeyen Amerika Birleşik Devletleri Yeşil Bina Konseyi (USGBC) tarafından LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

sertifika sistemi oluşturulmuştur. 21. Yüzyıl ile birlikte farklı ülkeler tarafından geliştirilen çok sayıda yeşil bina değerlendirme sistemi ortaya çıkmıştır (Shan ve Hwang, 2018). Dünyada yaygın olarak kullanılmakta olan yeşil bina sertifikasyon sistemleri, ortaya çıktığı ülkeye ve çıkış yılına göre Çizelge 2.5’te gösterilmektedir.

Çizelge 2.5. Dünyada yaygın kullanılan yeşil bina değerlendirme sistemleri

Sertifika Sistemi	Ülke	Yıl
BREEAM	İngiltere	1990
HK- BEAM	Hong Kong	1996
LEED	ABD	1998
Green Globe	Kanada	2000
Green Star	Avustralya	2003
CASBEE	Japonya	2004

(Shan ve Hwang, 2018) tarafından yapılan bir araştırmada, yaygın olarak kullanılmakta olan sertifika sistemlerine ait farklı değerlendirme kriterleri saptanmıştır. Çizelge 2.6’da; su, malzeme, enerji, iç ortam ve arazi kriterleri incelenen değerlendirme sistemlerinin çoğu tarafından kullanılan temel kriterler belirlenmiştir (Shan ve Hwang, 2018).

Çizelge 2.6. Dünyada yaygın kullanılan yeşil bina sertifika sistemlerine ait değerlendirme kriterleri

Değerlendirme Kriteri	BREEAM	HK- BEAM	LEED	Green Globe	Green Star	CASBEE
Su	O	O	O	O	O	O
Malzeme	O	O	O	O	O	O
Enerji	O	O	O	O	O	O
İç Ortam		O	O	O	O	O
Arazi		O	O	O	O	
Dış Ortam	O				O	O
Yenilik	O				O	O
İnşaat Proje Yönetimi	O			O	O	
Ulaşım	O		O		O	
Atık	O				O	
Sağlık ve Refah	O					

Çizelge 2.6. (devam) Dünyada yaygın kullanılan yeşil bina sertifika sistemlerine ait değerlendirme kriterleri

Servis Kalitesi						O
Kirlilik	O					
Arazi Dışı Ortam						O
LEED Onaylı Uzman			O			
Bölgesel Öncelik			O			

Sertifikasyon sistemlerinin büyük çoğunluğunda değerlendirmeye tabii tutulduğu belirlenen beş temel kriterin; sertifika sistemlerinin yapı değerlendirmelerinde etki oranları hesaplanmıştır. Çizelge 2.7’de görüldüğü üzere enerji kriterinin %27,82’lik oranla yaygın kullanılan ve bina puanlandırılmasında en yüksek etkiye sahip değerlendirme kriteri olduğu saptanmıştır. (Shan ve Hwang, 2018).

Çizelge 2.7. Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin Değerlendirme Kriterlerinin Etki Oranları (Shan ve Hwang, 2018)

Sertifika Sistemi	Su	Malzeme	Enerji	İç Ortam	Arazi
BREEAM	%6,73	%12,5	%19,97	-	-
HK- BEAM	%12	%8	%35	%20	%25
LEED	%9	%16	%28	%14	%12
Green Globe	%11	%13	%39	%16	%12
Green Star	%10	%14	%25	%16	%10
CASBEE	%3	%12	%20	%20	-
Ortalama Etki Oranı	%8,62	%12,58	%27,82	%17,2	%14,75

Sertifika sistemlerinin geliştirilmesindeki ilk amaç her ülkenin kendi standartlarına, iklimsel ve çevresel ihtiyaçlarına ve yaşam koşullarına uygun bir sistem oluşturmakken; LEED ve BREEAM sertifikasyon sistemlerinin uluslararası bir kimlik kazanması ile kendisine ait bir değerlendirme sistemi bulunmayan ülkeler bu iki sertifika sistemini kabul ederek kullanmaya başlamıştır (Erdede ve Bektaş, 2014).

LEED ve BREEAM havalimanı binalarında en yaygın uygulanan iki sertifika sistemidir. Fakat, farklı bina tipolojilerine göre özelleşmiş değerlendirme sistemleri oluşturulmasına rağmen, havalimanı binaları özelinde geliştirilmiş bir puanlama sistemi bulunmamaktadır. LEED sertifikası almak isteyen havalimanı binaları, LEED BD+C kılavuzunun yeni binalar ve büyük ölçekte yenileme yapılan binalar için geliştirilen kriterlere göre, BREEAM sertifikası almak isteyen havalimanı binaları ise BREEAM Bespoke (Sipariş) olarak

isimlendirilen ve değerlendirme ölçütleri yapı türüne ve bulunduğu konuma özgü olarak belirlenen kriterlere göre değerlendirilmektedir.

Yaygın olarak kullanılan bu iki sertifika sisteminde bina performansı değerlendirilirken enerji verimliliğine öncelikli önem verildiği görülmektedir. Dokuz ana kriter üzerinden değerlendirme yapan LEED BD+C yeni binalar ve büyük ölçekte yenileme yapılan binalar kılavuzunda yer alan değerlendirme kriterleri ve konularından tez çalışması kapsamında ele alınan 5 ana kriter Çizelge 2.8’de ve BREEAM kılavuzu değerlendirme kriterlerinden tez çalışması kapsamında ele alınan 3 ana kriter ve konuları ise Çizelge 2.9’da verilmiştir.

Çizelge 2.8. LEED ana kriterlerinin enerji ve sera gazı salınımlarına etki ettiği saptanan alt kredileri ve değerlendirme konuları

ANA KRİTER	ALT KREDİ	DEĞERLENDİRME KONULARI
BÜTÜNLEŞİK SÜREÇ	Amaç: Sistemler arasındaki ilişkileri projenin başlangıç aşamasında analiz ederek, yüksek performanslı, uygun maliyetli sonuçlar elde etmek	
	Enerji İle İlgili Sistemler	
	Enerji Performans Hedefinin Belirlenmesi (<i>Aşağıdakilerden biri kullanılarak</i>): Metrekare-yıl başına kWh (kWh/m ² yıl) arazi enerji kullanımı Metrekare-yıl başına kWh (kWh/m ² yıl) kaynak enerji kullanımı Metrekare-yıl başına Kg (Kg/m ² yıl) sera gazı emisyonu Metrekare başına yıllık (\$/m ² yıl) enerji maliyeti	
	Arazi Şartlar	Gölgeleme elemanları
		Dış aydınlatma
		Sert zeminler
		Çevre düzenlemesi
		Yakın çevre koşulları
	Kütle ve Yönelim	Kütle tasarımı
		Yön ve aktif-pasif iklimlendirme sistemleri ilişkisi (Enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji kaynakları)
	Yapı Kabuğu Özellikleri	Yapı kabuğu U Değerleri (Opak ve saydam yüzey konstrüksiyonlarının termofiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi)
		Pencere duvar oranları
		Gölgeleme elemanları
	Aydınlatma Düzeyleri	Kullanım sıklığı dikkate alınarak mekânların aydınlatma düzeyleri
		Kullanım sıklığı dikkate alınarak mekânların iç yüzey yansıma değerleri
	Isıl konfor aralıkları	Isıl konfor aralığı seçenekleri ve gereklilikleri
	Operasyonel özellikler	Çok işlevli alanlar
		Çalışma çizelgeleri
		Kişi başına düşen alan miktarı
		İnşaat alanının azaltılması
		Öngörülen işletme ve bakım hizmetleri
	Arazi Seçimi	
	Çevresel özellikler	Binanın konumu ve arsa tasarım özellikleri
	Toplu taşıma	Bina kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayan; alternatif ulaşım yöntemleri de dahil olmak üzere toplu taşıma olanakları

Çizelge 2.8. (devam) LEED ana kriterlerinin enerji ve sera gazı salınımlarına etki ettiği saptanan alt kredileri ve değerlendirme konuları

BÜTÜNLEŞİK SÜREÇ	Bina kullanıcıları ve toplum refahı	Binanın gün ışığı alma, manzara, iç mekân hava kalitesi ve diğer iç mekân çevresel kalite özellikleri
		Projenin mevcut yakın çevre toplulukları için olumlu sosyal, ekonomik ve çevresel faydalarının yanı sıra olası olumsuz etkileri
KONUM VE ULAŞIM	Toplu ulaşım hizmetine erişim	
	Amaç: Birden fazla ulaşım seçeneği olan yerleşim alanlarında yapılaşmayı teşvik etmek böylece motorlu araç kullanımını azaltarak, sera gazı salınımlarının ve hava kirliliğinin önüne geçmek	
	Toplu ulaşım hizmetine erişim	Toplu ulaşım hizmetine erişim: · Otobüs ve tramvay için en fazla 400 m yürüme mesafesi · Otobüs hızlı geçiş duraklarına, yolcu tren istasyonlarına, feribot terminallerine en fazla 800 m yürüme mesafesi
	Proje destekli toplu taşıma hizmetine erişim	Bina kullanıcılarının toplu ulaşımına erişimi için servis ulaşım araçları ve ilgili altyapılarının tasarlanması
	Bisikletle ulaşım olanakları	
	Amaç: Bisiklet kullanımını destekleyerek motorlu araç kullanımını azaltmak	
	Bisiklet Ağı	Bina girişine en fazla 180 m mesafede toplu taşıma duraklarına bağlanan bisiklet ulaşım ağı
	Bisiklet Park Alanları	· Bina ziyaretçi sayısının %2,5'i oranında kısa süre kullanımlı bisiklet parkı · Bina ziyaretçi sayısının %5'i oranında uzun süre kullanımlı bisiklet parkı · Kısa süreli kullanım için ana girişe en fazla 60 m mesafede park alanı · Uzun süreli kullanım için en fazla 90 m mesafede park alanı
	Otopark sayısının azaltılması	
	Amaç: Bireysel araç kullanımını azaltmak, otopark sayısını azaltarak, geniş açık otopark alanlarının neden olduğu arazi kullanımını ve ısı adası etkisini engellemek ve yağmur suyu tahliyesini kolaylaştırmak	
	Otopark sayısının azaltılması	En fazla yerel standart ve yönetmeliklerin belirlediği asgari sayıda otopark
	Araç Paylaşımı	Toplam otopark sayısının en az %1'i kadar paylaşımlı araç otoparkı
	Ücretli Otopark Alanı	Toplu taşımaya teşvik için otopark alanlarının ücretlendirilmesi
	Elektrikli Araçlar	
	Amaç: Geleneksel yakıtlı araçların yerine alternatif araçları teşvik etmek	
	Elektrikli Araç Ekipmanı	Tüm otopark alanının %5'ine veya en az 2 park yerine (hangisi daha büyükse) elektrikli araçlar için şarj istasyonları kurulmalı
	Elektrikli araç hazır altyapı sistemi	Tüm otopark alanının %10'u veya en az 6 otopark alanında (hangisi daha büyükse) kurulmalı

Çizelge 2.8. (devam) LEED ana kriterlerinin enerji ve sera gazı salınımlarına etki ettiği saptanan alt kredileri ve değerlendirme konuları

SÜRDÜRÜLE BİLİR ARAZİ	Isı adası etkisini azaltma	
	Amaç: Isı adası etkisini azaltarak kullanıcılar ve vahşi yaşam alanları üzerindeki olumsuz etkiyi azaltmak	
	Çatılarda ve Çatı Harici Alanlarda	“Çatı harici alanlar/0,5+Yüksek yansıtıcı özellikte çatı alanı/0,75+Yeşil çatı alanı/0,75≥Toplam arazi zemin alanı+Toplam çatı alanı” değeri karşılanmalı
		Çatı harici alanlarda bitkilerin sert zeminler için gölgeleme elemanı olarak tasarımı
		Güneş enerjisi kolektörleri, fotovoltaik paneller ve rüzgar türbinleri gibi enerji üretim sistemlerinin gölgeleme elemanı olarak kullanımı
		Gölgeleme elemanı olarak SRI (solar reflectance index-güneş yansıma endeksi) en az 0,28 olan kaplamaya sahip çatı kullanımı
		Peyzaj düzenlemesinde ilk SR değeri en az 0,33 olan kaplama malzemelerinin kullanımı
		En az %50 oranında boşluklu zemin kaplama malzemelerinin kullanımı
		Düşük eğimli çatılarda ($\leq 2:12$) ilk SRI değeri 82, yılanmış SRI değeri 64 olan malzeme kullanımı
		Dik eğimli çatılarda ($> 2:12$) ilk SRI değeri 39, yılanmış SRI değeri 32 olan malzeme kullanımı
	Yarı Açık Otopark Alanları	Yarı açık otopark alanlarının en az %75’inde üst örtü yapılması (yeşil çatı veya SRI değeri en az 39 olan malzeme kullanımı veya güneş kolektörleri, rüzgar tribünleri, PV paneller ile üst örtü oluşturmak)
ENERJİ VE ATMOSFER	Enerji performansının Optimize Edilmesi	
	Amaç: Yüksek enerji kullanımıyla ilişkili çevresel ve ekonomik zararları azaltmak için etkin enerji tasarrufu sağlamak	
	ASHRAE 90.1-2016’da belirtilen asgari gerekliliklere göre;	
	İç ve dış aydınlatma	%15 ile %40 oranında aydınlatma talebini azaltma
	Gün ışığı kontrolleri	Aydınlatılan alanların en az %40’ı için aydınlatma kontrolleri kurulması
	Yapı Kabuğu	İklim bölgeleri 1-2 için; · Opak duvar alanının %70’inden fazlası ve zemin alanının %70’inden fazlasının ısıtma kütlesi olarak tasarlanması · Yapı kabuğu U değeri %25 oranında azaltılması Solar ısı kazanım katsayısının %50 oranında azaltılması
		İklim bölgeleri 3-8 için; · Yapı kabuğu U değeri %25-%50 oranında azaltılması Yapı kabuğu hava sızıntısının %25 oranında azaltılması
	HVAC ve Servis Suyu Isıtma Ekipmanları Verimliliği	· Toplam fan gücünün %20 oranında azaltılması Kombine soğutma, ısıtma ve kullanım suyu ısıtma sistem kapasitesinin en az %75’i için %20 verimlilikte iyileştirme yapılması
	Ekipman ve Aletler	Ofis ekipmanları, elektronik cihazlar, yemek servis ekipmanları ENERGY STAR sertifikalı olmalı
	Yenilenebilir enerji	
	Amaç: Fosil enerji kullanımının olumsuz çevresel ve ekonomik etkilerini azaltmak ve sera gazı salınımını düşürmek için yenilenebilir enerji projelerini artırmak ve yeşil ekonomiye geçişi teşvik etmek	
	Yerinde üretilen yenilenebilir enerjiyi kullanmak	Binanın enerji ihtiyacının %2’si ile %20’sinin yerinde yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmesi

Çizelge 2.8. (devam) LEED ana kriterlerinin enerji ve sera gazı salınımlarına etki ettiği saptanan alt kredileri ve değerlendirme konuları

ENERJİ VE ATMOSFER	Son beş yıl içinde inşa edilmiş veya binanın kullanılmaya başlamasından itibaren iki yıl içinde faaliyete geçmesi için sözleşme yapılmış bir üretim tesisi tarafından sağlanan saha dışı yenilenebilir enerji satın almak	Binanın enerji ihtiyacının %10'u ile %50'sinin proje arazisi dışında bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmesi
	Yenilenebilir enerji sertifikası veya karbon ofsetleri satın almak	Binanın enerji ihtiyacının %35'i ile %100
İÇ MEKÂN ÇEVRE KALİTESİ	Gün Işığı	
	Amaç: Bina kullanıcılarının dış mekânla görsel iletişimini sağlamak, biyolojik saatlerinin ritmini güçlendirmek ve gün ışığını mekana alarak yapay aydınlatmanın elektrik kullanımı üzerindeki yükünü azaltmak	
	Simülasyon: Mekansal Gün Işığı (SDA) ve Yıllık Güneş Işığına Maruz Kalma (ASE) Simülasyonu	Aktif olarak kullanılan mekanlarda mekânsal gün ışığı, ortalama sDA300/50% değerinde düzenli olarak zemin alanının en az %40'ını kaplamalı
	Aydınlık Hesaplamaları ve Ölçüm	Düzenli olarak kullanılan her mekan için, sabah saat 9 ve öğleden sonra 3 saatlerinde aydınlık seviyesinin 300 ile 3000 lüks aralığında olduğu zemin alanı yüzdesi en az %55 olmalı

Çizelge 2.9. BREEAM Enerji ana kriterinin enerji ve sera gazı salınımlarına etki ettiği saptanan alt kredileri ve değerlendirme konuları

ANA KRİTER	ALT KREDİ	DEĞERLENDİRME KONULARI
ENERJİ	Karbon Salınımı ve Enerji Kullanımının Azaltılması	
	Amaç: Operasyonel Enerji talebini, Birincil enerji tüketimini ve CO ₂ emisyonlarını en aza indirecek şekilde tasarlanmış binaların yapımını teşvik etmek	
	Onaylı bina enerji hesaplama yazılımının kullanılması	Uluslararası yeni yapılar enerji performans oranı (EPR _{INC}) hesaplanması
	· Enerji Verimli Tasarım Özellikleri	
	Aydınlatma	· Gün ışığı alan ve gün ışığı almayan mekânlarda, ASHRAE standart 90.1'de tanımlanmış doluluk ve gün ışığı kontrolleri · İç aydınlatma elemanlarının en az %80'inin 65 lümen/Watt değerinde enerji verimli olması
	Su Isıtma Sistemleri Verimliliği	· Sıcak suyun, ASHRAE Standardı 90.1'e uygun olarak, verimliliği $\geq$ %85 (merkezi veya merkezi olmayan) olan bağımsız bir sistem aracılığıyla veya $\geq$ %85 verimliliğe sahip merkezi olmayan gaz yakıtlı depolu ısıtıcılar ile elde edilmesi
	Düşük ve Sıfır Karbon Teknolojileri	· Toplam elektrik veya ısıtma ve soğutma talebinin en az %10'unun sahada düşük veya sıfır karbon teknolojilerinden üretilmesi

Çizelge 2.9. (devam) BREEAM Enerji ana kriterinin enerji ve sera gazı salınımlarına etki ettiği saptanan alt kredileri ve değerlendirme konuları

ENERJİ	Yapı Kabuğu	- ASHRAE Enerji Standardı 90.1-2013'e göre U değerlerinde asgari %5 iyileştirme yapılması - Basınç testi yapılarak yapı kabuğu hava geçirgenliğinin mevcut ulusal standartlarda belirtilen değerlere göre asgari %50 oranında iyileştirilmesi
	Su Isıtma Sistemlerinin Verimliliği	Sıcak suyun, ASHRAE Standardı 90.1'e uygun olarak, verimliliği $\geq$ %85 (merkezi veya merkezi olmayan) olan bağımsız bir sistem aracılığıyla veya $\geq$ %85 verimliliğe sahip merkezi olmayan gaz yakıtlı depolu ısıtıcılar ile elde edilmesi
	Isıtma Sistemleri Verimliliği	- Isıtma sistemlerinin ASHRAE Standardı 90.1'e uygunluğu - Isıtma sistemlerinde $\geq$ %90 mevsimsel verimlilik sağlanması
	Soğutma ve Havalandırma	Soğutma ve havalandırma sistemlerinin ASHRAE Standardı 90.1'e uygunluğu
	Düşük Karbon Tasarımı	
	Amaç: Binanın enerji tüketimini ve buna bağlı karbon emisyonlarını azaltmak, aktif sistemlere olan bağımlılığı en aza indiren tasarım kararlarının benimsenmesi	
	Pasif tasarım	Proje tasarım aşamasında bina enerji tüketimini azaltacak pasif tasarım stratejilerinin uygulanabilirliğinin analizinde asgari olarak değerlendirilecek konular - Konum - Hava durumu - İklimsel özellikler - Bina mekân çözümü - Bina yönelimi - Bina formu - Yapı kabuğu - Isıl kütle veya yapı kabuğunun ısı kütle etkisi - Bina fonksiyonu - Doğal aydınlatma stratejileri - Havalandırma stratejileri - İklim değişikliğine uyum - Analizle uygunluğuna karar verilen pasif tasarım stratejileri kullanarak birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımlarında %5 iyileşme sağlanması Pasif soğutma - Gece soğutması (ısı kütle kullanımı) - Zemin bağlantılı soğutma sistemleri - Çapraz havalandırma - Yeraltı suyu kaynaklı soğutma sistemleri - Yüzey suyu kaynaklı soğutma sistemleri - Doğrudan veya dolaylı buharlaşmalı soğutma Atık ısı kullanarak soğutma sistemlerinden analiz sonucu uygun bulunan sistemlerin kullanılması
	Düşük veya sıfır karbon (LZC) teknolojileri	Konsept tasarım çalışması aşamasında düşük veya sıfır karbonlu enerji kaynaklarını belirlemek için fizibilite çalışmaları yapılması ve uygun LZC teknolojisinin belirlenmesi

Çizelge 2.9. (devam) BREEAM Enerji ana kriterinin enerji ve sera gazı salınımlarına etki ettiği saptanan alt kredileri ve değerlendirme konuları

ULAŞIM	Toplu Ulaşım İmkânı	
	Amaç: Yapıların toplu ulaşım ağlarının yakınında konumlanmasına teşvik etmek ve ulaşım kaynaklı kirliliği azaltmak	
	Erişilebilirlik Endeksi	Ana bina girişinden toplu ulaşım noktasına kadar olan uzaklık, toplu taşıma türü, tipik bir gün için binanın kullanım saatleri boyunca ortalama toplu ulaşım sıklığı bilgileri BREEAM Tra 01 hesaplama aracına girilerek Erişilebilirlik Endeksinin hesaplanması
	Özel Otobüs Servisi	Bina kullanıcıları için özel servis ve altyapısı sağlanması
	Ulaşımında Alternatif Seçenekler	
	Amaç: Bina kullanıcılarını düşük karbonlu ulaşım seçeneklerini kullanarak seyahat etmeye teşvik etmek ve bireysel ulaşımı en aza indiren altyapılar sağlamak	
	Bisiklet Ulaşımı	· Mevcut bisiklet ağının iyileştirilmesi ve yeni bisiklet ağı ile entegrasi
	Bisiklet Park Alanı	· İlk 200 kullanıcı için 10 kişi başına bir park alanı, sonraki 100 kullanıcı (201-300) için 15 kişi başına 1 park alanı, sonraki 100 kullanıcı için (301-400) 20 kişi başına 1 park alanı ve sonraki kullanıcılar için (401+) her 25 kişi başına 1 park alanı ayrılması
	Toplu Ulaşım	· Toplu ulaşım sıklığının artırılması
	Elektrikli Araç	· Toplam otopark sayısının en az %3'ü için elektrikli şarj istasyonlarının kurulması
	Paylaşımlı Araç	· Toplam otopark sayısının en az %5'i için paylaşımlı araç otoparkı kurulması · Bu otoparkların ulaşımı kolay bina yakını yerlerde konumlandırılması
SAĞLIK VE KONFOR	KRİTER	DEĞERLENDİRME KONULARI
	Görsel Konfor	
	· Amaç: Bina kullanıcılarına görsel performans ve konfor konusunda en iyi deneyimi sağlamak için gün ışığı, yapay aydınlatma ve kullanıcı kontrol uygulamalarının projenin tasarım aşamasında ele alınmasını sağlamak	
	Parlama Kontrolü	· Düşük kotta tasarlanmış saçaklar gibi bina tasarımına entegre çözümler · Jaluzi, panjur gibi kullanıcı kontrollü elemanlar · Güneş kırıcı dış gölgeleme elemanları · Biyoiklimsel tasarım
	Doğal aydınlatma	· Ortalama gün ışığı aydınlatması: yılda en az 2000 saat en az 300 lüks, aydınlanan zemin alanının en az %80'i · En kötü aydınlatılmış noktada minimum gün ışığı aydınlatması: yılda en az 2000 saat en az 90 lüks, aydınlanan zemin alanının en az %80'i

2.2. Havalimanı Terminal Binaları ve Ulusal/Uluslararası Havacılık Kuruluşları ile Havalimanı İşletmeleri Tarafından Benimsenen Enerji Verimliliği Yaklaşımları

İnsanoğlunun tarihsel gelişimi içerisinde yaşanan ilerlemeler ulaşım sektöründe de karşılık bulmuştur. 20. yüzyılın başından itibaren hızla gelişen havacılık sektörü modern yaşantının önemli ve vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Hızlı ve konforlu seyahat etme imkânı, havayolu ulaşımının yurt içi ve yurt dışı ulaşımında gün geçtikte daha çok tercih edilmesini sağlamıştır. Havayolu ulaşımının gelişmesi beraberinde yeni kamusal alanlar yaratma ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu ihtiyaç doğrultusunda, havacılık sektörünün ana bileşenlerinden olan ve en temel tanımıyla uçakların kalkış ve iniş yaptıkları, yolcularını ve yüklerini aldıkları tesisler olan havalimanları gelişmeye başlamıştır (Acar, 2009).

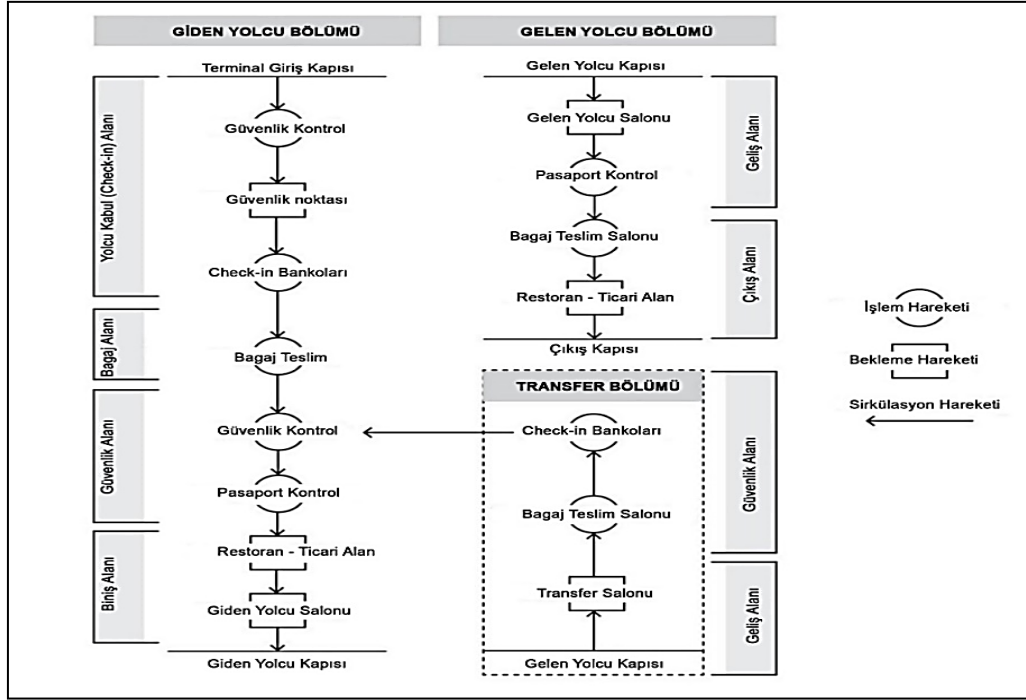
Havalimanı kavramı; Türk Sivil Havacılık kanunu tarafından karada ve su üzerinde hava araçlarının kalkması ve inmesi için özel olarak hazırlanmış, hava araçlarının bakım ve diğer ihtiyaçlarının karşılanmasına, yolcu ve yük alınmasına ve verilmesine elverişli tesisleri bulunan yerler olarak tanımlanmıştır. Günümüzde havalimanları bir ülkenin dünyaya açıldığı kapı konumuna gelmiş, son yıllarda uluslararası düzeyde yapılan yolculukların artmasıyla birlikte birçok ülkede havayolu taşımacılığına yapılan kamu ve özel sektör yatırımları da artmış, bu gelişmeler ise havalimanlarını farklı bir konuma taşımıştır. Havalimanları başlangıçta uçakların iniş ve kalkış yapmalarına uygun bir pist alanı iken, günümüz koşullarında farklı boyut ve mimarileri ile pistler, apronlar, kule, radar, meteoroloji istasyonu, hangarlar, terminaller, oteller, ofisler, mağazalar, gümrük, park alanları, sağlık hizmetleri, ibadethane, bekleme ve dinlenme alanlarıyla kapsamlı bir kompleks haline gelmiştir (Elgün, Babacan, Kozak ve Babat, 2013; Yunus, 2019)

Havalimanları hava ve kara tarafı olmak üzere iki ana fonksiyon bütününden oluşmaktadır. Kara tarafı (yer bölgesi) ise, yolculara ve beraberindeki kişilere hizmet veren alanlardır. Terminal binaları, havalimanı içinde yer alan ulaşım yolları, otopark alanları kara tarafı tesisleridir ve üst yapı tesisleri olarak adlandırılmaktadır (Durgun, 2014; Erden, 2007). Hava tarafı (hava bölgesi), uçakların iniş/kalkış ve yerdeki hareketleri için düzenlenmiş alanlardır. Bu bölümde uçakların iniş ve kalkışlarını yaptıkları pist, hareketlerini düzenledikleri taksi yolları, yolcuların uçağa binip indikleri, uçakların park ettikleri apron ve yolcu köprülerinden oluşmakta ve altyapı tesisleri olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2.9'da havalimanı genel yapısı verilmiştir (Durgun, 2014; Erden, 2007).

Fonksiyonel bir bina olan terminallerde plan şemasının oluşumu ve mekân organizasyonu için yapının ana işlevlerini ve işleyişini bilmek gerekmektedir. Terminal binasının geliş, gidiş ve transfer olarak tanımlanan üç ana bölgesi çeşitli ikincil fonksiyon alanlarının bir araya gelmesiyle oluşmaktadır (Thampan, Sinha, Gurjar ve Rajasekar, 2020). Bu alanlar aşağıdaki şekilde gruplandırılmaktadır (URL-4);

- Gidiş salonu veya yolcu kabul (Check-in) salonu
- Sirkülasyon ve bekleme alanları
- Havayolu bilet satış ve hizmet bankoları
- Yolcu kabul tesisleri (Check-in bankoları)
- Hava yolu ofisleri
- Bagaj Hizmetine yönelik alanlar
- Pasaport kontrol
- Güvenlik kontrol alanları
- Gelen yolcu salonları
- Giden yolcu salonları
- Bagaj teslim alma alanı
- Havayolu operasyonları alanı
- Ticari birimler (restoran, kafeterya, araç kiralama, gümrük mağazaları gibi)

Yolcular için terminal binasının işleyişi Şekil 2.10'da görüldüğü üzere; gelen yolcunun uçaktan indikten sonra bagaj alma noktasına ulaşması ve terminal binasının çıkış noktasına yönlendirilmesi, terminal binasının herhangi bir toplu taşıma ağıyla entegre olması durumunda toplu ulaşımdan faydalanarak havalimanından ayrılması şeklindedir. Giden yolcu için ise; terminal binasına toplu taşıma veya bireysel olarak ulaşım sağlayıp kontrollü giriş yaptıktan sonra bilet kontrol gişelerinden geçip bagajını teslim etmesi ve güvenlik biriminden geçerek uçağa ulaşması olarak özetlenebilir (Aslanöz, 2019).



Şekil 2.10. Terminal binası yolcu akış ve fonksiyon şeması (Thampan, ve diğerleri, 2020)

Terminal binaları tasarımında, yapıya ulaşım önem verilmesi gereken bir konudur. Binanın toplu ulaşım erişimli olarak planlanması, toplu ulaşım için gerekli altyapı sistemlerinin bina tasarımının bir parçası haline getirilmesi, özel araçlar ile ulaşım seçeneği için ise havalimanının uçuş yoğunluğuna bağlı olarak gerekli sayıda otopark alanının ayrılmış olması gerekmektedir (Aslanöz, 2019).

Terminal binalarının planlaması ve tasarım süreci; hizmet seviyesi, işlem yapacak yolcuların ve bagajın özelliklerini ve hacmini yansıtmak zorundadır. Yapı tasarlanırken, ana kullanıcı olan yolcuların, terminal binasını birincil sebep olarak uçağa yetişmek için ziyaret ettikleri unutulmamalı ve bu eylemi kolaylaştıran yaklaşımlar sergilenmelidir. Başarılı bir terminal binası tasarımının işareti, hedefler arasındaki doğal ve engelsiz yolcu akışı, terminalin içinde kolay dolaşım, basitlik ve etkin maliyetidir (URL-5).

Terminal binasının tasarımında basitlik kavramı önemli bir yaklaşımdır. Terminallerin ana yolcular tarafından kolay algılanabilir olması gerekmektedir. Birçok işlevsel mekânın bir arada bulunduğu terminal binalarında yolcu hareketini kolaylaştıracak ve kısıtlı zaman aralığında yolcunun kaybolmadan diğer akışlara karışmadan bir bölgeden diğerine geçişte gidiş yönünün tariflenmesi önemlidir. Tasarımda basitliğe ulaşmanın bir diğer yolu ise bina

fonksiyonlarının açıkça ayrılması ve bu ayrımın yolcu tarafından algılanabilmesidir. Bu ayrım mekânlar arasındaki hiyerarşinin farklı büyüklükteki hacimlerle hissettirilmesiyle sağlanabilir. Bir diğer yöntem ise; bina içerisinde görsel bütünlük sağlamak ve binanın şeffaf tasarımı ile bu işlev farklılıklarını görünür kılmaktır. Atriyumlar, çatı ışıklıkları, geniş giydirme cepheler, bölüntüsüz büyük açıklıklar ve geniş mekân planlamaları görsel bütünlük sağlarken, yolcуда mekân algısının oluşmasına yardımcı olmaktadır (Aslanöz, 2019; Şaşmaz, 2007). Bu uygulamaların asıl amacı yolcuların yönlendirme levhalarına veya işaretlemelere ihtiyaç duymaksızın doğal bir akış içerisinde yön bulmasına yardımcı olmaktır.

Havaalanı işletmeleri tesis gereksinimlerini belirlerken mevcut operasyona hizmet veren yapıların ikinci bir kopyası olabilecek yeni tesislerin inşaatı yerine mevcut yapıların genişletilmesine yönelmelidir. Havalimanı terminal binaları tasarlanırken yolcu sayısındaki artışlar ve havacılık hizmetlerinde meydana gelebilecek değişiklikler öngörülerek, kapasite artışına cevap verebilecek esneklikte planlanması ve inşa edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden plan şeması ve yapım teknikleri mümkün olduğu kadar esnekliğe sahip olmalıdır. Modüler yapım sistemleri ile inşa edilmiş bir terminal binasında yolcuların operasyonlarını en az etkileyecek şekilde ve sürede değişiklik yapmak mümkün olmaktadır (Oto, 2011). Sabit değişmez mimari elemanlar yerine, değişimlere olanak sağlayan, farklı sistemlerin birbirine montaj ve sökümüne imkân tanıyan modüler sistemlerin bir diğer faydası ise yolcu salonları gibi büyük hacimli mekânların ihtiyaca göre kendi içlerinde bölünerek esnek kullanım imkânı sağlamasıdır (Şaşmaz, 2007).

Bunların yanı sıra IATA (International Air Transport Association- Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği), terminal binalarının tasarımına yönelik bazı tavsiyelerde bulunmaktadır. Bu tavsiyeler aşağıda verilmiştir (URL-4):

- Terminal binaları yolcu hareketini engellemeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Yolcu akış güzergâhlarının kesiştiği planlamalardan kaçınılmalıdır.
- Yolcu akış güzergâhları mümkün olduğunca kısa tutulmalı, yolcuları kasten ayrıcalıklı alanlara yöneltmek için güzergâh uzatılmamalıdır.
- Arazi şartları gibi zorunlu etkenler dışında yapıda kot farkı olmamalı, gelen ve giden yolcular seviye değiştirmemelidir.

- İç ve dış hat yolcuları mekânsal olarak ayrıştırılmalıdır.
- Havayolu bilet satış noktaları, hizmet bankoları gibi kuyruklanma gerektirecek fonksiyonlar yolcu akışını bölmeyecek konumda planlanmalıdır.

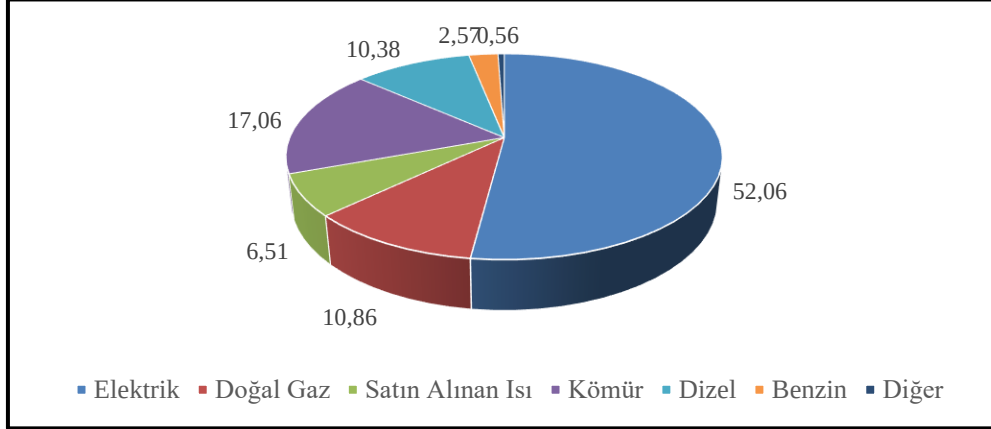
2.2.1. Havalimanı terminal binaları ve enerji verimliliği

Küresel enerji tüketiminin %2,2'sini oluşturan havacılık sektörü, karbondioksit salınımlarının %2'sinden, havalimanları ise, havacılık kaynaklı karbondioksit salınımlarının %5'inden sorumludur (Akyüz, Kafalı ve Altuntaş, 2021). Havalimanlarında, yapıların doğal çevreye getirdiği yükün azaltılabilmesi, mimarların çevreye duyarlı yapılar tasarlama sorumluluğunun artmasıyla gerçekleşmektedir. Günümüzde havalimanı planlama süreci uluslararası havacılık kurumlarının ve ulusal otoritelerin de etkisiyle çevreci bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Kaynakların etkin bir şekilde kullanılması için havalimanlarının çevre üzerindeki uzun vadeli etkileri hesaplanmakta, enerji tüketimi, ekolojik çevre ve doğal hayat, iklim değişikliği, arazi kullanımı, gürültü, atık sular, buz önleyici sıvı ve katı kimyasallar gibi birçok konu göz önünde bulundurulmaktadır (Ateş, 2008; Oto, 2011).

Bugün, havalimanlarında bütüncül bir yaklaşımla ele alındığında, enerji tüketimini %20 ile %50 oranında azaltarak verimliliğin iyileştirilmesi için önemli bir potansiyel bulunmaktadır (Uysal ve Sogut, 2017). Enerji etkin sürdürülebilir havalimanı yapıları tasarımı; havalimanlarının yüksek enerji talebinin ve çevreye olan olumsuz etkilerinin farkına varılmasıyla yakın süreçte başlayan ve giderek daha çok önem kazanan bir yaklaşımdır. Enerji etkin tasarım yaklaşımı havalimanlarının enerji tüketim potansiyeli en yüksek yapısı olan terminallerde; yeni enerji tasarruf teknolojileri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, yüksek yalıtım çözümleri, pasif ısıtma/soğutma, doğal aydınlatma gibi uygulamalar ile karşılık bulmuştur. Terminal binalarında bu teknolojiler, çatı, cephe ve temeller gibi yapı elemanları için yeni tasarım yöntemleri ve bakış açıları gerektirmektedir (Oto, 2011).

Havalimanları, büyük miktarlarda enerji tüketen ve atmosferdeki sera gazı emisyonlarına önemli miktarda katkıda bulunan tesislerdir. Şekil 2.11'de görüldüğü üzere havalimanlarında tüketilen enerji; çoğunlukla fosil kökenli kaynaklardan elde edilmektedir. Hava tarafı ve kara tarafı faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi için gereken enerjinin sağlandığı başlıca kaynaklar elektrik ve doğal gaz kömür, petrol gibi yakıt çeşitleridir. Elektrik enerjisi,

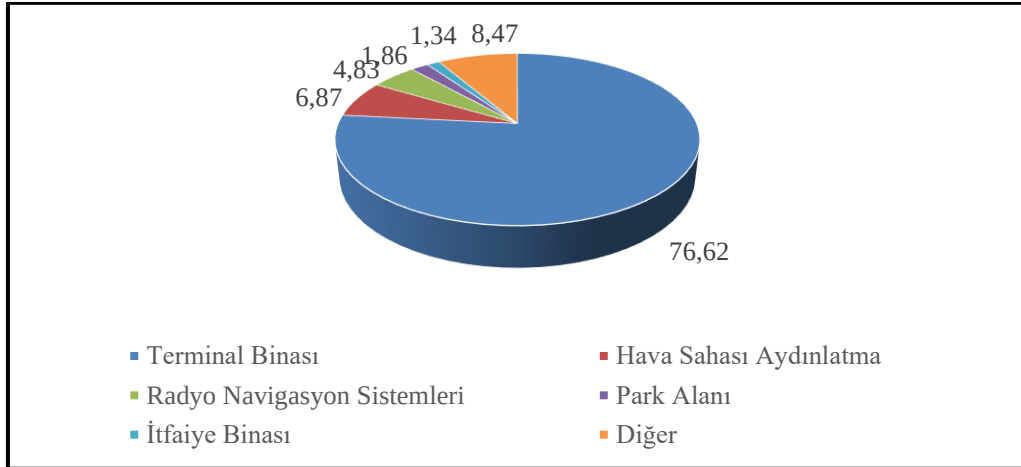
havalimanı faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi için gerekli olan ana enerji kaynağıdır (Alba ve Manana, 2016).



Şekil 2.11. Havalimanlarında kullanılan enerji kaynakları (Li, ve diğerleri, 2017)

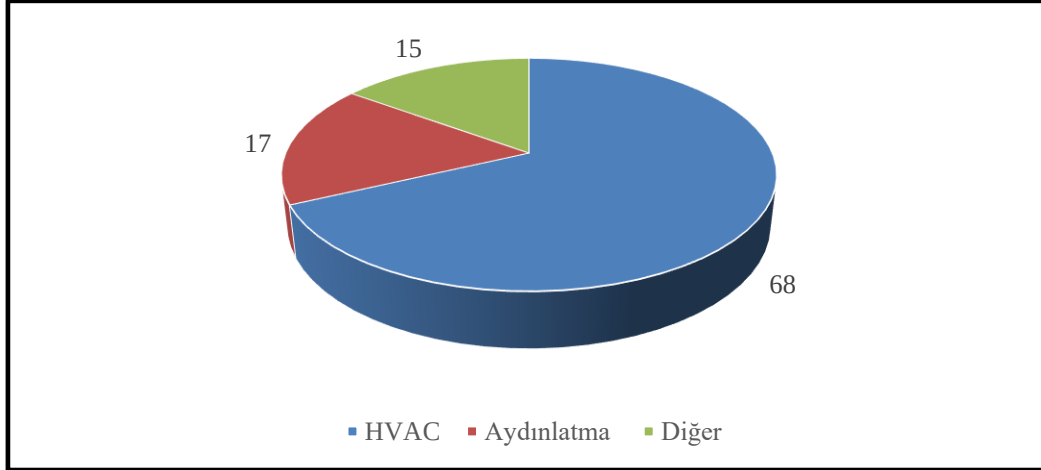
Havalimanlarında hava tarafı genel tüketicileri radyo navigasyon sistemleri, apron aydınlatması, pist ışıkları ve kontrol kulesi, uçak bakım hangarları, meteoroloji istasyonu, itfaiye binaları gibi yardımcı binalardır. Hava tarafında enerji tüketimini uçak bakım hangarlarının kapasitesi, apron alanının büyüklüğü, aydınlatılacak pist ve taksi yolu uzunlukları ciddi miktarda etkilemektedir (Akyüz, 2018). Kara tarafında ise enerji tüketim alanları terminal binaları, kargo terminalleri, idari binalar ve araç park alanlarıdır (Yıldız, Yılmaz ve Çelik, 2021).

Yolcu ve kargoların taşınmasında kilit rol oynayan terminal binaları Şekil 2.12’de görüldüğü üzere havalimanı bütünü içerisinde en yüksek enerji tüketimine sahip binalardır (Alba ve Manana, 2016).



Şekil 2.12. Örnek bir havalimanının enerji tüketimleri (Alba ve Manana, 2016)

Kendine özgü mimari karaktere ve işletim modeline sahip terminal binaları, belirli dönemlerde değişen program ve doluluk oranlarıyla yıl boyunca, günün tüm saatleri faaliyet göstermektedir. Terminal binalarında ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemi, yapay aydınlatma, ekipmanların kullanımı ve sıcak su gibi çeşitli uygulamalarda enerji kullanılmaktadır (Balaras, Dascalaki, Gaglia ve Droutsas, 2003) HVAC sistemleri, iç mekân konfor koşullarının sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır ve Şekil 2.13'te görüldüğü üzere terminal binalarındaki enerji tüketiminin büyük kısmından sorumludur. Bu sistemler, havalimanı terminal binalarında elektrik enerjisinin %40'ından fazlasını, sıcak su ve pişirme gibi küçük sistemler dışında kullanılan doğal gazın tamamına yakını tüketmektedir (Yıldız et al., 2021). Bu nedenle terminal binalarında kullanılan HVAC sistemlerinin verimliliğinin artırılması, bunun yanında HVAC sistemlerine duyulan ihtiyacın azaltılmasını sağlayacak çözümler geliştirilmesi ve bina kabuğunun iyileştirilerek yapının ısıtma ve soğutma gereksinimlerinin sınırlandırılması enerji verimliliği sağlamada önemli bir yere sahiptir.



Şekil 2.13. Terminal binasında sistemlerin enerji tüketim oranları (Akyüz, 2018)

Havalimanı terminal binalarının enerji tüketen sistemlerinden bir diğeri ise aydınlatma sistemleridir. Günün 24 saati aktif olarak kullanılan yapıda aydınlatma sistemlerinin tasarımı enerji verimliliğine katkıda bulunmak için büyük potansiyele sahiptir (Alba ve Manana, 2016). İç ortam kalitesine ve kullanıcıların verimliliğine önemli bir katkısı olan aydınlatma sistemlerinin planlaması ile enerji tüketimi azaltılabilmekte ve yüksek aydınlatma kalitesi sağlanabilmektedir. Aydınlatma elemanlarının enerji tüketimine bir diğer etkisi ise oluşturduğu ısınma sorunu ile mekanik sistemler üzerinde ilave bir yük oluşturmaktadır (Çelik, 2021)

Terminal binaları açık plan şemalı ve büyük hacimlere sahip yapılar olup, konfor şartlarının sağlanması diğer yapılara kıyasla daha yüksek enerji tüketimine neden olmaktadır. Geniş yüzey alanları sebebi ile dış ortamla etkileşimlerinin fazla olması ısı transferini artırmakta ve binanın ısıtma ve soğutma ihtiyacına ilave yükler getirmektedir (Li et al., 2017). Terminal binalarının mimari özelliklerinden biri olan saydamlık anlayışının enerji tüketimi üzerinde ciddi bir etkisi vardır. Bina kabuğunun büyük bir bölümünü oluşturan giydirme cam cepheler ve çatı ıslıklıkları gibi geniş cam yüzeyler nedeniyle yapı yüksek güneş radyasyonuna maruz kalmakta böylece iç mekân sıcaklığında ciddi artışlar yaşanmaktadır (Alba ve Manana, 2016).

Genel olarak bakıldığında terminal binasının mimari yapısı ve yer aldığı bölgenin iklimsel koşulları enerji tüketimini etkileyen başlıca faktörlerdir. Terminal binalarında enerji tüketimini etkileyen çok sayıda parametre bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri aşağıda verilmiştir (Akyüz, Altuntaş ve Söğüt, 2017):

- Terminal binasının büyüklüğü (iklimlendirilecek alanın büyüklüğü, yapının dış ortamla temas eden yüzey alanının büyüklüğü)
- Terminal binasının mimari formu (parçalı veya kompakt olması)
- Konum, iklim
- Bina kabuğu ve yalıtım özellikleri
- HVAC sistemleri
- Doğal aydınlatma için gün ışığından yararlanma
- Kış aylarında ısınma için gün ışığından yararlanma
- Mekanik ve elektrik sistemlerin uygun çalışması
- Yolcu sayısı

Bir binanın enerji performansını etkileyen parametrelerin saptanması ve enerji tüketim özelliklerinin bilinmesi enerji verimliliği stratejilerinin başarılı bir şekilde yapıda uygulanmasını sağlamaktadır. Havalimanı terminal binaları gibi yüksek enerji kullanımına sahip yapılarda enerji tüketimi ile ilgili verilerin dikkate alınması ve tasarımın bir girdisi olarak kabul edilmesi, hem mevcut terminal binalarının yenilenmesi ve iyileştirilmesinde hem de yeni bir terminal binasının tasarımında enerji verimliliği sağlamaya yönelik önemli katkı sağlayacaktır.

2.2.2. Ulusal ve uluslararası havacılık kuruluşlarının ve havalimanı işletmelerinin havalimanlarında enerji verimliliği yaklaşımları

Havalimanlarının çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin anlaşılması ve sürdürülebilirlik yaklaşımının havalimanlarında da uygulanması gerekliliği, çeşitli ulusal ve uluslararası havacılık kuruluşlarını, organizasyonları, araştırma kurumlarını ve havalimanı işletmelerini bu alanda çalışmalar yapmaya teşvik etmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda; havalimanı tasarımında sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği konusunda rehberlik edebilecek kılavuzlar geliştirilmiştir.

Sivil havacılık genel müdürlüğü (SHGM)

Sivil havacılık genel müdürlüğü, sivil havacılık faaliyetlerinin emniyet ve güvenlikten ödün vermeden uluslararası standartlara uygun ve çevreye duyarlı olarak yürütülmesini amaçlamaktadır.

SHGM; 2009 yılında Türkiye’deki havaalanlarında faaliyet gösteren kuruluşların çevreye ve insan sağlığına verdikleri veya verebilecekleri zararların sistematik bir şekilde azaltılması ve mümkün ise ortadan kaldırılabilmesi amacıyla “Yeşil Havaalanı (Green Airport)” projesini başlatmıştır. 2013 yılında ise Yeşil havaalanı projesinin ortak bir şekilde yürütülmesi için SHGM ve TSE arasında bir iş birliği protokolü imzalanmıştır. İlgili protokol çerçevesinde 2013 yılından itibaren TS EN ISO 14001 Çevre Yönetim sistemi gereklilikleriyle beraber ilgili mevzuatta belirtilen sektörel kriterleri sağlayan havaalanı kuruluşlarına "Yeşil Kuruluş Sertifikası" verilmektedir. Bunun için bir havaalanında bulunan tüm işletmelerin "Yeşil Kuruluş Sertifikası" alması gerekmektedir. Bu sertifikaya sahip havalimanlarına yetki belgesi, ruhsat, sertifika gibi izin belgelerinde yapılacak indirimler ile teşvikler sağlanmaktadır.

Yeşil kuruluş veya Yeşil Havaalanı sertifikasına sahip olmak için bir havalimanındaki kuruluşların sağlaması gereken gereklilikler yeşil havaalanı projesi sektörel kriterler dokümanında aşağıdaki şekilde belirtilmiştir (URL-6):

- Kuruluş tarafından bir çevre politikası oluşturulmalıdır. Amaç ve hedefler belgelenmeli, uygulanmalı ve denetlenmelidir.
- Sera gazı emisyonlarının izlenmesi ve raporlanması sağlanmalıdır.
- Atık Suların Yönetimi sağlanmalı işletmelerin faaliyetleri sonucu ortaya çıkan endüstriyel ve evsel nitelikli atık sular çevre mevzuatına uygun bir şekilde yönetilmelidir.
- Buzlanmayı Giderici / Önleyici Faaliyetlerin Yönetimi kapsamında hava araçlarının ve pistlerin bakım, onarım ve temizliğinde kullanılan kimyasal maddelerin çevreye olan etkilerini azaltmak için önlemler alınmalıdır.
- Atıkların Yönetimi amacıyla işletmeler faaliyetleri sonucu oluşan tüm atıkları türlerine göre kaynağında ayrıştırmalıdır. İlgili yönetmelik şartları göz önünde bulundurularak

atıkların geçici depolanması sağlanmalı ve atıkların yetkili kuruluşlarca taşınması, depolanması, geri kazanılması ve bertarafı sağlanmalıdır.

- Hava Kirliliği Yönetimi çerçevesinde tüm kapalı ortamlarda, insan sağlığına zararlı ortam oluşturmaya neden olan fosil yakıtlar ile çalışan araçlar yerine, çevre dostu teknolojiyle (elektrik enerjisi ile) hareket eden araçlar kullanılmalıdır. Hava kalitesini sağlamaya yönelik; işletmeler, havaalanı sınırları dışına çıkan motorlu araçların envanterini gösteren bir liste hazırlamalıdır. İşletmeler, bu araçların tümü için egzoz emisyon ölçümünü yaptırmalı ve uygunluk belgesini almalıdır. Bu kapsamda uygunluk belgesi olmayan araçların kullanılması önlenmelidir. Sıvı ve katı yakıtlı yakma sistemine sahip işletmeler bu sistemlerden kaynaklanan emisyon ölçümlerini belirtilen asgari sürelerde yaptırmalıdır.
- Çevresel Gürültü Yönetimi bağlamında gürültü ölçümleri yapılarak gürültü haritası hazırlanmalı, çevresel gürültünün değerlendirilmesi yapılmalı ve gerekli gürültü azaltıcı eylem planları hazırlanmalıdır.
- Yakıtların Yönetimi için ise hava taşıtlarına ve yakıt depolarına yönelik yakıt dolumu ve yakıt boşaltma faaliyetleri sırasında oluşabilecek sızıntıların ve dökülmelerin sebep olabileceği olumsuz etkileri en aza indirebilmek için gerekli tedbirler alınmalıdır.

SHGM Yeşil Havaalanı Projesi, Türkiye havalimanlarındaki çevresel sürdürülebilirlik uygulamalarının yaygınlaşması için önemli bir adımdır. Fakat havalimanı kuruluşlarının yeşil kuruluş sertifikasına sahip olabilmek için sağlaması gereken kriterler çoğunlukla işletim süreçleriyle ilgilidir. Havalimanlarının tasarımı ile ilgili alınacak kararların çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkileri proje kapsamında göz önünde bulundurulmamıştır. Havalimanlarının çevresel etkilerini ortadan kaldırmak veya an aza indirmek için uygulanan sürdürülebilirlik yaklaşımları bütüncül bir bakış açısıyla ele alınmalıdır. Bu uygulamaların arasında havalimanlarında enerji tüketimi ve enerji tüketimine bağlı sera gazı salınımlarını sınırlamak öncelikli olarak değerlendirilmesi gereken konulardandır. Havalimanlarında çevresel sürdürülebilirlik uygulamalarının, yer seçiminden başlanarak yapıların tasarım ve yapım süreçlerine dahil edilmesi, bu projenin ortaya çıkış amacı olan havalimanlarının çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini azaltmak hedefini gerçekleştirmek için izlenmesi gereken yöntemdir.

Havalimanı Kooperatif Araştırma Programı (ACRP- *Airport Cooperative Research Program*) Sürdürülebilir Havalimanı İnşaatı Uygulamaları

Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nin ulusal araştırma konseyinin yedi alt biriminden biri olan Ulaşım Araştırma Kurulu (TRB- *Transportation Research Board*); bilimsel ve teknik sorunlara çözümler sunan bağımsız bir kuruluştur.

TRB disiplinler arası ortamda yürüttüğü araştırmalar ile ulaştırma sektörüne yenilikler getirmeyi ve sektörün gelişmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Ulaştırma ile ilgili sorunlara çözüm üretmek amacıyla uzmanları bir araya getiren TRB, yayınlar ve çevrimiçi kaynaklar ile araştırmalarını yönetmektedir. TRB danışmanlık rolü aracılığıyla karmaşık ve genellikle ulusal öneme sahip konuları ele alan politika çalışmalarını geliştirmektedir (URL-7).

ACRP ise TRB'nin havalimanlarıyla ilgili araştırma programıdır. ACRP havalimanlarıyla ilgili yaygın problemleri ele almak, yeni teknolojiler hakkında bilgi vermek, hizmet ve operasyonlardaki yenilikleri değerlendirmek amacıyla 2005 yılında FAA (Federal aviation administration) tarafından kurulmuştur.

ACRP, havalimanlarında yönetim, planlama, tasarım, yapım, bakım, işletme, çevre, güvenlik, insan kaynakları konularında araştırmalar yapmakta ve enerji verimliliği, sürdürülebilirlik konularını da içeren yayınlar çıkarmaktadır (URL-8).

ACRP Rapor 21: Havalimanı Enerji Verimliliği ve Maliyet Azaltma

ACRP 2010 yılında, havalimanlarında uygulanan enerji verimliliği uygulamalarını anket, görüşmeler ve literatür taramaları sonucunda belgelediği havalimanı enerji verimliliği ve maliyet azaltma raporunu yayınlamıştır. Raporun amacı, küçük ve orta büyüklükteki terminallerde enerji tüketen sistem maliyetlerinin düşürülmesini sağlayacak uygulanabilir eylemleri belirlemek ve bu eylemlerin ilk yatırım maliyetlerini ve geri ödeme sürelerini kıyaslamaktır. Rapor kapsamında yapılan literatür taraması, anket ve görüşmeler belli ana konulara odaklanmıştır. Bunlar (URL-9);

Havalimanı operasyonlarında enerji verimliliği ve sermaye iyileştirme planlaması

- Enerji verimliliği projelerini belirleme ve kategorize etme yöntemleri,
- Enerji verimliliği projelerinin planlanması ve yürütülmesi için havalimanlarının kullanabileceği kaynaklar.

Düşük maliyetle uygulanabilen enerji verimliliği uygulamaları,

- İşletme ve Bakım uygulamalarında enerji verimliliği yöntemleri,
- Enerji kullanan bina sistemlerinde yapılacak iyileştirmeler,
- Yapı kabuğu ile ilgili enerji verimliliği yöntemleri.

Enerji verimliliği uygulamalarına ilişkin stratejiler,

- Uygulamayı kolaylaştırıcı unsurlar,
- Uygulamalarda karşılaşılabilecek zorluklar.

Gelişen Teknolojiler, uzun dönem maliyet iyileştirmeleri ve yasal mevzuatlar,

- Mekanik ve yenilenebilir teknolojiler,
- Yüksek performanslı yapılar için uygulamalar,
- Enerji verimliliği ile ilgili yasal mevzuatlar.

Raporda enerji verimliliği uygulamaları; yönetim ve operasyonlar, enerji kullanımı ve sistemler, koruma ve yapı kabuğu olmak üzere üç ana başlıkta ele alınmıştır.

1-Yönetim ve Operasyonlar

Raporun bu bölümünde Çizelge 2.10'da görüldüğü üzere, otomasyon ve kontroller, sistematik değerlendirme, özel programlar ve insan faktörü dahil olmak üzere enerji yönetimi ile ilgili havalimanlarında enerji verimliliğini artırmaya yönelik uygulamalardan bahsedilmektedir.

Çizelge 2.10. ACRP Rapor 21 Yönetim ve operasyonlarda enerji verimliliği uygulamaları (URL-9)

1- YÖNETİM VE OPERASYONLAR		
SİSTEM	ALT SİSTEM	ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARI
Otomasyon ve Kontroller	Yapı Otomasyon Sistemleri	- Bina otomasyon sistemi- uygun iç mekan sıcaklık ayarı - Bina otomasyon sistemi- Sensör optimizasyonu - Bina otomasyon sistemi- Güncelleme
	Otomatik Kontroller	- Isıtma ve soğutma sistemleri için otomatik kontroller - Taşıma sistemleri için otomatik kontroller
İşletme ve Bakım	Sistematik Değerlendirmeler	- Enerji denetimleri - İşletme ve bakım değerlendirmeleri - Enerji kullanımının değerlendirilmesi - Yeniden devreye alma ve optimizasyon - Temel devreye alma - Gelişmiş devreye alma
	Özel Programlar ve Operasyonel Düzenlemeler	- Bakım anlaşmaları - Önleyici bakım programları - Geçici ayarlar - Projeye özel enerji verimliliği uygulamaları - Havalimanı sürdürülebilir enerji programları
	Personel/ Kullanıcı Faktörü	- Enerji verimliliği eğitimleri düzenlenmesi - İletişim

2-Enerji Kullanımı ve Sistemler

Raporun bu bölümünde Çizelge 2.11’de görüldüğü üzere, enerji kaynakları, mekanik sistemler, aydınlatma gibi enerji tüketen sistemlerin enerji verimliliklerinin iyileştirme uygulamalarından bahsedilmektedir.

Çizelge 2.11. ACRP Rapor 21 Enerji kullanan sistemlerde verimlilik uygulamaları (URL-9)

2- ENERJİ KULLANIMI VE SİSTEMLER		
SİSTEM	ALT SİSTEM	ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARI
Kaynaklar	Yenilenemez Kaynaklar	Yakıt kaynağı çeşitliliği sağlanması
	Yenilenebilir Enerji	- Fotovoltaik paneller - Rüzgar tribünleri - Jeotermal enerji kullanımı
	Enerji Kullanımı Ölçümü	- Gelişmiş enerji ölçümleri yapılması - Ölçüm sonuçları için veri tabanı oluşturulması
Mekanik İklimlendirme	Isıtma Sistemleri	- Solar termal ısıtma - Merkezi kazan iyileştirmeleri - Toprak kaynaklı ısı pompaları
	Enerji Geri Kazanım Sistemleri	- Plaka ve Çerçeve (Akışkan) Isı Değiştiricileri Önleyici - Havadan Havaya Isı Değiştiriciler - Kojenerasyon sistemleri
	Soğutma Sistemleri	Merkezi Soğutucu (Chiller)

Çizelge 2.11. (devam) ACRP Rapor 21 Enerji kullanan sistemlerde verimlilik uygulamaları (URL-9)

Aydınlatma	Lamba ve Armatür İyileştirmeleri	· LED aydınlatma elemanlarının kullanımı
	Kontroller ve Sensörler	· Zaman ayarlı aydınlatma kontrolleri · Gün ışığına duyarlı sensörler · Harekete duyarlı sensörler · Merkezi aydınlatma kontrol sistemi
Elektrik Yükleri	Görsel Bilgi Ekranları	· Enerji verimli LED ekran kullanımı
	Bagaj Konveyörleri, Yürüyen Merdivenler ve Yürüyen Yollar için Kontroller	· Ağırlığa duyarlı kontroller kurulması

3-Enerji korunumu ve yapı kabuğu

Raporun bu bölümünde Çizelge 2.12’de görüldüğü üzere, çatı, duvarlar, pencereler ve açıklıklardan istenmeyen ısı kazanımını veya enerji kayıplarını sınırlayarak enerji verimliliği sağlamaya yönelik uygulamalardan bahsedilmektedir.

Çizelge 2.12. ACRP Rapor 21 Yapı kabuğunda enerji verimliliği uygulamaları (URL-9)

3- ENERJİ KORUNUMU VE YAPI KABUĞU		
SİSTEM	ALT SİSTEM	ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARI
Yapı Kabuğu	Malzeme	· Isı kazanımını engellemek için yansıtıcı ve açık renkli malzeme çatı malzemesi kullanımı · Isı kazanımını önlemek için yansıtıcı ve açık renkli cephe malzemesi kullanımı
	Cam yüzeyler	· Güneş kontrollü cam filmleri · Cephede güneş kontrol elemanlarının kullanımı · Giydirme cephelere entegre fotovoltaiik paneller · Akıllı pencere sistemleri (otomatik gölgeleme, değişken optik ve termal özelliklere sahip)
	Yalıtım	· Çatı yalıtımını güçlendirme · İklima uygun dış cephe yalıtım çözümleri
	Hava akışı	· Yapı kabuğunda sızdırmazlık sağlama · Kapı ve diğer cephe açıklıkların kontrolü

ACRP Rapor 56: Havalimanları için Pratik Sera Gazı Emisyonlarını Azaltma Stratejilerini Değerlendirme Kılavuzu

ACRP 2011 yılında; havalimanlarında sera gazı emisyonlarını azaltmak ve yönetmek için uygulanabilir, düşük maliyetli stratejilerin belirlendiği bir rapor yayınlamıştır. Sera gazı emisyonu azaltma uygulamaları incelenerek; boyut ve iklim farklılıklarından bağımsız

olarak tüm havalimanlarında uygulanabilecek 125 sera gazı azaltma stratejisi listelenmiş, havalimanı tasarımcıları ve işletmecileri için bir kılavuz kaynak olması amaçlanmıştır.

Bu stratejiler 12 ana başlık altında gruplandırılmıştır. Bunlar (URL-10);

- Havalimanı tasarım ve işletmesi
- İşletme planlaması
- İnşaat
- Karbon tutma
- Enerji yönetimi
- Yer hizmet araçları
- Kara yolu ulaşımı
- Malzemeler ve gömülü enerji
- İşletme ve bakım
- Performans ölçümü
- Yenilenebilir enerji

Havalimanı terminal binalarında kullanılabileceği ve mimari tasarıma dahil edilebileceği öngörülen pratik sera gazı emisyonu azaltma stratejileri Çizelge 2.13'te verilmiştir;

Çizelge 2.13. Havalimanı terminal binalarında sera gazı emisyonu azaltma uygulamaları (URL-10)

SERA GAZI EMİSYONU AZALTMA STRATEJİLERİ	
SİSTEM	UYGULAMALAR
Enerji yönetimi	· Bina otomasyon sistemi kurulumu · Enerji yönetim planı oluşturmak · İklimlendirme ve kontrol sistemleri için devreye alma işlemlerinin yapılması
Enerji verimli ekipmanlar	· Enerji verimli iklimlendirme ve kontrol sistemleri kullanımı · ENERGY STAR sertifikalı ekipman kullanımı · Enerji verimli yürüyen merdiven, yürüyen yol, asansör, bagaj konveyör sistemleri
Ulaşım	· Alternatif yakıtlı araçlar için uygun altyapıların planlanması · Otoparklarda alternatif yakıtlı araçlara öncelikli park yeri sağlanması · Toplu ulaşım imkanının artırılması · Bisiklet kullanımının desteklenmesi ve bisiklet yolu, park alanı gibi altyapıların hazırlanması

Çizelge 2.13. (devam) Havalimanı terminal binalarında sera gazı emisyonu azaltma uygulamaları (URL-10)

Yapı Kabuğu	· Bina yalıtımının güçlendirilmesi · Yapı kabuğunda ısı kayıplarının saptanması · Yalıtımın güçlendirilmesi için yeşil çatı ve yeşil cephe sistemlerinin kullanılması · Yansıtıcı çatı kaplamalarının kullanılması · Yansıtıcı cephe malzemelerinin kullanımı · Saydam yüzeylerde güneş kontrol elemanlarının kullanımı · Dış cephede termokromik kaplama malzemelerinin kullanımı
Yenilenebilir Enerji	· Bina cephesine entegre fotovoltaik panellerin kullanımı · Bina çatısına veya zemine monte edilmiş fotovoltaik panel kullanımı · Sıcak su için güneş kolektörlerinin kullanımı · Binaya entegre mikro rüzgar tribünleri · Kar ve buz depolama sistemleri · Deniz veya yeraltı sularının ısıtma ve soğutma ihtiyacı için kullanımı · Biyokütle enerjisi
Pasif tasarım	· Soğutma için doğal havalandırmadan yararlanma · Doğal aydınlatmadan yararlanma · Yapının yönlenmesini enerji kullanımını azaltacak şekilde tasarlamak
Mekanik sistemler	· Kojenerasyon, trijenerasyon sistemlerinin kullanımı · Isı geri kazanım sistemlerinin kontrolü · Termal depolama sistemlerinin ısıtma ve soğutma sistemleriyle entegre edilmesi · Evaporatif soğutma sistemleri kurulumu

Avrupa Hava Seyrüseferi Güvenliği Teşkilatı (EUROCONTROL)- Ortak Çevre Yönetimi Projesi (CEM- Collaborative Environmental Management)

CEM, EUROCONTROL tarafından, havacılık operasyonlarının çevresel etkilerini en aza indirmek, havaalanlarındaki temel operasyonel paydaşlar arasındaki iş birliğini resmileştirmek, desteklemek, yasal gerekliliklere uygun olması için teşvik etmek amacıyla geliştirilmiştir. EUROCONTROL'e üye olan havaalanlarında çevresel sürdürülebilirlik konusunda ortaklık sağlamak amacıyla çevre yönetimi rehberi oluşturulmuştur.

CEM, havaalanı boyut ve kapasitesine bakılmaksızın, ticari ve genel tüm havacılık faaliyetlerinin çevresel etkileri ile ilgilenmektedir. Gürültü yönetimi, atmosferik emisyonların azaltılması, yakıt tüketimi gibi hava araçlarının doğrudan neden olduğu çevresel etkileri dikkate alırken aynı zamanda; su kullanımı, atık yönetimi, toprak ve yer altı suyu kirliliği, enerji tasarrufu, buz çözücü maddelerin yönetimi, iklim değişikliği ve biyoçeşitliliğin korunması konularıyla da ilgilenmektedir.

CEM çevre yönetim rehberinde belirlenen çevresel sürdürülebilirlikle ilgili konular aşağıda belirtildiği gibidir (URL-11);

- Gürültü yönetimi
- Yerel hava kalitesi
- Sera gazı emisyonu
- Çevresel performansı iyileştirmek için yeni operasyon konseptlerinin tanıtılmasının gözden geçirilmesi ve koordinasyonu
- Buz çözme uygulamaları
- Atık yönetimi
- Yaban hayatı tehlike yönetimi
- Biyoçeşitliliğin korunumu
- Rüzgar tribünleri, güneş panelleri, biyokütle gibi yenilenebilir enerji çözümleri
- Arazi kullanımı

Havalimanı Karbon Akreditasyonu (ACA-Airport Carbon Accreditation)

ACA, Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI- *Airport Council International*) Avrupa tarafından 2009 yılında geliştirilmiş, 2014'ün sonlarından itibaren, Havalimanı Karbon Akreditasyonu dünya çapında tüm ACI bölgelerindeki havalimanlarında uygulanmaya başlanmıştır. ACA bugün havalimanları için tek küresel karbon yönetimi standardıdır.

Girişimin amacı, havalimanlarında karbon emisyonlarını azaltmak ve karbon nötr olma hedefiyle, karbon yönetiminde gerekli uygulamaların gerçekleştirilmesini ve bu uygulamaların standartlaşmasını sağlamaktır. Ayrıca, ACA'nın 2030'a kadar Avrupa'daki havalimanlarının %100 karbon nötr olması için uzun vadeli bir taahhüdü bulunmaktadır.

Havalimanı Karbon Akreditasyonu, emisyon yönetimi için sera gazı protokolünü ve ISO 14064 standardını temel almaktadır (URL-12).

ACA; dört farklı akreditasyon seviyesine sahiptir. Bunlar (URL-12);

- Seviye 1-Haritalama (Mapping)
- Seviye 2-Azaltma (Reduction)

- Seviye 3-Optimizasyon (Optimisation)
- Seviye 3+- Nötrlük (Neutrality)
- Seviye 4-Dönüşüm (Transformation)
- Seviye 4+- Geçiş (Transition)

Havalimanlarının ACA tarafından değerlendirilmesi ve sertifika alabilmesi için, emisyon azaltımına yönelik politikalar oluşturması, karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik uzun ve kısa vadeli hedefler belirlemesi, karbon yönetim planı geliştirmesi beklenmektedir. Akreditasyon seviyelerindeki temel gereksinimleri karşılayan havalimanları ulaştıkları seviyeyi gösteren bir sertifika almaktadır.

ACI'nın oluşturduğu Havalimanı Sera Gazı Emisyonları Yönetimi rehberlik kılavuzunda havalimanlarında karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik bazı uygulamalardan bahsedilmiştir (URL-12);

- Güç, ısıtma ve soğutma sistemlerinin iyileştirilmesi,
- Rüzgar, güneş, hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle kaynakları dahil olmak üzere yenilenebilir kaynaklardan elektrik, ısıtma ve soğutma ihtiyacının karşılanması,
- Çift cam uygulamaları, ısı ve güneş kontrollü cam uygulamaları, hareketli güneş kırıcı ve gölgeleme elemanları, doğal aydınlatma, enerji verimli aydınlatma elemanları, ısı geri kazanım sistemleri ve benzerleri dahil olmak üzere "akıllı" ve enerji verimli teknoloji ve uygulamaların tasarıma dahil edilmesi,
- Hava ve kara tarafı yer hizmet araçlarının sıkıştırılmış doğal gaz, hidrojen, elektrik gibi alternatif yakıt kaynakları kullanması,
- Geri dönüşümü ve kompostlamayı içeren katı atık yönetimi,
- Toplu taşıma sistemleri ile havalimanına ulaşımın sağlanması,
- Park maliyetinin azaltılması ve öncelikli park alanları sağlanması gibi teşvikler kullanılarak alternatif veya hibrit yakıtlı araçların kullanımının teşvik edilmesi,
- Şarj istasyonları da dahil olmak üzere düşük emisyonlu araçlara yakıt ve güç sağlamak için altyapı sağlanması.

Hartsfiels- Jackson Atlanta Uluslararası Havalimanı Sürdürülebilir Yönetim Planı

FAA (Federal Aviation administration)'nın 2009 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde başlattığı ve finanse ettiği havalimanlarında sürdürülebilirliği temel hedef haline getiren sürdürülebilir master plan pilot programı kapsamında Hartsfiels- Jackson Atlanta uluslararası havalimanı 12 aylık bir çalışma sonucunda kendi sürdürülebilir yönetim planını oluşturmuştur. Oluşturulan sürdürülebilir yönetim planı ile havalimanının sebep olduğu olumsuz çevresel etkiler saptanmış, bu olumsuz etkileri azaltmak veya mümkünse ortadan kaldırmak için sürdürülebilirlik hedefleri belirlenmiş ve somut adımlar planlanmıştır.

Hartsfiels- Jackson Atlanta Uluslararası Havalimanı sürdürülebilir yönetim planı; kaynakların etkin kullanımı ve çevresel olumsuz etkinin azaltılması ana başlıkları altında önerilen iyileştirme imkanlarından ve Çizelge 2.14'te görüldüğü üzere; bu projelerin hayata geçirilmesine yardımcı olabilecek potansiyel sürdürülebilirlik uygulamalarından bahsetmektedir. Sürdürülebilirlik uygulamaları;

- Tedarik
- Enerji yönetimi
- Su kaynakları yönetimi
- Sera gazı salınımı kontrolü
- Atık yönetimi
- Yeşil yapılar
- Gürültü yönetimi ve arazi kullanımı başlıklarıyla ele alınmıştır (URL-13)

Çizelge 2.14. Hartsfiels- Jackson Atlanta Uluslararası Havalimanı sürdürülebilir yönetim planı hedef uygulamalar (URL-13)

KATEGORİ	KRİTERLER	HEDEF UYGULAMALAR
TEDARİK	---	· Malzeme seçiminde yaşam döngüsü yaklaşımının benimsenmesi · Yerel, ekonomik ve çevre dostu ürünlerin kapsamlı bir veri tabanının oluşturulması · Yerel ve çevre dostu ürünlerin tedarik ve satıcılarına ait bir veri tabanı oluşturulması · Tedarik edilen malzemelerin sürdürülebilirliğini izlemek için protokoller geliştirilmesi

Çizelge 2.14. (devam) Hartsfiels- Jackson Atlanta Uluslararası Havalimanı sürdürülebilir yönetim planı hedef uygulamalar (URL-13)

ENERJİ YÖNETİMİ	Enerji Tüketimini Azaltmak	· Enerji kullanım verilerinin ve yüksek enerji tüketen alanların analizi · Floresan armatür kullanımı · LED aydınlatma kullanımı · Doğal ışık kullanımını üst düzeye çıkarmak için aydınlatmaların programlanması · CRT (Cathode Ray Tube) ekranların (tüplü) LCD (Liquid Crystal Display), LED veya plazma ekranlarla değiştirilmesi · Yapay aydınlatma kontrolü için hareket sensörlerinin kullanılması · Merkezi otomatik aydınlatma kontrol sistemi kurulması · Kullanılan elektronik ekipmanların düzenli olarak denetlenmesi · İklimlendirme ekipmanlarının ENERGY STAR sertifikalı ekipmanlarla değiştirilmesi · Bagaj, konveyör, yürüyen merdiven ve yürüyen yollar için ağırlığa duyarlı sistemlerin kurulumu
	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	· Farklı ölçeklerde fotovoltaik sistemlerin kurulumu · Anaerobik çürüme sistemi kurulumu
	Doğal Gaz Kullanımının Azaltılmak	· Bina otomasyon sistemlerinin kontrolü · Yüksek hızlı seksiyonel kapıların kullanımı · Bina yalıtımlarının iyileştirilmesi · Bina kabuğunun hava sızdırmazlığının iyileştirilmesi · Sıcak su için güneş enerjisi kullanımı · Güneş kontrollü cam filmleri
	Dizel Yakıt Kullanımını Azaltmak	· Yenilenebilir enerjiyle çalışan jeneratörler · Yer hizmet araçlarının doğal gaz kullanımı için dönüştürülmesi · Elektrikli araç kullanımı
GÜRÜLTÜ YÖNETİMİ ve ARAZİ KULLANIMI	---	· Gürültü yönetim planı oluşturmak · Yaban hayatı koruma planı oluşturmak
SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ	---	· Su koruma fırsatlarını, maliyetlerini ve potansiyel yatırım getirisini belirlemek için su yönetim planı hazırlamak · İç mekan ve dış mekan su kullanımını izlemek ve kayıt altına almak · İç mekan ve dış mekan su kullanımını izlemek ve kayıt altına almak · Sıhhi tesisatta ENERGY STAR sertifikalı ekipmanlar kullanmak · Düşük debili armatürler ve susuz pisuvarlar gibi su tasarruflu ekipmanlar seçmek · Su arıtma sistemleri kullanarak atık suyun yeniden değerlendirilmesini sağlamak · Yağmur suyu toplama imkanlarından yararlanmak

Çizelge 2.14. (devam) Hartsfiels- Jackson Atlanta Uluslararası Havalimanı sürdürülebilir yönetim planı hedef uygulamalar (URL-13)

SERA GAZI SALINIMI KONTROLÜ	Toplu Ulaşım İmkani	- Terminal binasına toplu taşıma sistemleri ile ulaşım - Mevcut toplu taşıma hatlarını terminal binası ile entegre etmek - Otopark alanlarının azaltılması - Bina kullanıcılarının toplu ulaşım erişimi için servis ulaşım araçları ve ilgili altyapılarının tasarlanması
	Alternatif Yakıtlı Araç	- Çevre dostu inşaat makineleri ve araçları kullanımı - Araç ve ekipmanları biyogazla çalışacak şekilde dönüştürmek - Bisiklet yolları ve bisiklet park alanları tasarlamak
	Isı Adası Etkisini Azaltmak	Isı adası etkisini azaltmak için yaban hayatı yönetim planlarıyla uyumlu yeşil çatı uygulamaları yapmak
ATIK YÖNETİMİ	---	- Anaerobik çürütücü gibi yerinde bir atıktan enerji üreten tesis kurulması - Yerinde atık dönüşüm tesisleri planlamak - Ofislerde, ambalaj israfını en aza indirmek için ürünlerin toplu olarak satın alınması - Mevcut yapıların uzun süre kullanımı, yeni yapıların inşası yerine mevcut yapıların yeniden ihtiyaca uygun şekilde planlanması ve kullanılması - Geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımına öncelik vermek
YEŞİL YAPILAR	---	- Gelecekte yapılması planlanan yapılar için havalimanına ait yeşil yapı rehberi geliştirmek - Mevcut yapıların LEED sertifikası alması için iyileştirmeler yapmak - Projelerde sürdürülebilirlik denetimleri yapmak - Tüm inşaat atıklarının sınıflandırılması ve geri dönüştürülmesi - Sürdürülebilir inşaat malzemelerinin kullanımının zorunlu kılınması - Mevcut yapı ve yapı malzemelerinin yeniden kullanılarak değerlendirilmesi - Tüm binalar için sürdürülebilir yağmur suyu kullanımının tasarıma dahil edilmesi - Peyzaj tasarımında yeşil alan kullanımını artırarak, geçirimsiz sert yüzey alanlarını azaltmak - Kentsel ısı adası etkisini azaltmak için kaldırımlarda, yollarda, otoparklarda ve çatılarda yansıtıcı ve açık renkli malzemeler kullanmak

Outagamie County Bölgesel Havalimanı Sürdürülebilir Yönetim Planı

FAA'nın Sürdürülebilir Havaalanı Master Planı Pilot Programına uygun olarak, Outagamie County bölgesel havalimanı 2012 yılında sürdürülebilir yönetim planını oluşturmuştur (URL-14). Oluşturulan Sürdürülebilir yönetim planı ile Outagamie havalimanındaki en çok enerji tüketimine sahip bina olan yolcu terminal binası için 2030 yılına kadar ulaşılması planlanan iki ana enerji hedefi belirlenmiştir. İlk hedef, binadaki enerji kullanımını 2010 yılı

toplam tüketimine kıyasla %70 oranında azaltmak, ikinci hedef ise binanın enerji ihtiyacının %50'sinin yerinde yenilenebilir enerji kaynaklarından üretmektir. Bu iki hedefe ulaşmak, terminal binasının yıllık sera gazı emisyonlarını yaklaşık %85 oranında azaltacaktır.

Yönetim planında belirlenen sürdürülebilirlik uygulamaları, havalimanında bulunan binaların enerji kullanımını azaltmaya odaklanmıştır. Enerji açısından verimli iyileştirmeler ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile enerji kullanımını azaltmak amaçlanmaktadır.

Çizelge 2.15'te enerji verimliliği hedefleri, uygulamaları ve tahmini tasarruf oranları verilmiştir.

Çizelge 2.15. Outagamie County bölgesel havalimanı enerji tüketimi azaltma ve yenilenebilir enerji kullanım hedefleri (URL-14)

Hedef 1: Yolcu Terminali binasının toplam enerji tüketimini 2030 yılına kadar 2010 yılına kıyasla en az %70 oranında azaltmak	
UYGULAMALAR	Tahmini Enerji Tasarruf Oranı (2010 yılına kıyasla)
Devreye alma faaliyetlerinin tamamlanması	%10
Termal görüntüleme ile bina kabuğundaki sızıntıların tespiti ve bina yalıtımının güçlendirilmesi	%5
ENERGY STAR sertifikalı ekipman kullanımı	%3
Islak hacimlerde yüksek verimli mekanik cihazlar (el kurutma makineleri) kullanılması	%1
Sürekli kullanılan mekanlardan gün ışığından üst düzeyde yararlanma	%2
Mekanik ekipmanlar enerji verimliliği yüksek olan ekipmanlarla değiştirilmesi	%1
Enerji verimliliğini artırmaya yardımcı olacak bir ekip kurulması	-
Bina kontrol sistemlerinin iyileştirilmesi	%2
Geleneksel iklimlendirme sistemlerinde bulunan pnömatik kontrollerin, elektronik kontrollerle değiştirilmesi	<%1
Kullanıcı kontrollü havalandırma sistemlerinin kurulması	%2
İç mekan aydınlatma elemanlarının LED ampullerle değiştirilmesi	%10
Mekanik İklimlendirme sistemleri jeotermal ısıtma ve soğutma sistemleri ile değiştirilmesi	%30
Evsel su ısıtması için kullanılan güneş enerjili sıcak su sistemini desteklemek için gazla çalışan su ısıtıcılarını jeotermal ısı pompalarıyla değiştirilmelidir.	%4
Enerji geri kazanım sistemlerinden yararlanılması	%2
Elektrik tüketimi ve doğal gaz tüketimi için ölçüm, izleme sistemleri kurulması	-
Devreye alma sistemi kurulması	-
Önleyici bakım planı geliştirilmesi	-
Çevrimiçi dijital kontrol sistemi kurulması	-
Programlanabilir elektrik ekipmanlarıyla, çalışma saatleri dışında binanın elektrik tüketiminin sınırlandırılması	%1
Yaz aylarında soğutma ihtiyacı için kar depolama sistemlerinin kurulumu	-
Toplam tahmini enerji verimliliği	%72

Çizelge 2.15. (devam) Outagamie County bölgesel havalimanı enerji tüketimi azaltma ve yenilenebilir enerji kullanım hedefleri (URL-14)

Hedef 2: 2030 yılına kadar yolcu terminali binasının toplam enerji tüketiminin en az %50'sinin yerinde yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması	
UYGULAMALAR	Enerji Temini (2030 yılı enerji ihtiyacına oranı)
Yolcu terminali çatısına ek 125 kW güçte fotovoltaik sistem kurulması	%11
İtfaiye merkezi çatısına 25 kW PV güçte fotovoltaik sistem kurulması	%2
Hangar çatısına 25 kW PV güçte fotovoltaik sistem kurulması	%2
Operatör binası çatısına 25 kW PV güçte fotovoltaik sistem kurulması	%4
Açık otopark alanının üst örtüyle kapatılması ve bu üst örtüye 400 kW güçte fotovoltaik sistem kurulması	%34
Toplam Tahmini Enerji Temini	%53

Yapılan literatür taraması sonucunda havacılık kuruluşları ve havalimanlarının sürdürülebilir yönetim planlarında önerilen enerji verimliliği ve sera gazı salını azaltma uygulamaları belirlenmiştir. Çizelge 2.16'da belirlenen uygulamalar gruplandırılmış bölüm özeti olarak tablo halinde sunulmuştur.

Çizelge 2.16. Havacılık kuruluşları ve havalimanı sürdürülebilir yönetim planlarında önerilen enerji verimliliği ve sera gazı azaltma uygulamaları

ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE SERA GAZI AZALTMA UYGULAMALARI		ACRP Rapor 21	ACRP Rapor 56	Havalimanı Karbon Akreditasyonu (ACA)	Hartsfiels- Jackson Atlanta Uluslararası Havalimanı Sürdürülebilir Yönetim Planı	Outagamie County Bölgesel Havalimanı Sürdürülebilir Yönetim Planı
YAPI KABUĞU TASARIMI						
ÇATI	Isı yalıtım uygulamaları	O	O	O	O	O
	Yeşil çatı uygulaması		O		O	
	İklim bölgesine göre malzeme rengi	O	O	O	O	
DÜŞEY YAPI ELEMANLARI	Isı yalıtım uygulamaları		O	O	O	O
	İklim bölgesine göre malzeme rengi	O	O			
	Bitkilendirilmiş cephe uygulaması		O			
	Yapı kabuğunda sızdırmazlık sağlanması	O			O	O
	Isı yalıtımlı cam ve doğrama	O	O	O	O	
	Güneş kontrollü cam	O	O	O	O	

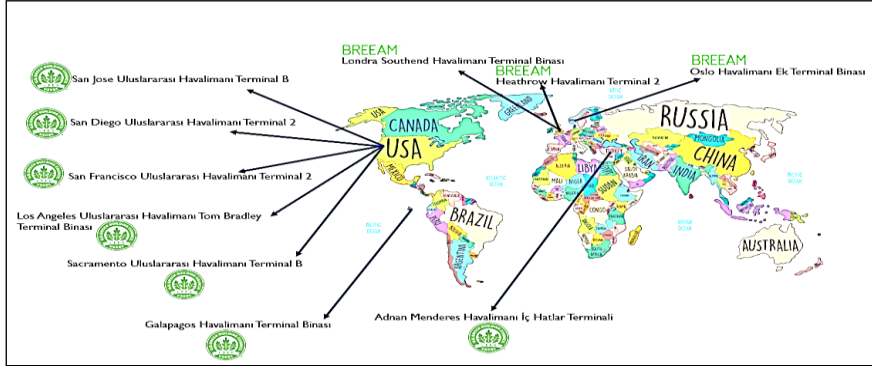
Çizelge 2.16. (devam) Havacılık kuruluşları ve havalimanı sürdürülebilir yönetim planlarında önerilen enerji verimliliği ve sera gazı azaltma uygulamaları

BİYO-İKLİMSEL TASARIM						
	Yapı yönlendmesi		O			
	Güneş kontrol elemanları		O	O		
	Tampon mekan kullanımı				O	
	Isıl farklılıkları olan mekanların bir arada planlanması		O			
	Doğal aydınlatmadan faydalanmak		O	O	O	O
	Doğal havalandırmadan faydalanmak		O			
YENİLENEBİLİR ENERJİ SİSTEMLERİ						
GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ	Fotovoltaik (PV) sistemler	O	O	O	O	O
	Güneş kolektörleri	O	O	O	O	
	PV/ısıtma kolektörleri (PV/T kolektörler)	O	O	O	O	
	Binaya entegre mikro rüzgar tribünleri	O	O	O		
	Jeotermal ısıtma ve soğutma sistemleri (Isı pompaları)	O	O	O		O
	Kar ve buz depolama sistemleri		O			O
ENERJİ SİSTEMLERİ						
	Isı geri kazanımlı mekanik havalandırma ve soğutma sistemleri	O	O	O		O
	Kojenerasyon- trijenerasyon sistemleri		O			
	Evaporatif Soğutma Sistemleri		O			
	Doğal Havalandırma ve Ekonomizer Kontrolü	O	O			
	Anaerobik çürütücü sistemi			O	O	
	Enerji verimli mekanik ekipman kullanımı		O		O	O
	LED aydınlatma elemanları	O		O	O	O
ULAŞIM SİSTEMLERİ						
	Alternatif yakıtlı araçlar için altyapı	O	O	O	O	
	Toplu ulaşım imkanı		O	O	O	
	Bisiklet yolları ve park alanları		O	O	O	
OTOMASYON/ KONTROL VE SENSÖRLER						
	Otomasyon/ kontrol ve sensörler	O	O		O	O

2.3. Enerji Etkin Havalimanı Terminal Binaları Örneklerinin İncelenmesi

Tezin bu bölümünde örnek havalimanı terminal binaları incelenmiş ve enerji verimliliği sağlamaya yönelik gerçekleştirilen uygulamalarla ilgili bilgi toplamak amaçlanmıştır. İncelemek üzere seçilen on adet havalimanı terminal binası Türkiye, Amerika, İngiltere, Norveç ve Ekvador’da bulunmakta olup, 7 tanesi LEED, 3 tanesi ise BREEAM sertifikası almış projelerdir (Şekil 2.14). İncelenen havalimanı terminal binalarının 1 tanesi sıcak-nemli

iklim bölgesinde, 8 tanesi ılıman iklim bölgesinde, 1 tanesi de soğuk iklim bölgesinde yer almaktadır.



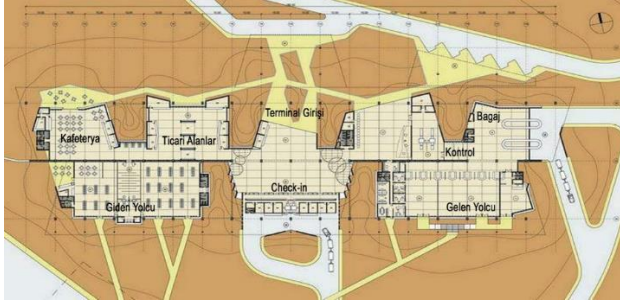
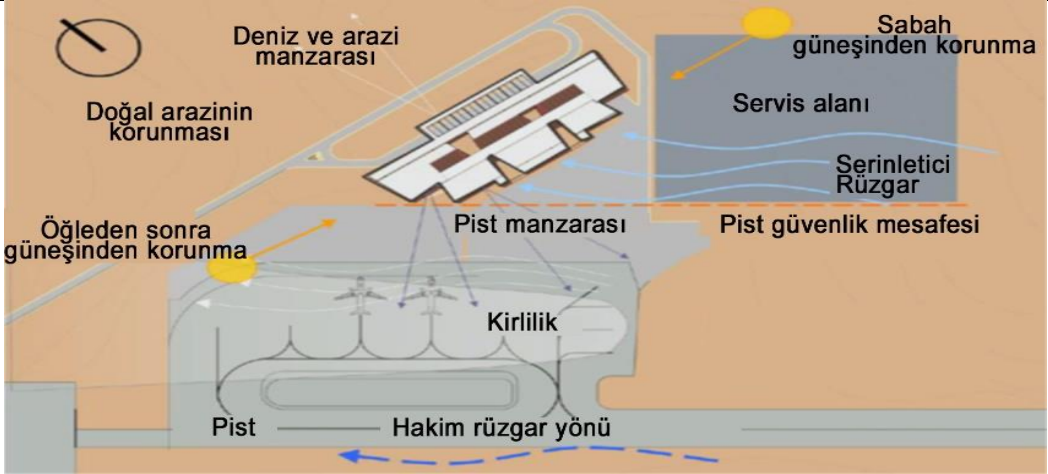
Şekil 2.14. İncelenen ve analiz edilen havalimanı terminal binalarının konumları ve aldıkları sertifika çeşidi

Seçilen örnekler için öncelikle kimlik kartları hazırlanmış ve ikinci olarak enerji verimlilik ve sera gazı azaltma uygulamalarının saptanması amacıyla analiz çizelgeleri oluşturulmuştur. Hazırlanan çizelgelerde havalimanının konum bilgisi, yapım yılı, yapım maliyeti, mimari proje ekibi, iklim bölgesi inşaat alanı, yolcu kapasitesi, kapı (gate) sayısı, yapım sistemi ve aldığı sertifikalar belirtilmiştir. Çizelgelerin devamında yapının tasarım kurgusu, biyo-iklimsel tasarım stratejileri, yapı kabuk bileşenleri, yenilenebilir enerji kullanımı, ulaşım sistemleri bilgileri verilmiş, yapının daha iyi tanıtılması için fotoğraf, diyagram, eskiz çalışmaları ile görsel olarak desteklenmiştir. Bina analizleri sonucunda hazırlanan çizelgede analizi yapılan yapılarda uygulanan enerji verimliliği ve sera gazı azaltma stratejileri iklim bölgeleri de belirtilerek sınıflandırılmıştır (Çizelge 2.17-2.26).

Çizelge 2.17. Galapagos Havalimanı Terminal Binası analiz tablosu (URL-15, 16)

GALAPAGOS HAVALİMANI TERMİNAL BİNASI		Örnek.01
GENEL BİLGİLER		
Yapım Yeri	Isla Baltra, Galapagos Takımadaları, Ekvador	 Terminal binası genel görünüşü
Yapım Yılı	2012	
Yapım Maliyeti	24 milyon dolar	
Mimari Proje Ekibi	M2 Emmedue	
İklim Bölgesi/ İklim Koşulları	1A/ Çok Sıcak- Nemli	
Bina İnşaat Alanı	7.000 m ²	
Yolcu Kapasitesi	70.000 Yolcu / Yıl	
Kapı (Gate) Sayısı	---	
Yapım Sistemi	Betonarme- Çelik	
Malzeme	Geri Dönüştürülmüş Malzeme (%80)	

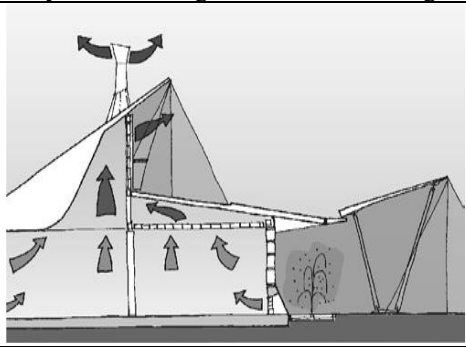
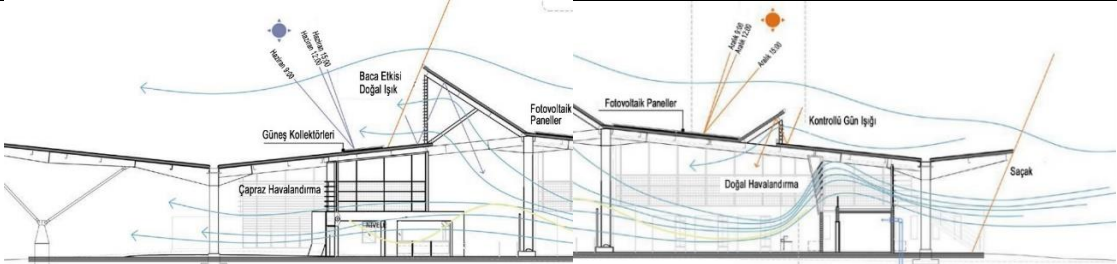
Çizelge 2.17. (devam) Galapagos Havalimanı Terminal Binası analiz tablosu (URL-15, 16)

Sertifika	LEED Gold ACA Level 4	
TASARIM YAKLAŞIMI		
Tasarım Kurgusu	· Pasif biyo-iklimsel tasarım stratejileri · Düşük enerji tüketimi, doğal kaynak kullanımının optimizasyonu · Doğal aydınlatma · Doğal havalandırma	
Form Tasarımı	Planlama Yaklaşımı: · Çok parçalı plan şeması · Avlulu çözüm Amaçlar: · Yapının dış yüzey alanını artırmak · Hakim rüzgarın serinletici etkisinden faydalanmak · Cephe yüzeyinden uzakta konumlanan mekanlara doğal havalandırma ve aydınlatma sağlamak · Merkezi alanların dış mekanla görsel temasının sağlanması	
	 <i>Bina plan şeması</i>	
Yapı Yönelimi	Konum: · Mevcut piste 45°'lik açıyla konumlanma (yaygın yaklaşımın dışında) · Kuzey cepheye yönelim Amaçlar: · Ekvatora yakın bölgelerde batı ve doğu cephelerinde oluşan yoğun güneş radyasyonunun ve düşük açılı kontrolü zor güneş ışınlarının terminal binasının kısa ve opak cephelerine denk gelmesini sağlamak · Kuzey yönünden gelen yerel rüzgarların binaya girişini kolaylaştırarak doğal havalandırma sayesinde iç ortam sıcaklığını azaltmak	
	 <i>Vaziyet planı ve biyo-iklimsel tasarım stratejileri eskiz çalışması</i>	

Çizelge 2.17. (devam) Galapagos Havalimanı Terminal Binası analiz tablosu (URL-15, 16)

Yapı Kabuğu 	Çatı: Cephe Yüzeyleri:	Malzeme: Sandviç çatı paneli Renk: Beyaz- Üretim biçimi: Kompozit (İki oluklu alüminyum levha arasında 10 cm ısı yalıtım levhası) Amaçlar: SRI değeri yüksek beyaz renkli alüminyum malzeme ile gelen güneş ışığının büyük bir kısmının yapı kabuğu içine girmeden yansıtılması Tasarım Yaklaşımı: Geçirgen (Opak yüzeylere ihtiyaç duyan wc ve bazı ofis alanları hariç) Malzeme: Opak yüzeyler- Boşluklu beton bloklar Saydam yüzeyler- Yok Cephe Boşlukları- Tel ağlar Boşluk Geometrisi- Hava giriş boşluklarının hava çıkış boşluklarından daha büyük tasarlanması Amaçlar: - Doğal havalandırmadan yararlanmak - Sera etkisini azaltmak - Isı iletimini azaltarak iç mekanda sıcaklık artışını önlemek - İç mekandaki hava akım hızını kontrol altına almak ve kuvvetli hava akımlarını önlemek
Doğal Aydınlatma ve Güneş Kontrolü	Gölgeleme elemanları: Kuzey ve güney cephelerde geniş saçak tasarımları	
	Amaçlar: - Bina cephe yüzeylerini aşırı yoğun güneş ışınlımlarından korumak - İç mekan sıcaklığını kontrol altına almak - Dış mekanda yaya sirkülasyonu için konforlu alanlar sağlamak	
		
Yapının kuzey ve güney cephelerinde bulunan saçaklar		

Çizelge 2.17. (devam) Galapagos Havalimanı Terminal Binası analiz tablosu (URL-15, 16)

Doğal Havalandırma	Cephe Boşlukları: · Hakim rüzgar yönüne bakan cephe yüzeylerinde zemin kotuna yakın seviyede boşluk tasarımı · Çatı boyunca devam eden açıklıklar · İç mekanda bambu çubuklarla bölücüler · Değişen tavan yükseklikleri (en düşük 6 m, en yüksek 9 m) · Büyük tavan vantilatörleri Amaçlar: · Hava akımını bina içerisine almak · Baca etkisi yaratarak hava akımının sürekliliğini sağlamak · Çapraz havalandırmanın etkinliğini artırmak · Geçirgen bölücülerle hava akımını tüm mekanlara ulaştırmak · Doğal hava akışının yeterli olmadığı alanlarda destek sağlamak
  <i>Güneş enerjisi ile çalışan tavan vantilatörleri ve doğal havalandırma diyagramı</i>	 <i>Merkezi çatı penceresi ve ana giriş kesiti</i> <i>Check-in salonundan kesiti</i>
Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: · LED aydınlatma elemanları kullanımı Amaçlar: · Yapay aydınlatmaların neden olduğu ısı artışının önüne geçmek · Enerji verimliliği sağlamak
Aktif Güneş Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: · PV panellerin kullanımı (Terminal binası ve pist arasında bulunan yürüyüş yolu üst örtüsünde ve terminal binası çatısında) · Güneş kolektörlerinin kullanımı (Binaya entegre) · Rüzgar tribünü kullanımı (Havalimanı arazisi içerisinde her biri 750 kW değerinde 3 adet) Amaçlar: · Bina enerji talebinin bir kısmını karşılamak (%35 PV, %65 rüzgar tribünleri) · Bina sıcak su ihtiyacının tamamını karşılamak

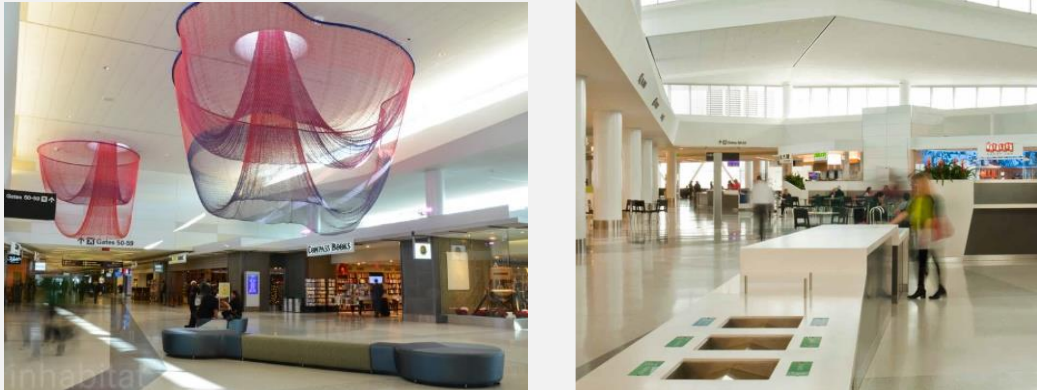
Çizelge 2.17. (devam) Galapagos Havalimanı Terminal Binası analiz tablosu (URL-15, 16)

  <i>Terminal binası ve pist arasında bulunan yaya yolu çatısında tasarlanmış PV paneller</i>	
Akıllı Bina ve Otomasyon Sistemleri	Sıcaklık ve CO2 sensörleriyle terminali soğutmak için hava girişini düzenleyen otomatik panjurlar
Ulaşım	- Toplu ulaşım ağına yürüme mesafesi - Bisiklet yolları, park yerleri ve soyunma odaları - Toplu ulaşım teşvik için otopark alanının sınırlandırılması Amaçlar: - Sera gazı salınımını sınırlamak - Hava kirliliğini engellemek

Çizelge 2.18. San Francisco Uluslararası Havalimanı Terminal 2 analiz tablosu (URL-17, 18)

SAN FRANCISCO ULUSLARARASI HAVALİMANI TERMİNAL 2 (YENİLEME PROJESİ)		Örnek.02
GENEL BİLGİLER		
Yapım Yeri	San Francisco/ Kaliforniya	 <i>Terminal binası genel görünüşü</i>
Yapım Yılı	2011	
Yapım Maliyeti	383 milyon dolar	
Mimari Proje Ekibi	Gensler	
İklim Bölgesi/ İklim Koşulları	3C/ Ilıman- Deniz Etkisi	
Bina İnşaat Alanı	59.450 m2	
Yolcu Kapasitesi	5,5 milyon Yolcu / Yıl	
Kapı (Gate) Sayısı	14	
Yapım Sistemi	Betonarme- Çelik	
Malzeme	Geri Dönüştürülmüş Malzeme	
Sertifika	LEED Gold ACA Level 4	
TASARIM YAKLAŞIMI		
Tasarım Kurgusu	· Doğal aydınlatma · Geri dönüştürülmüş ve sürdürülebilir malzeme kullanımı	

Çizelge 2.18. (devam) San Francisco Uluslararası Havalimanı Terminal 2 analiz tablosu (URL-17, 18)

Form Tasarımı	· Kompakt form	
Plan Şeması	· Lineer plan şeması	
Yapı Kabuğu	Çatı:	· Isı yalıtım uygulamaları
		· Açık renkli yansıtıcı malzeme
	Cephe Yüzeyleri:	· İstenmeyen ısı kazanç ve kayıplarını engellemek
		· İklimlendirme sistemleri üzerinde oluşacak yükü azaltmak
		· SRI değeri yüksek malzeme kullanımı ile ısı adası etkisinin önüne geçmek
		Malzeme: Saydam yüzeyler- Güneş kontrollü, Low-e özellikli cam Dış cephe kaplaması- Seramik karo Renk: Açık gri Isı yalıtım uygulamaları
		Amaçlar:
		· İstenmeyen ısı kazanç ve kayıplarını engellemek
		· İklimlendirme sistemleri üzerinde oluşacak yükü azaltmak
		· Güneş ışığı yansıtma indeksi yüksek malzeme kullanımı ile ısı adası etkisinin önüne geçmek
Doğal Aydınlatma ve Güneş Kontrolü	Saydam yüzeyler:	
	· Yerden tavana kadar uzanan giydirme cepheler	
	· Çatı pencereleri	
	· Çatı kotuna yakın tasarlanan bant pencereler	
	· Yapının ana girişlerinde tasarlanan cam saçaklar	
	Amaçlar:	
	· Bilet satış alanı ve check-in salonunda ihtiyaç duyulan yapay aydınlatma ihtiyacını ve elektrik tüketimini %20 oranında azaltmak	
	· Çatı pencereleri ile yapının merkezinde bulunan mekanlara doğal aydınlatma sağlamak	
	· Bant pencereler sayesinde homojen aydınlatma sağlamak	
		
Çatı pencereleri ve bant pencereler		
	Gölgeleme elemanları:	
	Şeffaf cam yüzeyler üzerinde tasarlanmış, yapıya estetik değer de katan seramik cephe elemanları	
	Amaçlar:	
	· Güneş kontrolü sağlamak	
	· İç mekan sıcaklığında istenmeyen artışının önüne geçmek	
	· İç mekanda oluşacak istenmeyen parlamaları engelleyerek görsel konforu sağlamak	

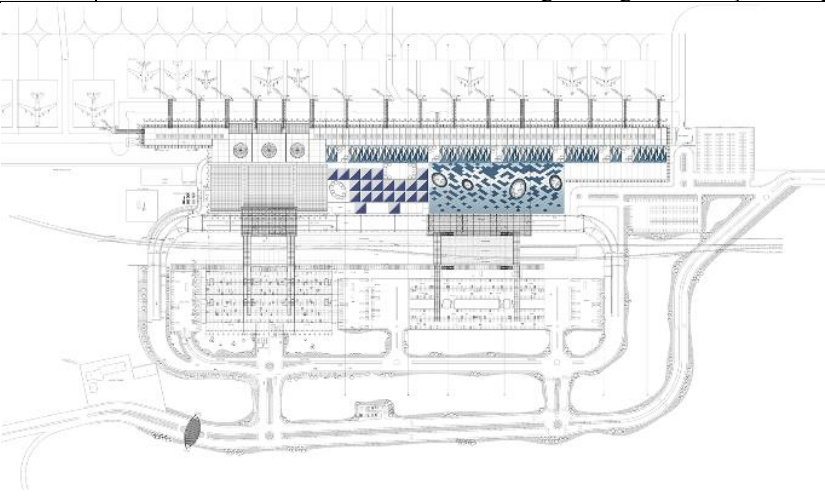
Çizelge 2.18. (devam) San Francisco Uluslararası Havalimanı Terminal 2 analiz tablosu (URL-17, 18)

 <i>Terminal binası cephesinde bulunan seramik gölgeleme elemanları</i>	
Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: · LED aydınlatma elemanları kullanımı · Enerji star sertifikalı ekipmanların kullanımı · Enerji verimli iklimlendirme sistemi kullanımı
	Amaçlar: · Enerji verimli mekanik ekipman ve aydınlatma kullanımı ile enerji tasarrufu sağlamak (geleneksel sistemlere göre %20 enerji tasarrufu)
Aktif Güneş Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: PV panellerin kullanımı
	Amaçlar: Bina enerji talebinin bir kısmını karşılamak (yıllık enerji ihtiyacının %19,5'i)
Akıllı Bina ve Otomasyon Sistemleri	Gün ışığına ve harekete duyarlı sensörler
Ulaşım	· Toplu taşımaya erişim · Elektrikli araçlar için öncelikli park alanı ve gerekli altyapı tasarımı (sarj istasyonu) · Azaltılmış otopark alanı
	Amaçlar: · Sera gazı salınımlarını azaltmak · Alternatif yakıt kullanımına ve toplu ulaşım teşvik

Çizelge 2.19. Adnan Menderes Havalimanı İç Hatlar Terminali analiz tablosu (URL-19, 20, 21)

ADNAN MENDERES HAVALİMANI İÇ HATLAR TERMİNALİ		Örnek.03
GENEL BİLGİLER		
Yapım Yeri	İzmir/Türkiye	 <i>Terminal binası genel görünüşü</i>
Yapım Yılı	2014	
Yapım Maliyeti	266 Milyon Euro	
Mimari Proje Ekibi	Hazan mimarlık	
İklim Bölgesi/ İklim Koşulları	3A/ Ilık- Nemli	
Bina İnşaat Alanı	203.279 m ²	
Yolcu Kapasitesi	25 milyon Yolcu / Yıl	
Kapı (Gate) Sayısı	8	
Yapım Sistemi	Betonarme- Çelik	

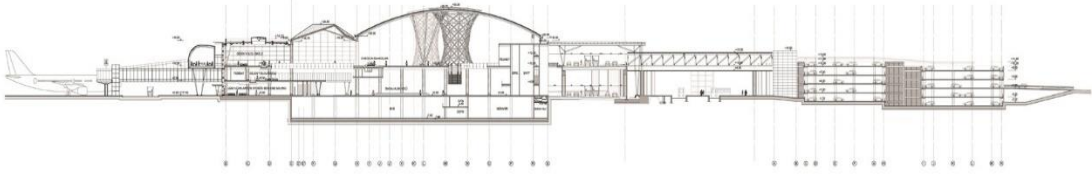
Çizelge 2.19. (devam) Adnan Menderes Havalimanı İç Hatlar Terminali analiz tablosu
(URL-19, 20, 21)

Malzeme	Geri Dönüştürülmüş Malzeme (eski terminal binasının atıklarının %99'u yeniden kullanılması veya geri dönüştürülmesi)	
Sertifika	LEED Silver ACA Level 3+	
TASARIM YAKLAŞIMI		
Tasarım Kurgusu	· Doğal kaynak kullanımının azaltılması · Doğal aydınlatma · Doğal havalandırma	
Form Tasarımı	· Kompakt form	
Plan Şeması	Planlama Yaklaşımı: · Lineer plan şeması · Dış mekanla görsel bütünlüğü sağlayacak tasarımsal öğeler · Açık mekan düzeni oluşturmak	
	Amaçlar: · Doğal güneş ışığının yapının derinliklerine ulaşmasını sağlamak · Hava ve kara tarafı arasındaki bütünlüğün ve görsel iletişimin sağlanması	
		
Adnan Menderese Havalimanı vaziyet planı		
Yapı Kabuğu	Çatı Kaplaması:	Malzeme: Metal kenet çatı kaplaması Renk: Beyaz Çatı pencereleri Isı yalıtımı
		Amaçlar: SRI değeri yüksek beyaz renkli metal malzeme ile gelen güneş ışığının büyük bir kısmının yansıtılması

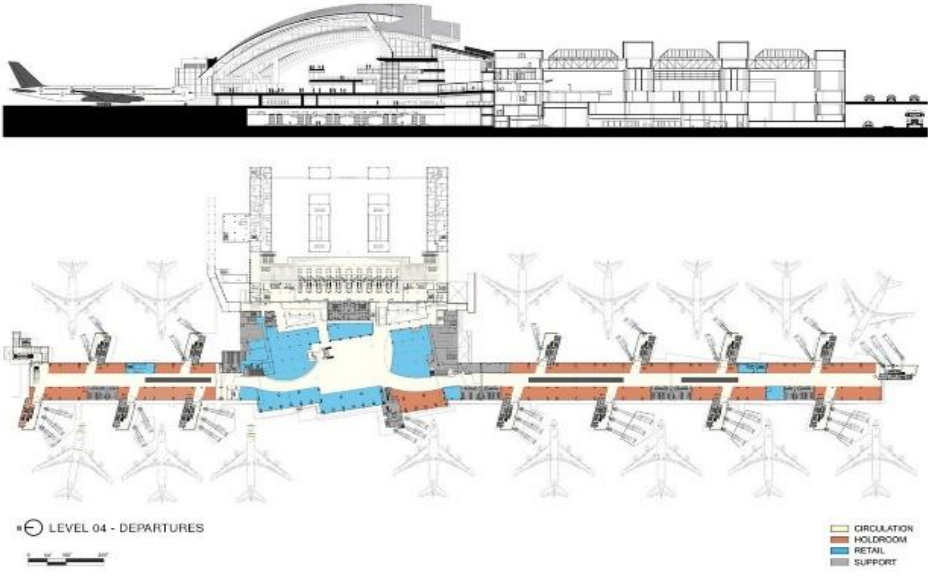
Çizelge 2.19. (devam) Adnan Menderes Havalimanı İç Hatlar Terminali analiz tablosu (URL-19, 20, 21)

		
	<i>Güneş ışığı yansıtma indeksi yüksek açık renkli metal çatı kaplama malzemesi ve çatı pencereleri</i>	
	Cephe Yüzeyleri:	Tasarım Yaklaşımı: Şeffaf Malzeme: Saydam yüzeyler- Enerji verimli cam Metal güneş kırıcı paneller Isı yalıtımı Amaçlar: · Doğal aydınlatmadan yararlanmak · Güneşin istenmeyen ısı kazancını engellemek
Doğal Aydınlatma ve Güneş Kontrolü 	Saydam Yüzeyler: · Zeminden çatı kotuna kadar yükselen cam giydirme cepheler · Çatı pencereleri Çelik iskeletli ışık bacaları Amaçlar: · Saydam yüzey alanını artırarak doğal aydınlatmadan üst seviyede yararlanmak · Oluşturulan atriyumlar ve galeri boşlukları ile gün ışığını yapının cepheden uzak kısımlarına ulaştırmak · Çatı pencereleri ile homojen bir iç aydınlatma sağlamak · Işık bacaları ile binanın merkez alanlarına doğal aydınlatma sağlamak	
		<i>Doğal aydınlatma ve havalandırma için tasarlanmış çelik iskeletli yapı elemanları</i> Gölgeleme elemanları: Şeffaf cephelerde kullanılan hareketli perfore metal paneller Amaçlar: · Yapının dış mekanla olan görsel ilişkisini sınırlamadan istenmeyen ısı kazançlarını engellemek · Soğutma yükünü azaltmak · İç mekanda oluşacak parlamaları kontrol altına almak ve görsel konforu sağlamak

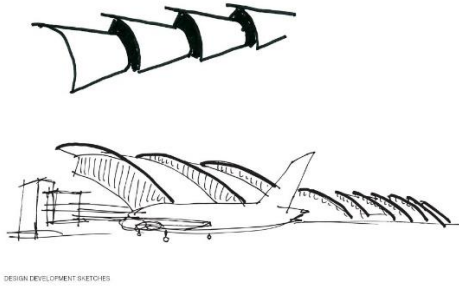
Çizelge 2.19. (devam) Adnan Menderes Havalimanı İç Hatlar Terminali analiz tablosu (URL-19, 20, 21)

	
<i>Terminal cephesinde bulunan güneş kontrol elemanları</i>	
Doğal Havalandırma	· Bina statığı için taşıyıcı özelliği de bulunan çelik iskeletli elemanlar Amaçlar: · Hava akımını bina içerisine almak · Baca etkisi ile doğal soğutma işlevini gerçekleştirmek
	
<i>Terminal binası boy kesiti</i>	
Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: · LED aydınlatma elemanları kullanımı · Yüksek verimli iklimlendirme sistemleri · Doğalgazdan elektrik, ısıtma ve soğutma enerjisi üreten trijenerasyon sistemi (9,9 MW gücünde) · Kullanıcı kontrollü aydınlatma sistemi (%90 oranında) · Kullanıcı kontrollü ısıtma sistemi (%50 oranında) Amaçlar: · Bireysel aydınlatma ve ısı kontrolüyle enerji verimliliği sağlama · Yapay aydınlatma ve mekanik sistemi seçimleri ile enerji kullanım yükünü azaltmak
Aktif Güneş Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: PV panellerin kullanımı (Terminal binası giriş saçağı üzerinde 5400 m²'lik 510 kW gücünde PV panel) Amaçlar: Bina enerji talebinin bir kısmını karşılamak (<i>yılda 450 bin kWh elektrik enerjisi, %20 enerji tasarrufu</i>)
Akıllı Bina ve Otomasyon Sistemleri	· Yapay aydınlatma elemanları için yoğunluk ve hareket duyarlı otomatik kontroller · Elektrik ve mekanik donanımların devreye alma işlemlerinden geçirilmesi ve düzenli sistem kontrollerinin yapılması
Ulaşım	· Toplu ulaşım ağına yürüme mesafesi · Bisiklet yolları, park yerleri ve soyunma odaları · Otoparklarda bisiklet ve düşük emisyonlu araçlara öncelik veren park alanı tasarımı · Otopark alanının sınırlandırılması Amaçlar: · Alternatif yakıtlı araç kullanımına teşvik · Sera gazı salınımlarının azaltılması

Çizelge 2.20. Los Angeles Uluslararası Havalimanı Tom Bradley Terminal Binası analiz tablosu (URL-21, 22, 23)

LOS ANGELES ULUSLARARASI HAVALİMANI TOM BRADLEY TERMİNAL BİNASI		Örnek.04
GENEL BİLGİLER		
Yapım Yeri	Los Angeles/ Kaliforniya	
Yapım Yılı	2015	
Yapım Maliyeti	1,9 milyar dolar	
Mimari Proje Ekibi	Fentress Architects	
İklim Bölgesi/ İklim Koşulları	3B/ Sıcak-Kuru	
Bina İnşaat Alanı	116.000 m ²	
Yolcu Kapasitesi	65 milyon Yolcu / Yıl	
Kapı (Gate) Sayısı	15	
Yapım Sistemi	Betonarme- Çelik	
Malzeme	Geri Dönüştürülmüş Malzeme (%10)	
Sertifika	LEED Gold ACA Level 2	
TASARIM YAKLAŞIMI		
Tasarım Kurgusu	· Okyanus dalgalarını temsil eden kavisli çatı formu sayesinde iç mekan hacmini artırmak · Yapı formunun doğal aydınlatmaya katkı sağlaması · Enerji verimliliği · Doğal kaynak korunumu	
Form Tasarımı	Esnek kompakt form	
Plan Şeması	Planlama Yaklaşımı: Lineer plan şeması	
	Amaçlar: · Doğal güneş ışığının yapının derinliklerine ulaşmasını sağlamak · Hava ve kara tarafı arasındaki bütünlüğün ve görsel iletişimin sağlanması	
		
<i>Terminal binası plan ve kesiti</i>		

Çizelge 2.20. (devam) Los Angeles Uluslararası Havalimanı Tom Bradley Terminal Binası analiz tablosu (URL-21, 22, 23)

Yapı Yönelimi	Çatı formunun tasarımı ve yönelimiyle yapının şeffaf yüzeylerinin kuzeydoğu cephesinde planlanması	
	Amaçlar: - Batı cephesinden gelen kontrolü zor güneş ışınlarını bina içine almamak - Batı yönünde oluşturulan geçirimsiz cepheler sayesinde esen sıcak okyanus rüzgarlarının binada oluşturacağı istenmeyen sıcaklık artışını engellemek - Yapıdaki şeffaf yüzeyleri kontrolü kolay, iç mekanda parlamaya ve istenmeyen ısı artışına sebep olmayacak kuzeydoğu cephesine konumlandırarak doğal aydınlatmadan yararlanmak	
  <i>Yapı kabuğunun yönelimi ve cephe açıklıklarının konumlandırılması ve form tasarımı eskiz çalışmaları</i>		
Yapı Kabuğu	Çatı Kaplaması:	Malzeme: Alüminyum kenet çatı kaplaması Renk: Beyaz Yüksek performanslı ısı yalıtım uygulaması
	Cephe Yüzeyleri:	Amaçlar: - Açık renk ve yansıtıcı malzeme kullanımıyla güneş ısısının bina içine alınmasını engelleyerek soğutma yükünü azaltmak - Uygun çatı yalıtım çözümleri ile yapay iklimlendirme ihtiyacını azaltmak Tasarım Yaklaşımı: Şeffaf Malzeme: Saydam yüzeyler- Low-e özellikli ısı yalıtımlı cam Opak yüzeyler- çatının uzantısı olarak devam eden alüminyum kenet sistem, yüksek performanslı ısı yalıtım uygulamaları Amaçlar: - Doğal aydınlatmadan yararlanmak - Güneşin istenmeyen ısı kazancını ve kaybını engellemek - İklim uygun ısı yalıtım malzemeleri ile ısıtma ve soğutma yükünü azaltmak
Doğal Aydınlatma ve Güneş Kontrolü	Saydam Yüzeyler: - Yapının hava tarafı cephesinde bulunan zeminden tavan kotuna kadar yükselen cam giydirme cepheler - Üst üste binen çatı formunun ritmik devamlılığı sayesinde yapının üst kotunda tasarlanan bant pencereler Amaçlar: - Şeffaf yüzey alanını artırarak doğal aydınlatmadan yararlanmak ve yapay aydınlatma yükünü azaltmak, - Bant pencereler sayesinde lineer plan şemasına yapının tüm mekanlarının gün ışığından homojen bir şekilde yararlanmasını sağlamak	

Çizelge 2.20. (devam) Los Angeles Uluslararası Havalimanı Tom Bradley Terminal Binası analiz tablosu (URL-21, 22, 23)

	
<i>Terminal Binasında geniş giydirmeye cam cephelerin ve bant pencerelerin doğal aydınlatmaya katkısı</i>	
Doğal Havalandırma	· Çatı kotunda tasarlanan bant pencereler · Yüksek tavanlar ile iç mekan hacminin artırılması
	Amaçlar: · Yüksek tavanlar sayesinde ayrılan sıcak havanın sensörler yardımı ile bant pencerelerden tahliye edilmesi · Doğal havalandırma ile soğutma sağlanarak iç mekan sıcaklığının sabit tutulması
Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: · Enerji verimli iklimlendirme sistemleri · LED aydınlatma elemanları · CFC (Kloroflorokarbon) gazı içermeyen soğutucu akışkan kullanımı
	Amaçlar: · Mekanik sistemler ve yapay aydınlatma sistemlerinin enerji tüketimini azaltmak (%29 oranında) · İklimlendirme sistemlerinin ozon tabakasına zarar vermesinin engellenmesi
Akıllı Bina ve Otomasyon Sistemleri	· Aydınlatma maliyetlerini azaltmak ve yoğun olmayan saatlerde enerji tasarrufu sağlamak için doluluk sensörleri kullanımı · Elektrik ve mekanik donanımların devreye alma işlemlerinin ve sistematik kontrollerinin yapılması
Ulaşım	· Toplu ulaşım erişim
	Amaçlar: · Sera gazı salınımlarını azaltmak

Çizelge 2.21. Sacramento Uluslararası Havalimanı Terminal B analiz tablosu (URL-26, 27, 28)

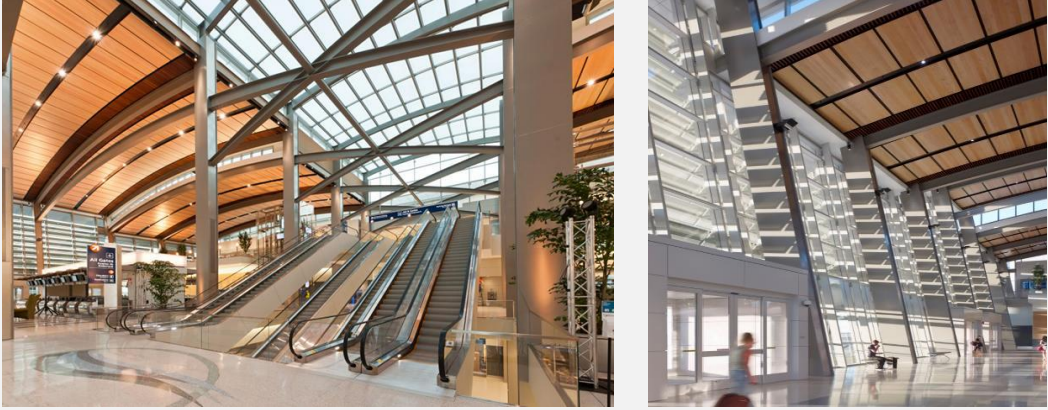
SACRAMENTO ULUSLARARASI HAVALİMANI TERMİNAL B		Örnek.05
GENEL BİLGİLER		
Yapım Yeri	Sacramento / Kaliforniya	
Yapım Yılı	2012	
Yapım Maliyeti	1,03 milyar dolar	
Mimari Proje Ekibi	Corgan ve Fentress Architects	
İklim Bölgesi/ İklim Koşulları	3B/ Sıcak- Kuru	
Bina İnşaat Alanı	65.000 m ²	
Yolcu Kapasitesi	16 Milyon Yolcu / Yıl	
Kapı (Gate) Sayısı	19	

Terminal binası dış görünüşü

Çizelge 2.21. (devam) Sacramento Uluslararası Havalimanı Terminal B analiz tablosu (URL-26, 27, 28)

Yapım Sistemi	Betonarme- Çelik	
Malzeme	Geri dönüştürülmüş malzeme	
Sertifika	LEED Silver	
TASARIM YAKLAŞIMI		
Tasarım Kurgusu	· Doğal aydınlatma · Güneş kontrolü · Doğal havalandırma · Şehir manzarasından yararlanmak · Enerji tüketiminin azaltılması	
Form Tasarımı	· Kompakt form	
Plan Şeması	Planlama Yaklaşımı: · Hava ve kara tarafı bölümlerinin iki farklı bina olarak tasarlanması (otomatik raylı geçiş sistemi ile birbirine bağlı) · Hava tarafı binası (lineer plan şeması) · Kara tarafı binası (kare plan şeması)	
	 <i>Terminal Binası hava ve kara tarafı yapıları</i>	
Yapı Kabuğu	Çatı Kaplaması:	Malzeme: Metal çatı kaplaması Renk: Beyaz ve açık gri Isı yalıtımı
		Amaçlar: · Açık renk ve yansıtıcı malzeme kullanımıyla binada istenmeyen ısı kazancını engellemek · İklimlendirme için gerekli enerji tüketimini sınırlandırmak
	Cephe Yüzeyleri:	Tasarım Yaklaşımı: Şeffaf Malzeme: Saydam yüzeyler- Low-e özellikli ısı yalıtımlı cam Dış cephe kaplaması: alüminyum kompozit panel Renk: Açık gri
		Amaçlar: · Gün ışığından yararlanırken istenmeyen ısı kazancını en aza indirmek

Çizelge 2.21. (devam) Sacramento Uluslararası Havalimanı Terminal B analiz tablosu
(URL-26, 27, 28)

Doğal Aydınlatma	Saydam Yüzeyler: · Zeminden tavan kotuna kadar uzanan 3 kat yüksekliğinde giydirm cam cepheler · Çatı kotunda bant pencereler · Kara tarafı terminal binasında yapının merkezinde konumlanan çatı penceresi Amaçlar: · Doğal aydınlatmadan yararlanmak için cam cephe alanını artırmak · Yapay aydınlatmaya duyulan ihtiyacı azaltıp enerji tasarrufu sağlamak · Bant pencereler sayesinde kompakt forma sahip kara tarafı binasında cepheden uzakta konumlanan mekanlara doğal aydınlatma sağlamak · Merkezi çatı merkezi ile oluşturulan atriyumlar sayesinde gün ışığının yapının alt kotlarına ulaşmasını sağlamak
 <i>Çatı penceresinin ve giydirm cephelerin doğal aydınlatmaya katkısı</i>	
Güneş Kontrolü	Gölgeleme elemanları · Kara tarafı terminal binasında giydirm cam cephelere entegre badem formu metal güneş kırıcılar (güneş ışığı analizleri ile konum ve boyutları belirlenen) · Cephelerde güneş ışığını filtreleyen geniş cam saçak tasarımları Amaçlar: · Doğal aydınlatmadan yararlanırken güneşten iç mekanda istenmeyen ısı artışının önüne geçmek · Yapay iklimlendirme ihtiyacını azaltmak · İç mekanda oluşacak istenmeyen parlamaları engelleyerek görsel konfor koşullarını iyileştirmek
 <i>Binaya entegre metal güneş kırıcı elemanlar ve tasarlanan saçaklar ile güneş kontrolü</i>	

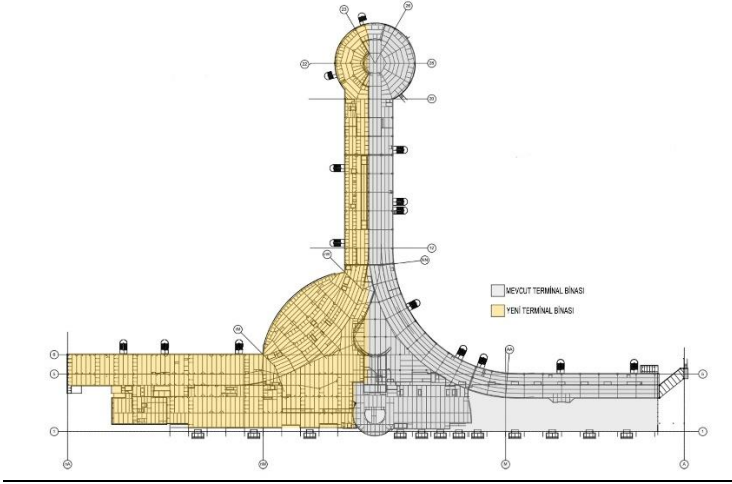
Çizelge 2.21. (devam) Sacramento Uluslararası Havalimanı Terminal B analiz tablosu (URL-26, 27, 28)

Doğal Havalandırma	· Baca etkisi ile doğal havalandırma · Yapıda oluşturulan farklı kotlardaki tavan yükseklikleri
	Amaçlar: · Doğal havalandırmadan yararlanılarak soğutma yükünü azaltmak ve enerji verimliliğine katkı sağlamak
Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: · Yüksek performanslı mekanik sistemlerin kullanımı · LED aydınlatma elemanları · Kojenerasyon sistemi
	Amaçlar: · Enerji verimli sistemlerin kullanımıyla enerji tüketimini sınırlamak
Akıllı Bina ve Otomasyon Sistemleri	· Gün ışığına duyarlı yapay aydınlatma sistemleri
Ulaşım	· Toplu ulaşım erişim
	Amaçlar: · Sera gazı salınımlarını azaltmak

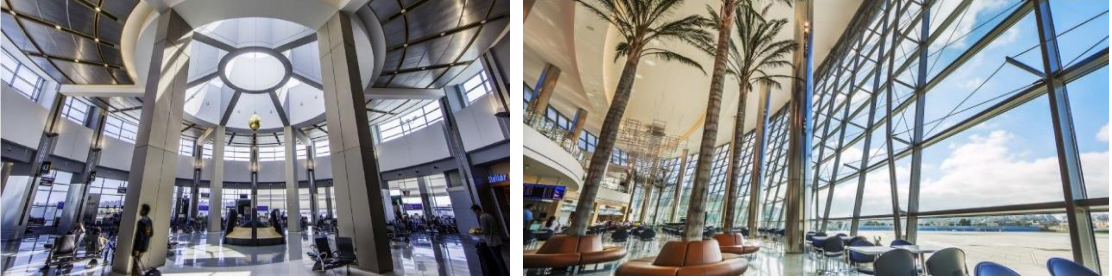
Çizelge 2.22. San Diego Uluslararası Havalimanı Terminal 2 analiz tablosu (URL-29, 30, 31)

SAN DIEGO ULUSLARARASI HAVALİMANI TERMİNAL 2		Örnek.06
GENEL BİLGİLER		
Yapım Yeri	San Diego/ Kaliforniya	 Terminal binası dış görünüşü
Yapım Yılı	2013	
Yapım Maliyeti	907 milyon dolar	
Mimari Proje Ekibi	HNTB Architects	
İklim Bölgesi/ İklim Koşulları	3B/ Sıcak- Kuru	
Bina İnşaat Alanı	526.000 m ²	
Yolcu Kapasitesi	18 milyon Yolcu / Yıl	
Kapı (Gate) Sayısı	10	
Yapım Sistemi	Betonarme- Çelik	
Malzeme	Geri dönüştürülmüş malzeme (terrazo döşeme kaplamaları)	
Sertifika	LEED Platinum ACA Level 3	
TASARIM YAKLAŞIMI		
Tasarım Kurgusu	· Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı · Enerji verimli sistemlerin yapıya entegrasyonu	
Plan Şeması	Planlama Yaklaşımı: · 3 katlı L plan şeması (mevcut terminal binasına eklenmiş)	

Çizelge 2.22. (devam) San Diego Uluslararası Havalimanı Terminal 2 analiz tablosu (URL-29, 30, 31)

 <i>Terminal binası planı</i>		
Yapı Kabuğu	Çatı Kaplaması:	Malzeme: Yansıtıcı özellikte Renk: Beyaz Yüksek performanslı ısı yalıtım uygulaması Amaçlar: - Güneş ışınlarını yansıtarak yapıda ısı artışını engellemek ve soğutma yüklerini azaltmak - Uygun çatı yalıtım çözümleri ile yapay iklimlendirme ihtiyacını azaltmak
	Cephe Yüzeyleri:	Tasarım Yaklaşımı: Şeffaf Malzeme: Saydam yüzeyler- Low-e özellikli ısı yalıtımlı, yansıtıcı yüzeyli cam Opak yüzeyler- alüminyum kompozit dış cephe kaplaması Yüksek performanslı ısı yalıtımı (R-32) Amaçlar: - Doğal aydınlatmadan yararlanmak - Yapının dış mekanla görsel iletişimini sağlamak - Açık renk malzeme kullanımı ile yapının ısı artışının önüne geçmek - İklimsel gerekliliklere uygun yalıtım çözümleri ile ısıtma ve soğutma enerji gereksinimlerini azaltmak
Doğal Aydınlatma	Saydam Yüzeyler:	· Terminal binasının yolcu bekleme salonunda ve kara tarafı cephesinde tasarlanan zeminden tavan kotuna kadar yükselen cam giydirme cephe Çatı penceresi
	Amaçlar:	- Şeffaf yüzey alanını artırarak doğal aydınlatmadan yararlanmak ve yapay aydınlatma yükünü azaltmak (bilet satış alanı, bagaj alım salonları, güvenlik kontrol alanları ve genel ıslak hacimler) - Çatı pencereleri ile cepheden uzak yapının merkezinde bulunan mekanların gün ışığından yararlanması

Çizelge 2.22. (devam) San Diego Uluslararası Havalimanı Terminal 2 analiz tablosu (URL-29, 30, 31)

		<i>Terminal binası doğal aydınlatma çözümleri</i>
Güneş Kontrolü	· Kara tarafı giriş cephesinde bulunan geniş saçak tasarımları · Güneş ışığına göre açı değiştiren hareketli pencere bölmeleri Amaçlar: · Doğal aydınlatmadan yararlanırken, güneş ışınlarının bina içerisinde oluşturacağı ısı artışını engellemek	
		<i>Terminal binası kara tarafı giriş cephesi saçak tasarımı</i>
Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: · Yüksek verimli iklimlendirme sistemleri · Enerji verimli yapay aydınlatma sistemleri Energy-star sertifikalı ekipman kullanımı Amaçlar: İklimlendirme sistemi, ekipmanlar ve yapay aydınlatmanın tüketeceği enerji miktarını azaltmak (%30 oranında)	
Aktif Güneş Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: PV Panellerin kullanımı (Terminal 2 binası çatısında 1,15 MW'lık, otopark üst örtüsünde ise 2,16 MW'lık) Amaçlar: Bina enerji talebinin bir kısmını karşılamak (yıllık enerji tüketiminin %12,5'i)	
		<i>Terminal binası çatısında ve otopark üst örtüsünde bulunan PV paneller</i>

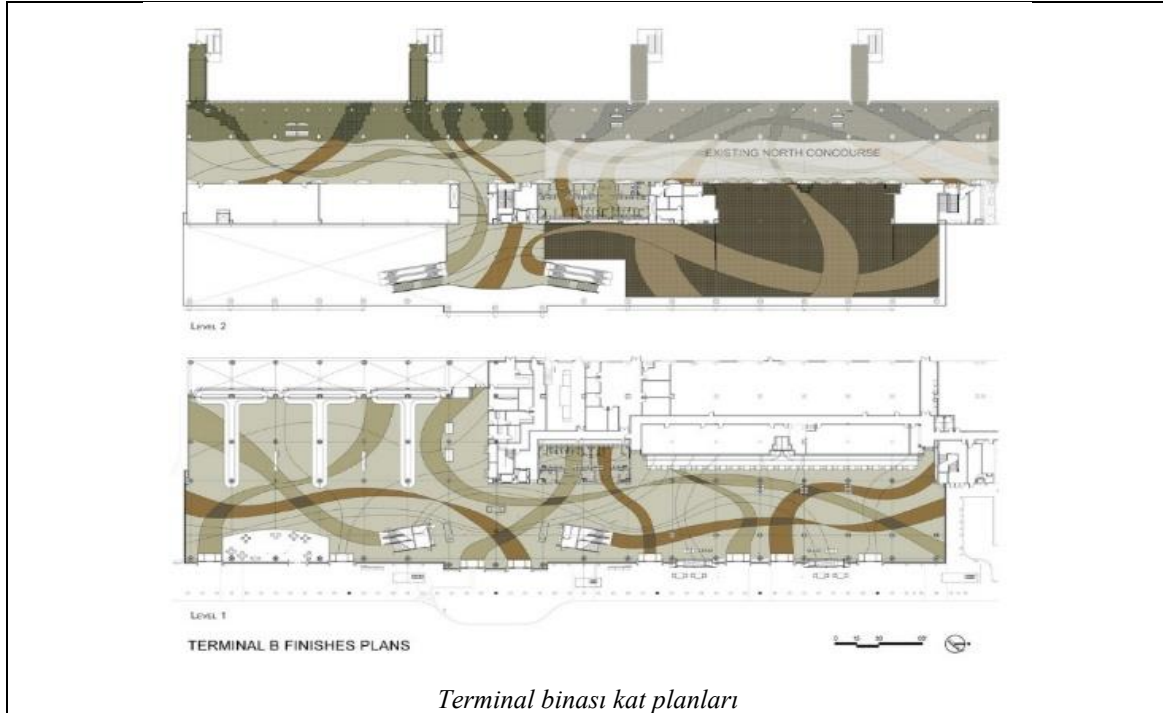
Çizelge 2.22. (devam) San Diego Uluslararası Havalimanı Terminal 2 analiz tablosu (URL-29, 30, 31)

Yenilenebilir Enerji	Tasarım yaklaşımı: · Jeotermal ısı pompası
	Amaçlar: · Isıtma ve soğutma sistemlerinde toprak bağlantılı jeotermal enerjiden yararlanarak enerji ihtiyacını yenilenebilir kaynaklardan karşılamak
Akıllı Bina ve Otomasyon Sistemleri	· Gün ışığına duyarlı yapay aydınlatma sistemleri kullanımı · Elektrik ve mekanik donanımların devreye alma işlemlerinin ve sistematik kontrollerinin yapılması
Ulaşım	· Toplu ulaşım erişim · Düşük emisyonlu alternatif yakıtlı araçlar için altyapı sağlanması · Park alanının sınırlandırılması
	Amaçlar: · Sera gazı salınımlarını azaltmak · Azaltılmış otopark alanıyla toplu ulaşım teşvik

Çizelge 2.23. San Jose Uluslararası Havalimanı Terminal B analiz tablosu (URL-32, 33, 34, 35)

SAN JOSE ULUSLARARASI HAVALİMANI TERMİNAL B		Örnek.07
GENEL BİLGİLER		
Yapım Yeri	San Jose, Kaliforniya	 Terminal binası dış görünüşü
Yapım Yılı	2010	
Yapım Maliyeti	105 milyon dolar	
Mimari Proje Ekibi	Fentress Architects	
İklim Bölgesi/ İklim Koşulları	3B/ Sıcak- Kuru	
Bina İnşaat Alanı	163.000 m ²	
Yolcu Kapasitesi	8,5 Milyon Yolcu / Yıl	
Kapı (Gate) Sayısı	12	
Yapım Sistemi	Betonarme- Çelik	
Malzeme	Geri dönüştürülmüş malzeme (%13)	
Sertifika	LEED Silver	
TASARIM YAKLAŞIMI		
Tasarım Kurgusu	· İklim verileri dikkate alan tasarım yaklaşımı · Enerji verimli tasarım stratejileri · Şehir merkezinde sınırlı bir yerleşim alanının getirdiği kısıtlamalara uygun planlama yaklaşımı · Silikon vadisine yakınlığı sebebiyle yüksek teknoloji çözümlerle şehir imajına katkı sağlama	
Form Tasarımı	· Kompakt form	
Plan Şeması	Planlama Yaklaşımı: · Lineer plan şeması (zemin katta bulunan geliş salonu, bilet satış alanları, self servis kiosklar ve check-in salonu, birinci katta güvenlik noktaları ve giden yolcu salonları)	

Çizelge 2.23. (devam) San Jose Uluslararası Havalimanı Terminal B analiz tablosu (URL-32, 33, 34, 35)



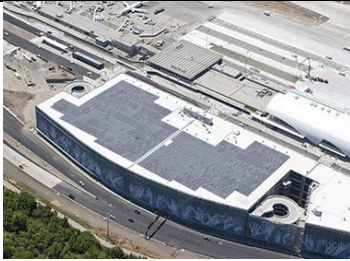
Terminal binası kat planları

Yapı Kabuğu 	Çatı Kaplaması:	Malzeme: Yansıtıcı özellikte Renk: Beyaz Yüksek performanslı ısı yalıtım uygulaması
	Cephe Yüzeyleri:	Amaçlar: - Güneş ışığı yansıtma indeksi yüksek açık renkli malzeme kullanımıyla yıl boyu etkili olan güneş ışınlamından binayı korumak - İklim uygun çatı yalıtım çözümleri ile yapay iklimlendirme ihtiyacını azaltmak Tasarım Yaklaşımı: Şeffaf Malzeme: Saydam yüzeyler- enerji tasarruflu, Low-e özellikli ısı yalıtımlı cam Opak yüzeyler- alüminyum kompozit dış cephe kaplaması Yüksek performanslı ısı yalıtımı uygulamaları Perfore metal kabuk cephe sistemi Amaçlar: - Geniş şeffaf yüzeyler ile doğal aydınlatmadan yararlanmak - Açık renk, yansıtıcı cephe malzemesi kullanımı ile güneş ışınlarının ısıtıcı etkisini yapı kabuğu sayesinde sınırlandırmak - İklimsel gerekliliklere uygun yalıtım çözümleri ile yapının soğutma ihtiyacını azaltmak

Çizelge 2.23. (devam) San Jose Uluslararası Havalimanı Terminal B analiz tablosu (URL-32, 33, 34, 35)

Doğal Aydınlatma	Saydam Yüzeyler: · Hava ve kara tarafı cephelerinde bulunan zeminden tavana kadar ulaşan giydirme cam cepheler · Çatı kotuna yakın yükseklikte tasarlanmış bant pencereler · Yolcu salonları boyunca devam eden kavisli cam çatı ışıklığı Amaçlar: · Yapının birinci katının cephe hattından içeri çekilmesiyle oluşturulan çift kat yüksekliğine sahip hacimler ile gün ışığının yapının derinliklerine alınması · Çatı pencereleri ve bant pencereler sayesinde yapının aktif olarak kullanılmakta olan ve dış cepheden uzakta konumlanmış mekanlarının gün ışığından yararlanmasının sağlanması
 <i>Çatı ışıklıklarının ve çift kat yüksekliğindeki iç mekan hacminin doğal aydınlatmaya katkısı</i>	Güneş Kontrolü · Yapının cam cepheleri üzerinde ikinci bir kabuk olarak tasarlanan kavisli delikli metal panellerden oluşan bir yapısal sistem - İç mekanda çatı ışıklığında gölgeleme elemanı olarak kullanılan tekstil malzemeler
 <i>İç mekanda kullanılan tekstil güneş kırıcılar</i>	Amaçlar: · Yılda ortalama 325 gün güneşe maruz kalan terminal binasında aktif olarak güneş kontrolü sağlamak · Delikli metal panellerin kullanımıyla yapının doğal aydınlatmadan faydalanmasını engellemek · Güneş kontrol elemanlarının aynı zamanda ikinci bir yapı kabuğu oluşturarak, bina cephe yüzeylerini aşırı yoğun güneş ışınlımlarından korumak · Çatı ışıklıklarında kullanılan tekstil paneller ile yapıya dik açıyla alınan güneş ışığını filtreleyerek homojen dağılmasını sağlamak ve parlamaların önüne geçilerek iç mekan görsel konforunu iyileştirmek · Yapının soğutma yüklerini azaltarak enerji tasarrufu sağlamak

Çizelge 2.23. (devam) San Jose Uluslararası Havalimanı Terminal B analiz tablosu URL-32, 33, 34, 35)

 <i>İkinci yapı kabuğu olarak tasarlanan güneş kontrol elemanları</i>	
Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: · Enerji verimli LED aydınlatma elemanları · Yüksek verimli iklimlendirme sistemleri
	Amaçlar: · İklimlendirme sistemi ve yapay aydınlatmanın tüketeceği enerji miktarını azaltmak
Aktif Güneş Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: · PV Panellerin kullanımı (araç kiralama binası ve kapalı otopark binası çatısına entegre 3,4 dönüm alana sahip)
	Amaçlar: · Bina enerji talebinin bir kısmını karşılamak (1,1 MW'lık enerji üretimiyle enerji ihtiyacının %20'si)
 <i>Araç kiralama- otopark binası çatısında bulunan PV paneller</i>	
Akıllı Bina ve Otomasyon Sistemleri	· Doğal aydınlatmanın yetersiz kaldığı zamanlara göre programlanabilir, kullanıcı yoğunluğuna göre otomatik olarak çalışan yapay aydınlatma sistemi · Aydınlatma ve iklimlendirme ihtiyacını gerçek zamanlı olarak izleyerek kontrolünü sağlayan bina yönetim sistemleri
Ulaşım	· Toplu taşımaya erişim · Bisiklet yolları, park alanları ve soyunma odaları
	Amaçlar: · Sera gazı emisyonlarının azaltılması

Çizelge 2.24. Londra Southend Havalimanı Terminal Binası analiz tablosu (URL-36, 37, 38)

LONDRA SOUTHEND HAVALİMANI TERMİNAL BİNASI		Örnek.08
GENEL BİLGİLER		
Yapım Yeri	Londra/ İngiltere	
Yapım Yılı	2014	
Yapım Maliyeti	1,9 milyar dolar	
Mimari Proje Ekibi	RPS Group	
İklim Bölgesi/ İklim Koşulları	4A/ Karışık- Nemli	
Bina İnşaat Alanı	7.000 m²	
Yolcu Kapasitesi	2,1 Milyon Yolcu / Yıl	
Kapı (Gate) Sayısı	3	
Yapım Sistemi	Betonarme- Çelik	
Malzeme	---	
Sertifika	BREEAM Very Good	
TASARIM YAKLAŞIMI		
Tasarım Kurgusu	- Yapının çevresel olumsuz etkilerini en aza indirecek tasarım kararları - Enerji korunumu stratejileri - Düşük karbon teknolojileri	
Form Tasarımı	Kompakt form	
Plan Şeması	Planlama Yaklaşımı: Lineer plan şeması (Zemin kat Check-in salonu, gelen yolcu salonu ve ticari alanlar (zemin kat, kara tarafı), Giden yolcu salonu, gümrük, pasaport kontrolü, bagaj alımı, ticari alanlar ve 3 gate (zemin kat, hava tarafı) birinci katta terminal girişi, güvenlik ve ofisler	
		
Terminal binası iç mekan görünüşü		
Yapı Kabuğu	Çatı Kaplaması:	Malzeme: Metal çatı kaplaması Renk: Beyaz
		Isı yalıtımı
		Amaçlar: Güneş ışınlarını yansıtarak yapının aşırı ısınmasını engellemek, ısı adası etkisinin önüne geçmek
	Cephe Yüzeyleri:	Tasarım Yaklaşımı: Şeffaf Malzeme: Saydam yüzeyler- güneş kontrollü cam Opak yüzeyler- alüminyum kompozit dış cephe kaplaması Yüksek performanslı ısı yalıtımı uygulamaları Amaçlar: - Doğal aydınlatmadan faydalanırken istenmeyen ısı kazancının önüne geçmek - İklimsel verilere uygun yalıtım çözümleriyle enerji tüketimini sınırlandırmak

Çizelge 2.24. (devam) Londra Southend Havalimanı Terminal Binası analiz tablosu (URL-36, 37, 38)

Doğal Aydınlatma	Saydam Yüzeyler: - Hava ve kara tarafı cephelerinde bulunan zeminden tavana kadar ulaşan giydirme cam cepheler Amaçlar: - Cephelerde bulunan geniş cam yüzeyler ile doğal aydınlatmadan faydalanmak ve yapay aydınlatma ihtiyacını azaltmak
Güneş Kontrolü	- Hava ve kara cephesinde bulunan ve çatı formunun bir uzantısı olarak tasarlanmış cam saçaklara entegre metal güneş kırıcılar Amaçlar: - Saydam yüzeylerde güneş kontrolü sağlamak - Yapının iç sıcaklığını kontrol altında tutmak - İstenmeyen ısı artışlarını engelleyerek yapay iklimlendirme yüklerini azaltmak ve enerji tasarrufu sağlamak
 <i>Cam saçaklara entegre metal güneş kırıcılar</i>	
Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: - LED aydınlatma elemanları Amaçlar: - Enerji verimli yapay aydınlatma elemanları ile enerji tüketimini sınırlandırmak
Aktif Güneş Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: - Fotovoltaik Panellerin kullanımı (bina çatısında 496 adet PV- 112,082 kW/h, havalimanı arazisinde bulunan 9500 PV- 2,309,711 kW/h) Amaçlar: - Bina enerji talebinin bir kısmını karşılamak (toplam enerji ihtiyacının %18'i)
 <i>Terminal binası çatısında ve havalimanı arazisinde bulunan fotovoltaik paneller</i>	

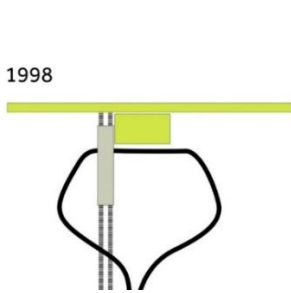
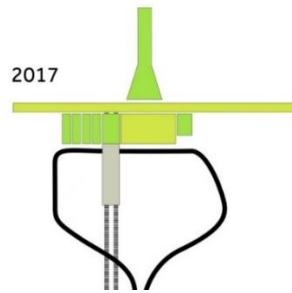
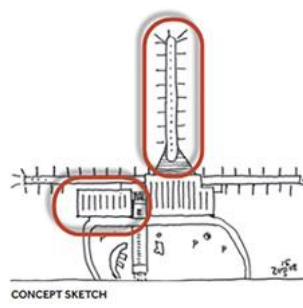
Çizelge 2.24. (devam) Londra Southend Havalimanı Terminal Binası analiz tablosu (URL-36, 37, 38)

Isı pompası	Dış ortam hava sıcaklığı -15°C 'ye kadar ısı üretebilen, dış ortamdaki ısıyı emerek binanın ısıtılmasını sağlayan hava kaynaklı ısı pompaları (toplam enerji ihtiyacının %3'ü)
Akıllı Bina ve Otomasyon Sistemleri	- Gün ışığına duyarlı ve hareket sensörlü yapay aydınlatma elemanları - Gerekli iyileştirmeleri belirlemek için enerji kullanımını izleyen bina yönetim sistemi
Ulaşım	Toplu ulaşım ağına entegre (raylı sistem ve otobüs ulaşımı) Amaç: Sera gazı salınımının ve hava kirliliğinin önüne geçmek

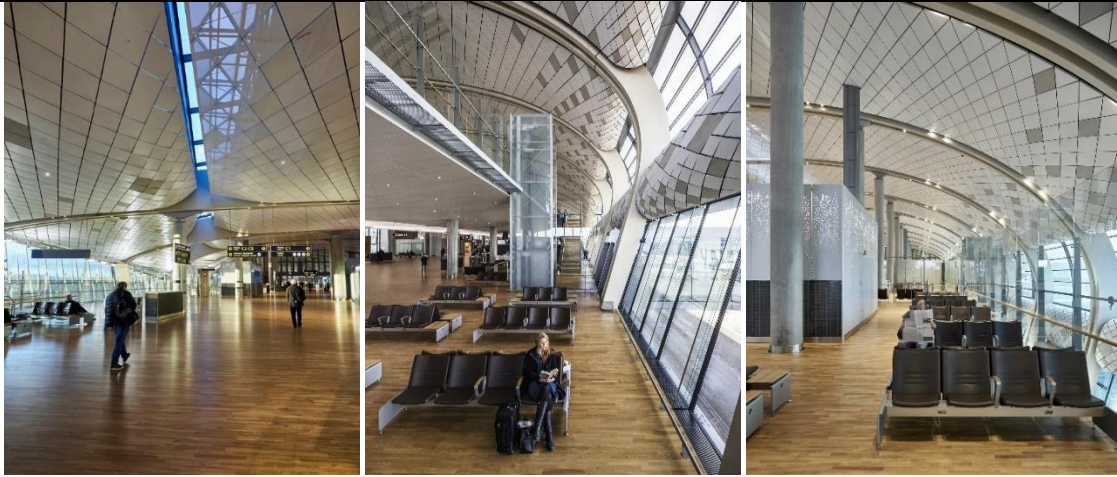
Çizelge 2.25. Oslo Havalimanı Ek Terminal Binası analiz tablosu (URL-39, 40, 41, 42)

OSLO HAVALİMANI EK TERMİNAL BİNASI		Örnek.09
GENEL BİLGİLER		
Yapım Yeri	Oslo/ Norveç	 <i>Terminal binası dış görünüşü</i>
Yapım Yılı	2017	
Yapım Maliyeti	134 Milyon Euro	
Mimari Proje Ekibi	Nordic Architecture	
İklim Bölgesi/ İklim Koşulları	6A/ Soğuk- Nemli	
Bina İnşaat Alanı	115.000 m ²	
Yolcu Kapasitesi	32 Milyon Yolcu / Yıl	
Kapı (Gate) Sayısı	---	
Yapım Sistemi	Betonarme- Çelik - Ahşap	
Malzeme	Geri dönüştürülmüş malzeme	
Sertifika	BREEAM Excellent ACA Level 3+	
TASARIM YAKLAŞIMI		
Tasarım Kurgusu	· Biyoiklimsel tasarım stratejileri · Yenilenebilir enerji kullanımı · Çevresel verilere göre şekillenmiş yapı formu tasarımı · Yerel malzeme kullanımı	
  <i>Kavisli ahşap kirişleri destekleyen çelik elemanlar ve betonarme kolonlar</i>		

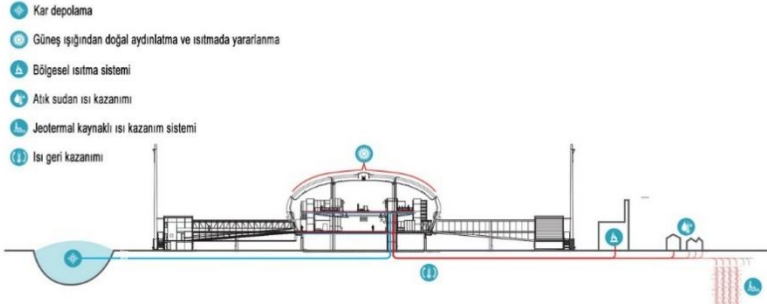
Çizelge 2.25. (devam) Oslo Havalimanı Ek Terminal Binası analiz tablosu (URL-39, 40, 41, 42)

Form Tasarımı	· Kompakt oval form	
Plan Şeması	· Mevcut terminal binasına dik olarak eklenmiş 300 m uzunluğunda lineer plan şemasına ve oval forma sahip yeni terminal binası	
	Amaçlar: · Kavisli ahşap kirişlerin desteklediği oval yapı formu ile yüzey alanını azaltarak yapı kabuğunun hava ile temasını sınırlandırmak ve ısı kayıplarını engellemek · Oval yapı formu gereği çatının cephe yüzeyi olarak şekillenmesi ile ısı yalıtımının devamlılığının sağlanması	
 1998  2017  CONCEPT SKETCH 1998 yılında tasarlanan mevcut terminal binası ve 2017 yılında eklenen yeni terminal binası		
Yapı Kabuğu	Çatı Kaplaması:	Malzeme: Ahşap kaplama (İskandinav ormanlarından elde edilen yerel ahşap malzeme) Gelişmiş ısı yalıtım uygulamaları (mevcut terminal binasına kıyasla enerji tüketimini %50 azaltan) Yüksek performanslı ısı yalıtımı uygulamaları
	Cephe Yüzeyleri:	Tasarım Yaklaşımı: Kısmi şeffaf Malzeme: Saydam yüzeyler- ısı yalıtımlı cam Opak yüzeyler- çatı kaplamasının devamı olan ahşap kaplama cephe malzemesi Yüksek performanslı ısı yalıtımı uygulamaları
Amaçlar: · Ahşap malzemenin termal kütle etkisini kullanarak güneş ışınlarının yapıyı ısıtmasını sağlamak · Soğuk iklim bölgesinde bulunan yapının ısı kaybını engelleyerek enerji kullanımını sınırlandırmak		
Amaçlar: · Öncelikli amaç olarak ısı kaybının önüne geçmek · İklimsel verilere uygun yalıtım çözümleriyle enerji tüketimini sınırlandırmak		

Çizelge 2.25. (devam) Oslo Havalimanı Ek Terminal Binası analiz tablosu (URL-39, 40, 41, 42)

	
<i>Yerel ahşap malzemenin kullanıldığı cephe kaplaması</i>	
Doğal Aydınlatma	Saydam Yüzeyler: · Hava ve kara cephelerinde stratejik olarak konumlandırılmış sınırlı alana sahip cam yüzeyler (modern terminal binası tasarımında görülen hava ve kara tarafı cephelerinin tamamının şeffaf olmasının aksine) · 300 metrelik yapı iskeleti boyunca devam eden çatı penceresi
	Amaçlar: · Yapıda doğal aydınlatmadan faydalanırken ısı kaybını en aza indirmek, böylelikle yapıyı ısıtmak için gerekecek enerji tüketimini engellemek
	
<i>Cam cepheler ve çatı ışıklığı</i>	
Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: · Enerji verimli iklimlendirme sistemleri
	Amaçlar: · Enerji verimli iklimlendirme sistemi ile enerji tüketimini sınırlandırmak

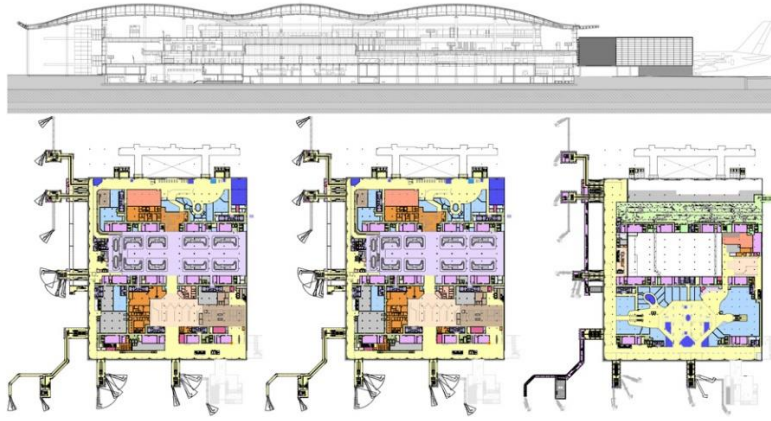
Çizelge 2.25. (devam) Oslo Havalimanı Ek Terminal Binası analiz tablosu (URL-39, 40, 41, 42)

Termal kar depolama teknolojisi	Tasarım yaklaşımı: · Kış aylarında, pistlerde biriken karın, terminal binasının altında bulunan, yalıtımlı ve 2 milyon galonluk depolama kapasitesine sahip depolama alanlarında saklanması
	Amaçlar: · Yaz aylarında depolarda biriktirilen karın soğutma sistemine dahil edilerek enerji tasarrufu sağlanması (her yıl 2 GWh enerji tasarrufu)
Jeotermal ısıtma sistemi	Tasarım yaklaşımı: · Jeotermal ısı pompası
	Amaçlar: · Binanın sıcak su ihtiyacının karşılanması · Binanın ısınma ihtiyacının bir kısmının jeotermal enerji ile karşılanarak yenilenebilir kaynaklardan faydalanmak
Atık sudan ısı kazanımı	Tasarım Yaklaşımı: · Atık su (kanalizasyon) geri kazanım sistemi
	Amaçlar: · Binanın ısınma ihtiyacının bir kısmının karşılanması
 <i>Yapıda uygulanan düşük karbonlu teknolojiler</i>	
Akıllı Bina ve Otomasyon Sistemleri	· Hava durumuna, mevsime ve günün saatine göre ayarlanabilen yapay aydınlatma sistemi
Ulaşım	· Toplu ulaşım ağına entegre (raylı sistem)
	Amaç: · Sera gazı salınımının ve hava kirliliğinin önüne geçmek

Çizelge 2.26. Heathrow Havalimanı Terminal 2 analiz tablosu (URL-44, 45)

HEATHROW HAVALİMANI TERMİNAL 2		Örnek.10
GENEL BİLGİLER		
Yapım Yeri	Londra / İngiltere	 <i>Terminal binası dış görünüşü</i>
Yapım Yılı	2014	
Yapım Maliyeti	880 milyon sterlin	
Mimari Proje Ekibi	Luis vidal+ architects	
İklim Bölgesi/ İklim Koşulları	4A/ Karışık- Nemli	
Bina İnşaat Alanı	220.000 m ²	
Yolcu Kapasitesi	20 Milyon Yolcu / Yıl	
Kapı (Gate) Sayısı	---	
Yapım Sistemi	Betonarme- Çelik	

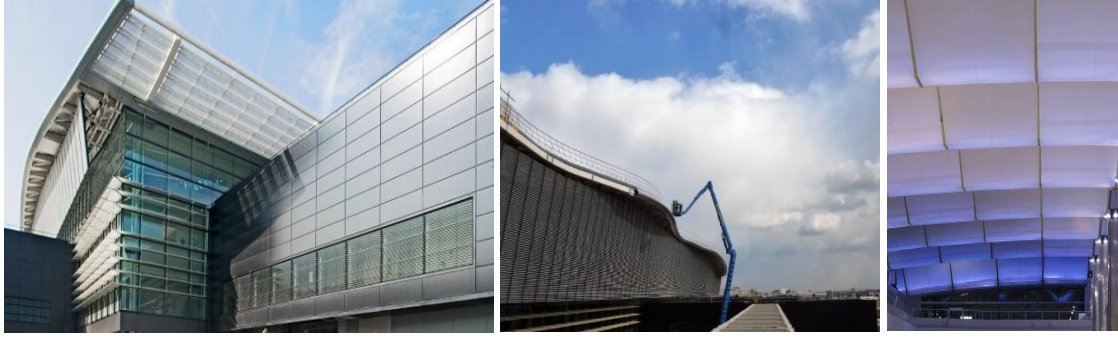
Çizelge 2.26. (devam) Heathrow Havalimanı Terminal 2 analiz tablosu (URL-44, 45)

Malzeme	Geri Dönüştürülmüş Malzeme (%90)	
Sertifika	BREEAM Excellent	
TASARIM YAKLAŞIMI		
Tasarım Kurgusu	• Aktif ve pasif enerji sistemlerinin bir arada kullanımı • Olası büyümelere olanak sağlamak ve inşaatın hızlı tamamlanabilmesi için modüler yapım sistemi	
Form Tasarımı	• Kompakt Form	
Plan Şeması	• Kare plan şeması • Check-in, güvenlik kontrolü ve uçağa binme aşamalarını tanımlayan üç büyük tonozdan oluşan üst örtü	
	Amaçlar: • Yapı fonksiyonuna göre şekillenmiş tonoz üst örtü ile kullanıcılar için yapı içerisinde sezgisel yön bulmanın sağlanması	
 <i>Terminal binası plan ve kesiti</i>		
Yapı Yönelimi	• Terminal çatısının dalgalı formu ile oluşturulan açıklıkların kuzeye yönelmesi	
	Amaçlar: • Homojen ve stabil bir doğal aydınlatma sağlamak • İç mekan görsel konforunu artırmak • Güney cephedeki yapı açıklıklarını sınırlamak ve istenmeyen ısı kazancının önüne geçmek • Soğutma için gerekli olan enerji tüketimini azaltarak CO2 salınımını sınırlandırmak	
 <i>Yapı üst örtüsünü oluşturan üç ana tonoz ve kuzey cepheye yönelmiş çatı pencereleri</i>		

Çizelge 2.26. (devam) Heathrow Havalimanı Terminal 2 analiz tablosu (URL-44, 45)

Yapı Kabuğu	Çatı Kaplaması:	Malzeme: Metal çatı kaplaması Renk: Açık gri
		Amaçlar: SRI değeri yüksek açık gri renkli alüminyum malzeme ile güneş ışığının yansıtılarak sıcaklığın sabit tutulması ve soğutma yüklerinin azaltılması
	Cephe Yüzeyleri:	Tasarım Yaklaşımı: Şeffaf Malzeme: Saydam yüzeyler- Güneş kontrollü cam malzeme Opak yüzeyler- Alüminyum kompozit kaplama
		Amaçlar: · Güneş kontrollü cam uygulamaları ve yansıtıcı özellikteki cephe kaplama malzemesi ile güneş kaynaklı istenmeyen ısı artışını engellemek
Doğal Aydınlatma	Gölgeleme elemanları:	· Hava ve kara cephelerinde zeminden tavana kadar uzanan 10 metre yüksekliğinde giydirme cam cepheler · Ritmik olarak tekrarlanan çatı pencereleri
	Amaçlar:	· Geniş cam cepheler ile doğal aydınlatmadan faydalanmak ve dış mekanla görsel iletişim kurmak · Kare plan şemasına sahip yapının merkez bölgelerinde bulunan mekanların gün ışığından yararlanmasına olanak sağlamak
		
<i>Yapıda tasarlanan şeffaf yüzeylerin doğal aydınlatmaya etkisi</i>		
Güneş kontrolü	Cephe Boşlukları:	· Yapının güney cephesinde bulunan ayarlanabilir yatay alüminyum güneş kontrol elemanları · Güney cephesine konumlandırılmış delikli metal panolar · Doğu ve batı cephelerinde tasarlanan büyük cam saçaklar · Çatı kaplamasının alt yüzeyinde iç mekanda kullanılan yarı saydam membran malzeme
	Amaçlar:	· Cephelerinin büyük bir bölümü şeffaf olarak tasarlanan terminal binasında güneş kaynaklı ısı kazanımlarının önüne geçmek · İç mekan parlamalarını kontrol altına alarak konfor koşullarını sağlamak · İç mekanda kullanılan membran ile homojen bir aydınlık seviyesi elde etmek ve yapay aydınlatmanın etkinliğini artırmak

Çizelge 2.26. (devam) Heathrow Havalimanı Terminal 2 analiz tablosu (URL-44, 45)

 <i>Cepheye entegre güneş kontrol elemanları ve yarı saydam membran malzeme</i>	
Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: · Enerji verimli havalandırma sistemi · LED yapay aydınlatma elemanları · Biyokütle veya gaz ile çalışacak şekilde kurulmuş kombine ısıtma ve soğutma santrali
	Amaçlar: · Enerji tüketimini sınırlamak ve CO2 salınımlarını azaltmak
Aktif Güneş Sistemleri	Tasarım yaklaşımı: · Terminal binası saçak üzerinde ve giydirme cepheye entegre olarak kullanılmış PV paneller (toplam 1000 m²)
	Amaçlar: · Bina enerji talebinin bir kısmını karşılamak (toplam enerji talebinin %20'si)
 <i>Giydirme cepheye entegre yapı kabuğu olarak kullanılan PV paneller</i>	
Akıllı Bina ve Otomasyon Sistemleri	Binanın kullanılmayan bölümlerinde ve gün ışığı yeterli olduğunda mekanlarda yapay aydınlatmaları devre dışı bırakarak enerji kullanımını düşük tutan aydınlatma sistemleri

Çalışma kapsamında analizi yapılan havalimanı terminal binalarında enerji verimliliği uygulamalarında farklılıklar olmasına karşın genellikle belirli yaklaşımların benimsendiği görülmektedir. Yapı kabuğu tasarımında sıcak ve ılıman iklim bölgelerinde yer alan terminal binalarında çatı ve opak yapı bileşenlerinin bitiş malzemesi seçiminde yansıtıcı ve açık renkli malzeme kullanımı öne çıkan tasarım kararlarındandır. Soğuk iklim bölgesinde yer alan örnekte ise koyu cephe ve çatı bitiş malzemesi olarak koyu renkli ahşap malzeme tercih edilmiş, güneş ışınlarının ısıtıcı etkisinden yapı kabuğu aracılığı ile faydalanmak istenmiştir.

Tüm iklim bölgelerinde ısı performansın artırılması için çatı ve duvar yüzeylerinde ısı yalıtımı uygulamaları yapılmıştır.

Saydam yüzeylerde ise ısı kontrollü yansıtıcı özellikte cam uygulamalarıyla istenmeyen ısı kayıplarının ve kazançlarının önüne geçilmiştir. Sıcak ve ılıman iklim tiplerinde yer alan örneklerde geniş cam yüzeylerde farklı formlarda güneş kırıcılar kullanılmış, iç mekânda oluşacak ısı artışları ve parlamalar engellenerek, yapının soğutma yükleri dengelenmiştir. 8 örnekte güneş kırıcı elemanlara ek olarak geniş saçak tasarımları da güneş kontrolü için tercih edilmiş bir tasarım ögesidir.

Doğal aydınlatmadan yararlanmak üzere belirlenen tasarım kararları terminal binalarında karşılaşılan öncelikli pasif tasarım stratejilerindendir. Özellikle hava ve kara tarafı cephelerinde bulunan ve zeminden çatı kotuna kadar uzanan cam giydirme cephelerle doğal ışıktan yararlanılmış, yapıların yapay aydınlatmaya olan ihtiyacı azaltılmıştır. Bunun yanı sıra derin plan şemasına sahip örneklerde tasarlanan çatı ışıklıkları ve çatı kotunda tasarlanan bant pencereler ve katlar arası bağlantıyı sağlayan atriyumlar sayesinde homojen gün ışığı yapının derinliklerine alınabilmiştir. Atriyumlardan doğal aydınlatmanın yanında doğal havalandırmada da yararlanılmış, ısına havanın yükselmesi prensibine ile yükselen hava atriyumlar aracılığıyla çatı pencereleri ve üst kotta tasarlanan bant pencereler yardımıyla yapıdan tahliye edilmiştir.

İncelenen örneklerin çoğunda terminal binaları, havalimanı kompleksinin bir parçası olduğundan ve pist, apron alanı gibi fonksiyonel alanlara göre şekillendiğinden yapı yönelimini güneş ışığı ve rüzgâr gibi çevresel verilere göre belirlemek mümkün olmamıştır. Havalimanlarında genel kural olarak; uçak iniş ve kalkış güvenliği için ana pistin yönü her zaman hâkim rüzgâr yönünde planlanmalıdır (URL-45).

Sıcak kurak, sıcak nemli ve ılıman iklim bölgelerinde yapının geniş cephesinin hâkim rüzgâr yönünde konumlandırılması ve soğutma etkisinden yararlanılması, terminal binalarının çoğunlukla apron ve piste paralel konumda tasarlanması gerekliliğinden dolayı uygulanabilir olmamaktadır. Fakat yapı kabuğunda oluşturulan açıklıkların konumu ve yapı kabuğunun yönelimi ile doğal aydınlatma ve hâkim rüzgâr gibi çevresel etkilere uygun biyo-iklimsel tasarım stratejileri uygulanabilmektedir.

Çalışma kapsamında incelenen terminal binalarının 7 tanesinde yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş enerjisinden yararlanılmıştır. Aktif sistemlerle enerji elde etmek için PV paneller ve güneş kolektörleri kullanılmıştır. PV paneller terminal çatılarında, saçakların üst yüzeylerinde, otopark ve yarı açık yürüyüş yollarının üst örtülerinde ve bina cephelerine entegre cephe bileşeni ve güneş kırıcı olarak tasarlanmıştır. Bunun yanı sıra güneş enerjisinden güneş kolektörlerinden sıcak su elde etme amacıyla da yararlanılmıştır. Güneş enerjisinden sonra en fazla kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı jeotermal enerjidir. Toprak kaynaklı jeotermal ısı pompaları ile binanın soğutma ve ısıtma ihtiyacının belirli bir kısmı karşılanmıştır. Soğuk iklim bölgesinde yer alan örnek terminal binasında ise termal kar depolama sisteminden faydalanılmıştır.

Terminal binalarında enerji etkinliği sağlamada iklimlendirme ve yapay aydınlatma sistemlerinin verimliliği de önem kazanmaktadır. Yapılarda ENERGY STAR sertifikalı ekipmanlar tercih edilmiş, görsel bilgi ekranları, yürüyen merdivenler, yürüyen yollar, bagaj konveyör bantları gibi elektrik tüketen sistemlerde enerji verimli ekipmanlar kullanılmıştır. Bunun yanında gün ışığına, harekete duyarlı sensörler ile aydınlatma ve iklimlendirme sistemlerinin enerji tüketimleri sınırlandırılmış ve kontrollü hale getirilmiştir.

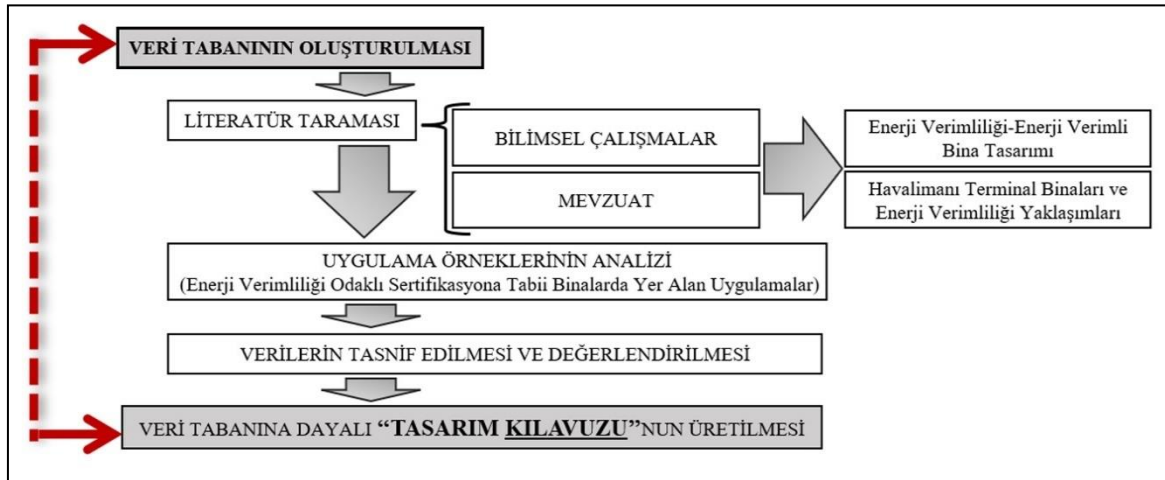
Örnek terminal binalarının büyük çoğuna toplu taşıma ağı ile erişim imkânı olduğu saptanmıştır. Elektrik gibi alternatif yakıtlı araçlar için öncelikli otopark alanları tasarlanmış, gerekli altyapı sağlanmıştır. Bisiklet kullanımını teşvik etmek için bisiklet yolları, park alanları ve duş gibi destek hacimleri tasarlanmış böylelikle sera gazı salınımları sınırlandırılarak hava kirliliğinin önüne geçilmiştir. Açık otopark alanları yasalarca izin verilen asgari sayıda planlanmıştır. Bunun bir amacı toplu ulaşımına destek vermektir. Aynı zamanda geçirimsiz sert yüzey otopark azaltılarak kentsel ısı adası etkisinin önüne geçilmiştir.

Çizelge 2.27’te analiz edilen örnek terminal binalarında gerçekleştirilmiş enerji verimliliği ve sera gazı azaltma uygulamaları verilmiştir.

3. MATERYAL METOT

Bu tez çalışmasında kendine özgü mimari karakterleri ve işletim modelleri ile sürekli faaliyet gösterirken, büyük miktarlarda enerji tüketimleri ve karbon ayak izine olan katkıları sebebiyle sürdürülebilirlik açısından da irdelenmesi gereken havalimanlarının terminal binaları konu alınmış, bu binaların sürdürülebilirliğini destekleyebilmek amacıyla enerji verimliliği odaklı tasarım yaklaşımlarını öncelikleyen bir tasarım kılavuzu geliştirilmiştir.

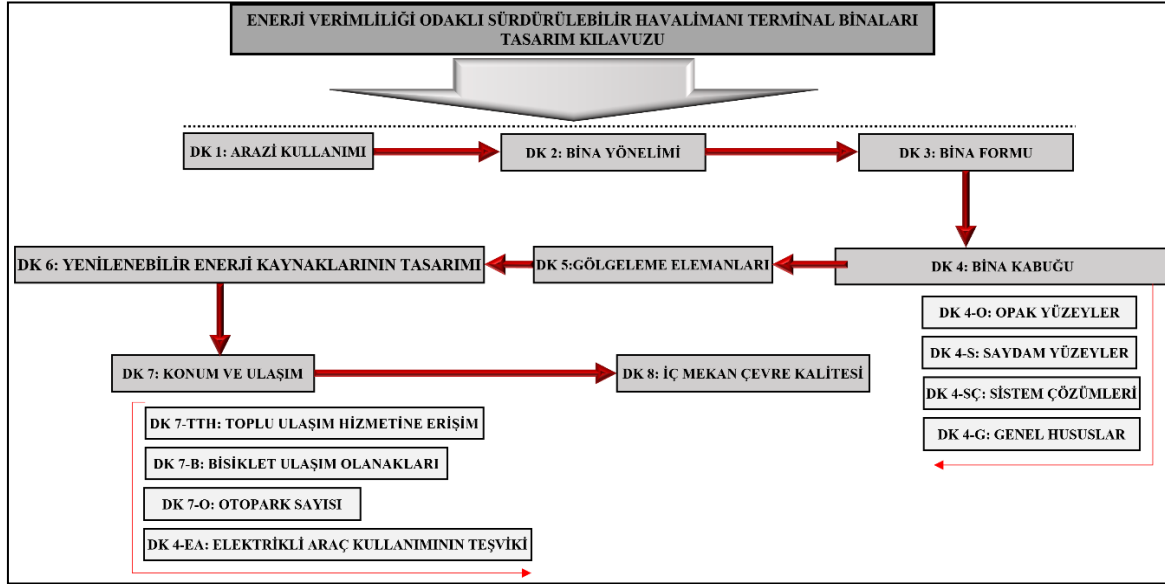
Öncelikle sistematik bir şekilde geniş kapsamlı yapılan literatür taraması yoluyla mevcutta bulunan teorik ve uygulamaya dair bilgilere ulaşılmıştır. Sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarında büyük bir paya sahip olan enerji verimliliği bağlamında enerji verimli bina tasarım parametreleri, ilgili mevzuat gerekleri, havalimanı terminal binası tasarım yaklaşımları ve uygulama yöntemleri açısından potansiyeller, sınırlılıklar ve kısıtlar hususlarında elde edilen verilerin analizi, tasnif edilmesi ve değerlendirilmesi ile birlikte çalışmanın veri tabanına ulaşılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Veri tabanının oluşturulması -Tasarım kılavuzunun üretilmesi süreci

Enerji verimliliği odaklı sürdürülebilir havalimanı terminal binası tasarım kılavuzu için sekiz ana başlık altında tasnif edilen veriler, iklim bölgesinin de gözetildiği bir yaklaşımla değerlendirilmiş ve tasarım sürecinde dikkate alınması gereken değerlendirme konuları, sınırlılıkları ve önerileri ile birlikte ortaya konmuştur. İklim bölgelerinin belirlenmesinde Türkiye için geçerli olan TS 825 esas alınmış ve iklim bölgesinin etkin olduğu kararlarda

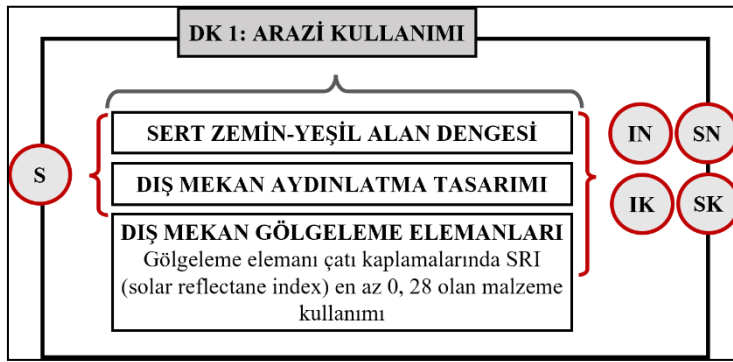
soğuk, ılıman nemli, ılıman kuru, sıcak nemli ve sıcak kuru iklim bölgelerinin gerekleri çerçevesinde önerilen çözüm stratejilerine yer verilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Enerji verimliliği odaklı sürdürülebilir havalimanı terminal binaları tasarım kılavuzu değerlendirme konuları (DK)

Tasarım kılavuzunda değerlendirme konuları arazi kullanımı, bina yönelimi, bina formu, bina kabuğu, gölgeleme elemanları, yenilenebilir enerji kaynaklarının tasarımı, konum ve ulaşım, iç mekan çevre kalitesi olarak belirlenmiştir. Her bir değerlendirme konusu içeriğinde dikkate alınması gereken alt değerlendirme konuları açısından detaylandırılmış ve sürdürülebilirlik bağlamında tasarım süreçlerinin önemli aşamaları tariflenmiştir. Bu bağlamda değerlendirme konusu 1 olarak tespit edilen arazi kullanımı açısından sert zemin ve yeşil alan dengesinin kurulması, dış mekân aydınlatma elemanlarının tasarımı ve dış mekânda gölgeleme elemanlarının tasarımı konuları öne çıkmaktadır. İkinci değerlendirme konusu binanın yönelimidir. Bu aşamada aktif ve pasif sistemlerin verimliliğinde etkili olan yönün doğru seçilmesi gerekmektedir. Geliştirilen kılavuzda iklim bölgelerine bağlı olarak en uygun yön tespitleri yapılarak verilmiştir. Dış iklim koşulları ile iç iklim koşulları arasındaki ilişkinin doğru kurulması ve yıl boyu değişim gösteren iklim elemanlarının etkilerinin bina kabuğu ile kontrol altına alınması amacıyla iklim bölgelerinin gerekleri çerçevesindeki tasarım konuları değerlendirme konusu 3'te ele alınmıştır. Özellikle enerji verimliliği hususunda istenen performans yeterliliğine ulaşılmasında önemli olan bina kabuğu tasarım konuları ise değerlendirme adımı 4 olarak kılavuzda yer bulmuştur. Bu adımda değerlendirilmesi gereken genel hususların yanı sıra opak ve saydam yüzeylerin

tasarım yaklaşımları iklim bölgesi koşullarına bağlı olarak tespit edilmiş, ayrıca enerji etkin yapı tasarımında kullanılan sistem çözümleri önerilmiştir. Değerlendirme konusu 5 gölgeleme elemanlarının tasarımına ayrılmış, değerlendirme konusu 6'da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını öngören sistemler belirtilmiştir. Değerlendirme konusu 7 ve 8 ise konum ve ulaşım için tasarım gerekleri ile iç mekan çevre kalitesi için gözetilmesi gereken yaklaşımları konu almıştır. Kılavuzu oluşturan sekiz değerlendirme konusunun nasıl kurgulandığı, alt açılımlarının neler olduğu ve tasarımcıların izleyebileceği süreç aşağıdaki şekillerde detaylandırılmıştır (Şekil 3.3-Şekil 3.10)



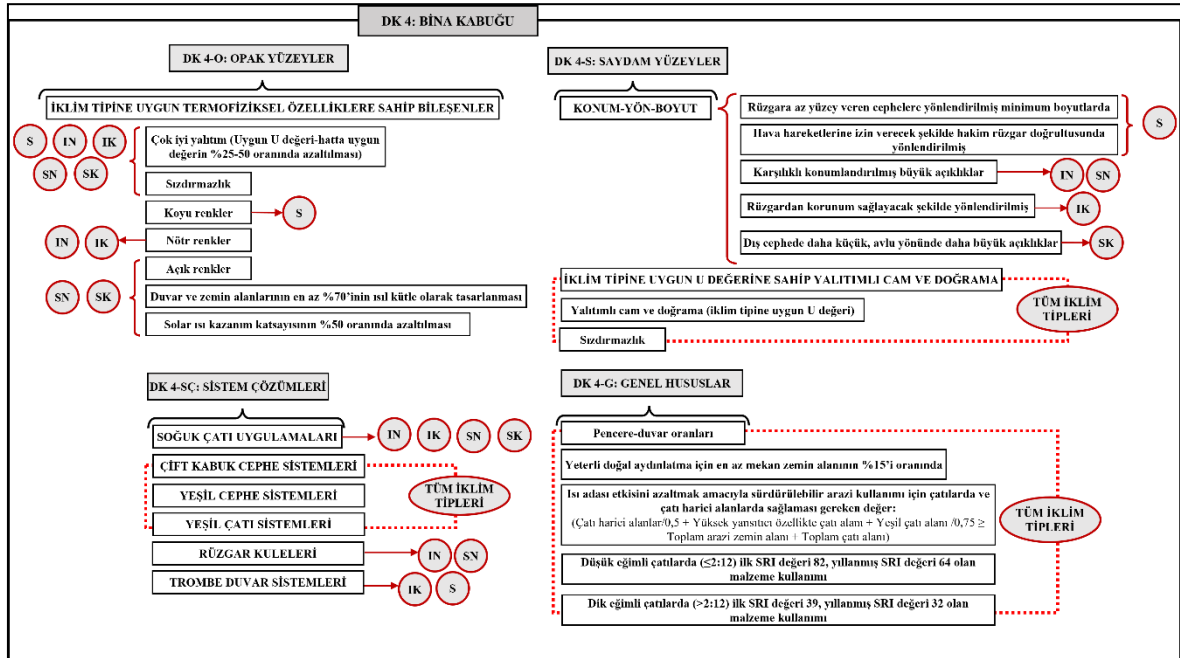
Şekil 3.3. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 1 (DK1), Arazi kullanımı



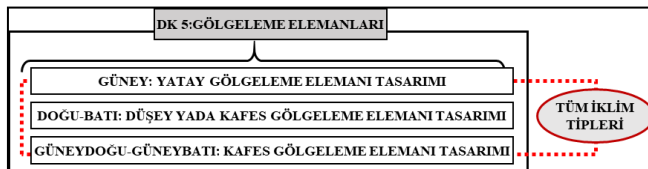
Şekil 3.4. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 2 (DK2), Bina yönelimi



Şekil 3.5. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 3 (DK3), Bina formu



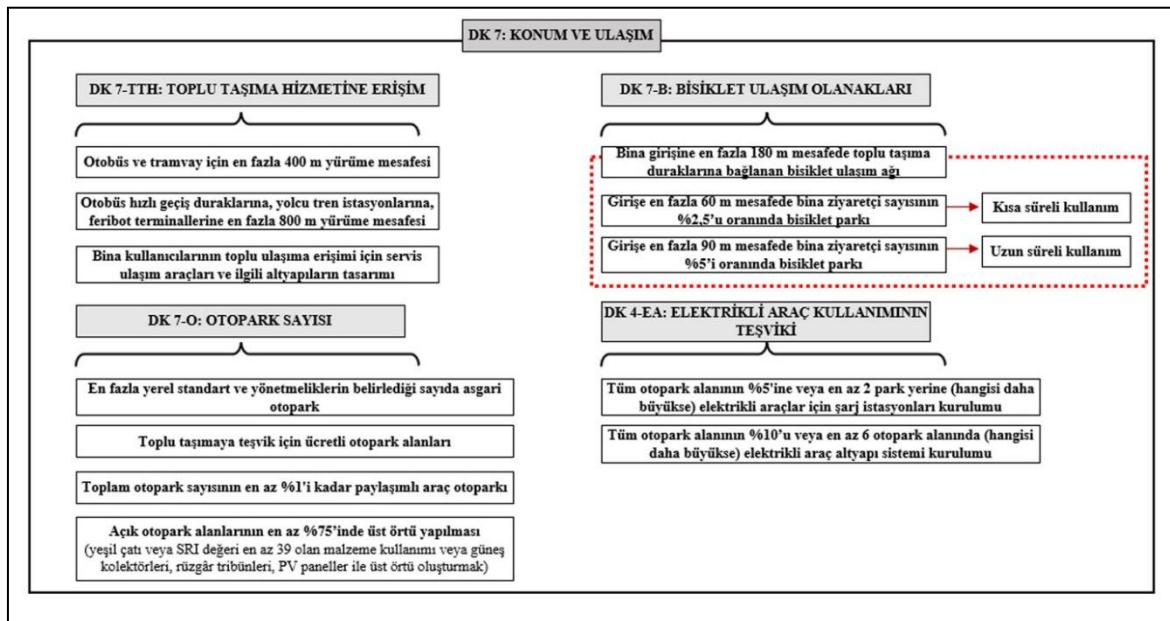
Şekil 3.6. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 4 (DK4), Bina kabuğu



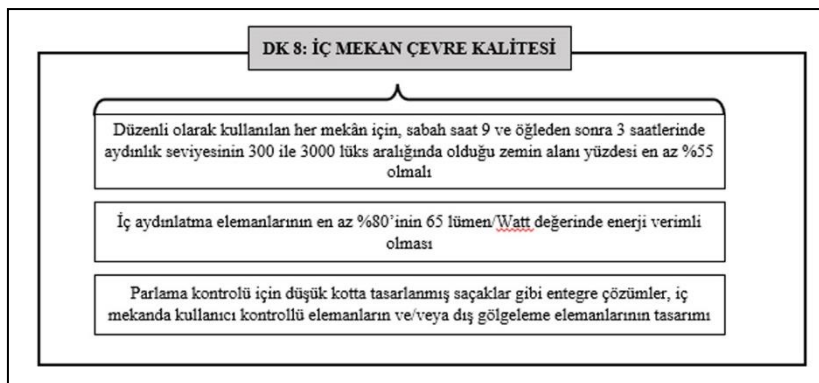
Şekil 3.7. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 5 (DK5), Gölgeleme elemanları



Şekil 3.8. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 6 (DK6), Yenilenebilir enerji kaynaklarının tasarımı



Şekil 3.9. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 7 (DK7), Konum ve ulaşım



Şekil 3.10. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 8 (DK8), İç mekan çevre kalitesi

4. ALAN ÇALIŞMASI

Geliştirilen enerji verimliliği odaklı sürdürülebilir havalimanı terminal binası tasarım kılavuzu çerçevesinde değerlendirilmek üzere Kahramanmaraş Havalimanı terminal binası seçilmiştir. Fonksiyonu, mimari karakteristiği gereği yüksek enerji tüketimine sahip binada enerji etkin mimari tasarım yaklaşımlarının iklimsel veriler göz önünde bulundurularak tasarıma ne ölçüde dahil edildiği kılavuzda belirlenen değerlendirme konularına göre sorgulanmış ve yetersiz görülen tasarımsal çözümlemelerde öneriler geliştirilmiştir. Alan çalışması kapsamında bina kabuğu bileşenlerine ait U değeri hesaplamalarında TS 825 İzoder programından yararlanılmıştır.

4.1. Kahramanmaraş İli İklim Verileri

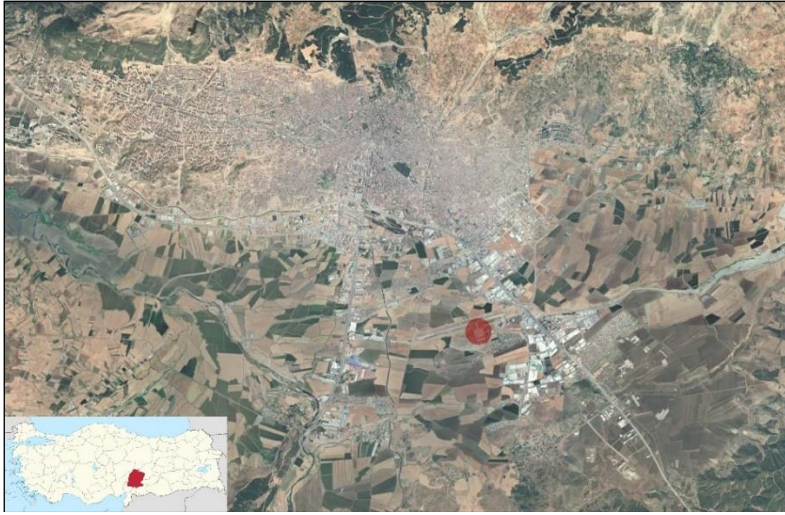
14,346 km²'lik yüz ölçümüne sahip Kahramanmaraş ili 1.171.298 nüfusu ile Türkiye'nin on birinci büyük ili durumundadır. Şehir 37–38 kuzey paralelleri ile 36-37 doğu meridyenleri arasında yer almakta ve Akdeniz bölgesinin doğu kısmında bulunmaktadır. Havalimanının konumlandığı Dulkadiroğlu ilçesi şehrin güney kısmındadır. Kış aylarında don olaylarının sık yaşanmadığı ve yaz aylarının sıcak ve kuru geçtiği bölgede sıcak- kuru iklim tipi görülmektedir. İl TS 825 standardına göre ise 2. Bölge derece gün illeri arasındadır. Şekil 4.1'de verilen iklim verileri incelendiğinde soğutma yükünün ve ortalama güneşlenme süresinin en fazla olduğu ayların haziran, temmuz, ağustos ayları olduğu görülmektedir.

K.MARAS	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	5.2	6.7	11.0	15.6	20.6	25.7	28.9	29.2	25.6	19.6	11.8	6.9	17.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.5	11.6	16.5	21.8	27.4	32.8	36.5	36.9	33.1	26.6	17.8	11.3	23.5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	1.9	2.7	6.3	10.3	14.8	19.5	22.8	23.0	19.2	13.8	7.4	3.6	12.1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.3	4.1	5.3	6.5	8.0	9.9	10.3	9.6	8.4	6.4	4.5	3.2	6.6
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	10.77	10.07	9.90	9.73	7.23	2.10	0.50	0.77	2.47	6.40	7.20	9.23	76.4
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	130.2	118.0	95.8	74.6	42.7	6.8	2.4	1.9	17.3	45.3	89.5	126.4	750.9
Ölçüm Periyodu (1930 - 2021)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18.7	25.3	29.8	36.0	39.3	42.0	45.2	44.4	42.5	38.6	29.6	24.0	45.2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-9.0	-9.6	-7.6	-1.8	4.7	6.6	12.4	12.5	4.0	0.0	-4.4	-7.6	-9.6

Şekil 4.1. Kahramanmaraş İli iklimsel verileri (URL-46)

4.2. Kahramanmaraş Havalimanı Terminal Binası Genel Bilgileri

Kahramanmaraş'ın havayolu ulaşımını sağlayan Kahramanmaraş Havalimanı, DHMİ Genel Müdürlüğü tarafından 1996 yılında hizmete açılmıştır. Bağlı bulunduğu DHMİ Genel Müdürlüğünün ana statüsüne göre faaliyetini Kamu İktisadi Kuruluşu olarak sürdürmektedir ve Sivil Havalimanı olarak faaliyet göstermektedir (Babaoğlu ve Özgünoğlu, 2017). Kahramanmaraş Havalimanı $37^{\circ} 36'$ kuzey enlemi $36^{\circ} 56'$ doğu boylamında yer almakta, şehrin güneydoğusunda Gaziantep-Pazarcık çevre yolu üzerinde şehir merkezine 5 km uzaklıkta konumlanmaktadır (Resim 4.1).



Resim 4.1. Kahramanmaraş Havalimanının konumu (earth.google.com)

2016 yılında başlayan yenileme çalışmaları kapsamında yeni terminal binası ve hava trafik kontrol kulesi, 20x120 m ebatlarında 5 uçak park pozisyonuna sahip apron, bağlantı taksiyolu, giriş nizamiye binası, ısı ve güç merkezi, açık otopark ve bağlantı yollarının yapımı 2019 yılında tamamlanarak kullanıma açılmıştır. Havalimanının vaziyet planı Şekil 4.2'de, terminal binasına ait bina künyesi ise Çizelge 4.1'de verilmektedir.

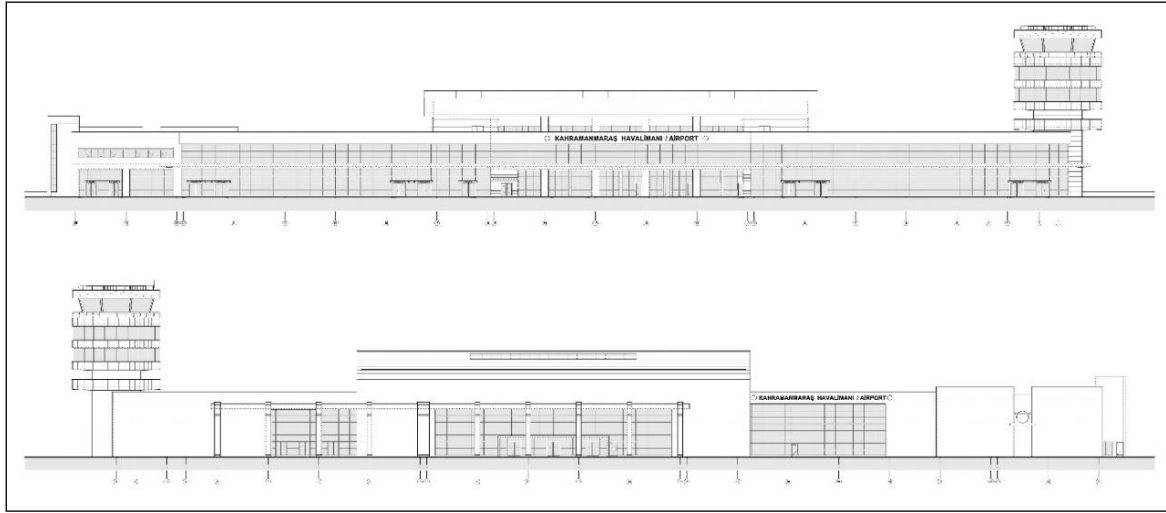


Şekil 4.2. Kahramanmaraş Havalimanı vaziyet planı (earth.google.com)

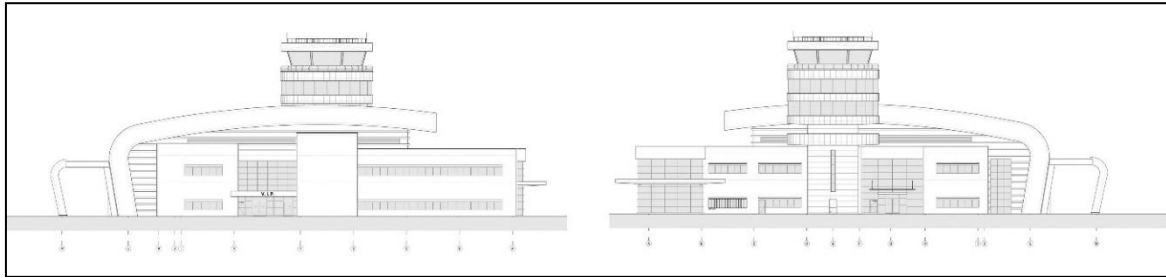
Çizelge 4.1. Bina künyesi

BİNA KÜNYESİ	
Yapım Yeri	Kahramanmaraş- Dulkadiroğlu İlçesi
Mimari Proje Ekibi	Cem Balkan Mimarlık
İklim Bölgesi/ İklim Koşulları	TS 825- 2. Bölge Sıcak-Kuru iklim bölgesi
Bina İnşaat Alanı	22.330 m ²
Bina Taban Alanı	8.730 m ²
Kat Adedi	B+Z+1+Tesisat katı
Yolcu Kapasitesi	2 milyon Yolcu / Yıl
Kapı (Gate) Sayısı	5
Yapım Sistemi	Betonarme- Çelik
Sertifika	ACA Level 1

Bodrum kat, zemin kat, birinci kat ve tesisat katından oluşan ve 160x 53 metre ölçülerinde olan terminal binası lineer plan şemasına sahiptir. Bina yüksekliği 16,50 metre, yapı yüksekliği ise 20,10 metredir. Terminal binasına entegre olarak çözümlenmiş hava trafik kontrol kulesi yapısı ise 26,20 metre yüksekliğe sahiptir. Mevcut terminal binası görünüşleri Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te, binaya ait genel fotoğraflar ise Resim 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Kara tarafı ve hava tarafı görüşleri (ölçeksizdir)



Şekil 4.4. Yan cephe görüşleri (ölçeksizdir)



Resim 4.2. Terminal binası dış görünüşleri (URL-47)

Terminal binası zemin katında güvenlik kontrol noktaları, yolcu kabul (check-in) ve bekleme salonu, satış alanları, kafeterya, araç kiralama, havayolu bilet satış noktaları olmak üzere farklı fonksiyonlara sahip ticari alanlar, 2 kapılı iç hatlar giden yolcu salonu, 2 kapılı dış hatlar giden yolcu salonu, gümrüklü salon ve kontrol noktaları, iç hatlar ve dış hatlar bagaj alım holleri, pasaport holü, idari mahaller, havayolu operasyonları alanı ve teknik blok bulunmaktadır. Aynı zamanda V.I.P salonlar, V.I.P. bölümüne özel tasarlanmış gelen ve giden yolcu holleri ve destekleyici mekanlar da zemin katta konumlandırılmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Zemin kat planı ve fonksiyon gruplandırması (ölçeksizdir)

Binanın birinci katında C.I.P. bölümü, ticari alanlar, teknik merkez, ofis alanları bulunmaktadır (Şekil 4.6). Terminal binasının bodrum katında bagaj ayırım salonu ve depo alanları bulunmakta, tesisat katında ise mekanik ekipmanlar için tasarlanmış alanlar yer almaktadır.



Şekil 4.6. Birinci kat planı ve fonksiyon gruplandırması (ölçeksizdir)

4.3. Örnek Binanın Enerji Verimliliği Odaklı Sürdürülebilir Havalimanı Terminal Binaları Tasarım Kılavuzuna Göre Değerlendirilmesi ve Öneriler Geliştirilmesi

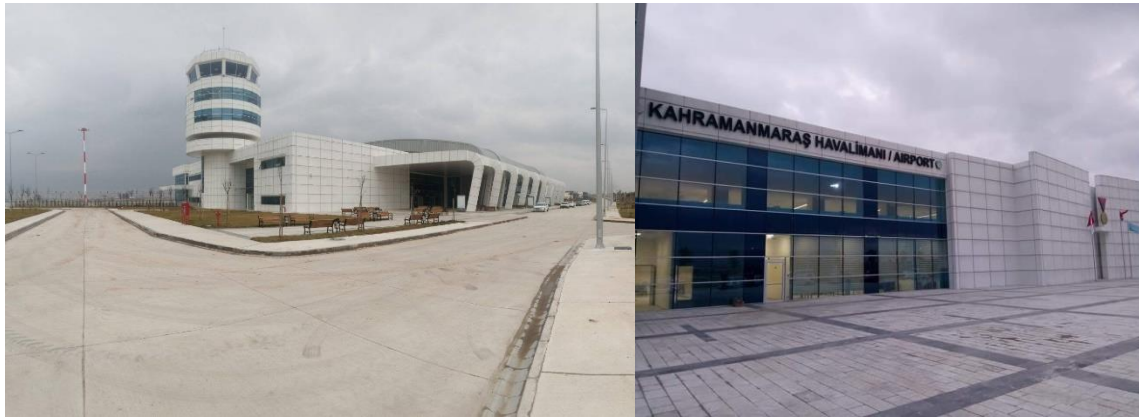
Bu bölümde alan çalışması olarak seçilen Kahramanmaraş Havalimanı terminal binasının tez kapsamında geliştirilen “Enerji Verimliliği Odaklı Sürdürülebilir Havalimanı Terminal Binası Tasarım Kılavuzu” çerçevesinde belirlenen değerlendirme konularına göre öncelikle

mevcut durumu tespiti yapılmış, eksiklikler ortaya konmuş ve iklimsel veriler dikkate alınarak alt değerlendirme kriteri doğrultusunda tasarım önerileri geliştirilmiştir.

DK1-Arazi kullanımı

Havalimanı yerleşkelerinde, çok sayıda geniş taban alanlı yapılar, pist, apron, taksiyolu, açık otopark alanları ve iç ulaşım yollarından oluşan sistemlerin inşası sırasında büyük miktarda doğal araziye müdahale edilmektedir. Bitki örtüsünün tahrip edilmesi, yüksek miktarda enerji tüketimi, konfor koşullarının sağlanması için kullanılan iklimlendirme cihazlarının kullanımı gibi doğal ortamdan farklı atmosfer sıcaklıklarının oluşturulması ve planlanan büyük ölçekli sert geçirimsiz yüzey alanlarının ısı depolaması büyük ölçekli ısı adalarının oluşmasına neden olmaktadır (Çelik, 2021). Havalimanlarında arazi kullanımı planlanırken sert zemin- yeşil alan dengesinin doğru kurgulanması, yapay veya doğal öğelerle dış alanda gölgeleme etkisi sağlanması, biyoçeşitlilik, uçuş güvenliği ve enerji tüketiminde etkili olan dış mekan aydınlatma tasarımının öncelikle ele alınması gerekmektedir.

Alan çalışması olarak seçilen Kahramanmaraş Havalimanında sert yüzey alanlarının oluşturduğu ısı adası etkisini azaltmak için bazı önlemler alınmıştır. İç bağlantı yolları ve açık otopark alanlarında tipik asfalt kaplamaya göre daha yüksek yansıtıcılık özelliğine sahip beton kaplama, terminal binasının yakın çevresinde oluşturulan sert zeminlerin büyük bir bölümünde ise açık gri granit malzeme kullanılmıştır (Resim 4.3).



Resim 4.3. Terminal binası yakın çevresi malzeme kullanımı (URL-47)

Örnek havalimanı batı cephesi personel girişinin bulunduğu alanda yeşil peyzaj alanları tasarlandığı görülmektedir. Bu yaklaşımı desteklemek ve yapı yakın çevresinde sert zemin-

yeşil alan dengesinin kurulması için, ana girişin bulunduğu güney cephede yeni yeşil alanlar oluşturulması, mevcut sert zeminlerde ise yaya ulaşımını zorlaştırmayacak önlemler alınarak açık ızgara döşeme sistemi uygulanması veya zemin kaplama malzemelerinin gözenekli ve geçirgen malzemelerle değiştirilmesi önerilmektedir. Oluşturulacak yeşil peyzaj alanları ile sert ve geçirimsiz yüzey alanlarını azaltarak hem yağmur suyu tahliyesinde kolaylık sağlanacak hem de ısı adası etkisini azaltılacaktır. Bitkisel peyzaj tasarımında FAA'nın onayladığı ve vahşi yaşamı çekmemesi sebebiyle havalimanlarında kullanımı uygun olan bitki türleri kullanılmalıdır. Seçilen ağaç tipleri uçuş güvenliğini tehlikeye atacak mania oluşturmamalıdır. Bölgenin iklimsel şartlarına uygun, sıcağa dayanıklı, su ihtiyacı az olan, peyzaj düzenlemesinden itibaren beş sene içerisinde gölge oluşturacak yapraklı ağaç tipleri tercih edilmelidir. Bu ağaçların oluşturacağı gölge alanlar ile ısı adası etkisi azaltılabilir ve dış mekanda kullanıcılar için konforlu alanlar oluşturulabilir. Proje alanında sıcak- kuru iklim tipinde yetismeye müsait palmye ağaçları bulunmaktadır. Buna ek olarak iklimsel verilerine uygun ve gölge oluşturacak yapraklı ağaç türlerinden çınar yapraklı akçağaç (*Acer platanoides*), ıhlamur (*tilia cordata*), palmye (*washingtonia filifera*), top akasya (*robinia pseudoacacia 'umbraculifera'*) önerilmektedir.

Doğal gölge sağlayan ağaçlar kadar yapay gölge alanlarının da havalimanı gibi geniş alan kaplayan yerlerde ısı adası etkisini azaltmada önemi büyüktür. Tasarlanacak hafif strüktürlü dış mekan gölgeleme elemanları ile yapıya ve yakın çevresine estetik değer katılabilir (Resim 4.4). Aynı zamanda gölge alanlar oluşturularak dış alanda daha iyi konfor şartları sağlanabilir ve ısı adası etkisi azaltılabilir. Kılavuz kapsamında tasarlanacak bu dış mekan gölgeleme elemanlarının çatı kaplamalarında SRI değeri en az 0,28 olan malzeme kullanımı önerilmiştir. Ayrıca bu strüktürel elemanlardan, çatı kaplamalarında PV panellerin kullanımıyla gölgeleme işlevine ek olarak enerji elde etmede de yararlanılabilir.



Resim 4.4. Dış mekan gölgeme elemanı örnekleri (URL-48, 49)

Havalimanı arazisi içerisinde 14.500 m²'lik büyük bir yüzey alanı kaplayan açık otopark alanında, kılavuz dahilinde DK 7: KONUM VE ULAŞIM başlığı altında ele alınan, “açık otopark alanlarının en az %75’inde üst örtü yapılması” yönlendirmesi doğrultusunda üst örtü uygulanması önerilmektedir. Yapılması önerilen üst örtü ile gölge alanlar sağlanırken, çatıların PV panellerle kaplanmasıyla enerji üreten bir çatı sistemi elde edilecektir.

Havalimanlarında dış mekan aydınlatma tasarımı yapılırken gün ışığının yeterli olmadığı zaman diliminde yön bulmayı, çevrenin algılanmasını ve güvenlik gereksinimlerini karşılayacak yeterli aydınlık seviyesinin sağlandığı bir kurgu yapılmalıdır. Yapay aydınlatma elemanlarının uygunsuz veya fazla kullanımı aydınlatma kirliliğine sebep olarak uçuş güvenliği üzerinde tehlikelere oluşturmakta, bitki ve hayvanların biyolojik döngülerini olumsuz etkilemekte ve büyük miktarda enerji sarfiyatına sebep olmaktadır.

Havalimanlarında park alanı görsel yönlendirmeleri, apron ve pist aydınlatmaları uçuş güvenliği ve sivil havacılığın emniyeti açısından öncelikli öneme sahiptir ve ICAO tarafından yayımlanan kriterler doğrultusunda belirli kurallara göre tasarlanmaktadır. Havalimanlarında standart uygulama metotları bulunan işlevsel aydınlatma sistemleri tez kapsamında ele alınmamıştır. Tez kapsamında terminal binasının yakın çevresi ve terminal ana kullanıcısı olarak yolcuların aktif şekilde kullandığı dış alanların aydınlatma tasarımına değinilmiştir.

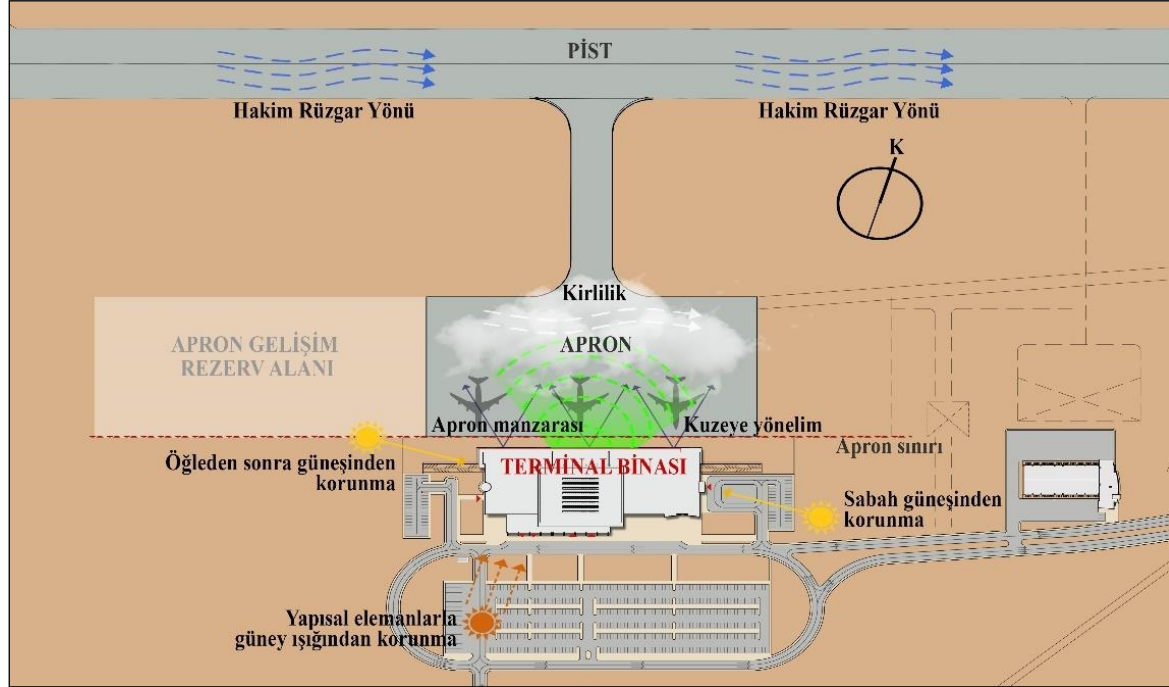
Örnek terminal binası dış mekan aydınlatmasında bağlantı yolları ve otopark alanları tekli, çiftli ve dördü 75 W güce sahip LED, 10 m yüksekliğinde yol aydınlatma direkleri kullanılmıştır. Yapının doğu cephesinde bulunan V.I.P. bölümü giriş meydanı aydınlatması ise 6 m yüksekliğinde 45 W gücünde LED dekoratif aydınlatma elemanlarıyla sağlanmıştır. Dış mekan aydınlatma tasarımında LED aydınlatmaların seçilmesiyle ve aydınlatma sisteminin otoparkın, yolların ve bina aydınlatmasının pasif olduğu zaman dilimine göre programlanmış otomasyon sistemine dahil edilmesiyle enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Terminallerin ülkeye ve şehre giriş yapılan kapılar olduğu düşünüldüğünde yolcu merkezli pozitif bir deneyim sunması beklenmektedir. Dış mekan aydınlatma tasarımı ilk izlenim açısından istenilen algıyı oluşturmakta önemli bir yere sahiptir. Örnek terminal binasının kullanıcıların yapıya giriş yaptığı kara tarafı cephesinde aydınlatma elemanlarının yetersiz olduğu düşünülmektedir. Toplu taşıma ve servis araçlarının da yolcu iniş ve binışlerinin yapıldığı bu alanda, olumlu bir ilk izlenim oluşturmak, toplu ulaşım bekleme alanlarını vurgulamak ve yön bulmayı kolaylaştırmak adına dekoratif elemanlarla dış mekan aydınlatma tasarımının desteklenmesi önerilmektedir. Bu aydınlatma elemanlarında enerji verimli LED armatürler kullanılmalı, yoğun ışıklandırmadan kaçınılarak her yöne ışığı yansıtmayan lambalar tercih edilmeli, büyük oranda gökyüzüne ışık gönderen glob tip aydınlatmalar yerine zemine yönlendirilmiş armatürler tercih edilerek yansıtılmış ışık miktarı azaltılmalıdır. Böylelikle aydınlatma ve ışık kirliliği engellenebilir. Yeni planlanması önerilen dış aydınlatma elemanları da otomasyon sistemine dahil edilerek aktif kullanıldığı süre minimumda tutulmalıdır.

DK2- Bina yönelimi

Terminal binası mevcut piste paralel olarak kuzey yönüne 16° açıyla konumlanmıştır. Pist ve apron yerleşiminin belirlediği bu yönlenme, apron cephesinde tasarlanan büyük şeffaf yüzeylerin minimum güneş ışınlamına sahip kuzey yönüne yönelmesine olanak sağlamıştır. Dikdörtgen formlu binanın kısa kenarları doğu ve batı yönlerinde konumlanmıştır. Bu yönelim ile kontrolü zor güneş ışınlamalarına maruz kalan cephe alanları sınırlı tutulabilmiş, mekan organizasyonunda ise yapının bu çeperlerinde cephe saydamlık oranı az olabilecek mahaller planlanmıştır. Örnek terminal binasının mevcut yönelimi ile, sıcak kuru iklim bölgelerinde yapı yönlenmesinde ana amaç olan güneşin ısıtıcı etkilerinden kaçınılmış, yapının iklimlendirme ihtiyacı sınırlandırılmış ve enerji verimliliğine katkıda

bulunulmuştur. Şekil 4.7’de mevcut terminal binası biyoiklimsel verilere göre vaziyet yerleşimi verilmektedir.



Şekil 4.7. Terminal binası biyoiklimsel verilere göre vaziyet yerleşimi

DK3: Bina formu

Kahramanmaraş ilinin yer aldığı sıcak- kuru iklim bölgesinde form tasarımında ısı kazançlarını azaltmak ve gölgeli serin alanlar elde etmek amaçlanmalıdır. Enerji verimliliği odaklı sürdürülebilir havalimanı terminal binası tasarım kılavuzunda sıcak kuru iklim bölgesinde dışa kapalı kompakt avlulu formların tercih edilmesi, geniş saçak ve gölgeleme elemanlarının kullanımı ile güneş kontrolü sağlanması önerilmiştir.

Örnek terminal binası kompakt forma sahiptir. Güney cephede bulunan geniş saçak ile güneş kontrolü sağlanmış ve yapı dışında da gölgelik alanlar elde edilmiştir. Bu gölge alanlar ile yapı kabuğunda oluşacak ısı artışları kısmen engellenmiştir. Yapının güney cephesinde saydamlık oranı diğer cephelere kıyasla daha düşük tutularak, istenmeyen ısı kazancı azaltılmaya çalışılmıştır. Saydam yüzeylerden kazanılan ısıyı minimize etmek amacıyla güney cephede bulunan mevcut cam giydirme cephe alanlarının küçültülmesi yapıda soğutma yüklerinin azaltılması için değerlendirilebilir bir öneridir.

Örnek terminal binasında çift kat yüksekliğinde planlanmış check-in ve bekleme salonunun, üst örtüde oluşturulacak açılıp kapanabilir boşluklar yardımıyla avluya dönüştürülmesi ile iç mekanda serin, gölgeli alanlar elde edilebilir, doğal hava akışının yapı içine alınması sağlanarak doğal havalandırmadan yararlanılabilir (Şekil 4.8). Böylelikle soğutma ihtiyacı fazla olan sıcak kuru iklim bölgesinde yer alan yapıda, mekanik iklimlendirme yükleri azaltılıp enerji verimliliği sağlanmış olur. İç avluda bölgeye özgü ve kolay bakım sağlanacak bitkilerin kullanıldığı peyzaj tasarımları ve düşey bitki duvarlarıyla, yolcular için konforlu ve estetik bir ortam yaratılırken, ısı farkını dengeleyerek iklimlendirme maliyetlerinde önemli bir azaltma sağlanabilir. Yapılacak bu değişiklikler ile mevcut yapı, kılavuz çerçevesinde iklim tipine uygun önerilen yapı formu gerekliliklerini karşılayabilmektedir.



Şekil 4.8. Konsept iç avlu tasarım önerisi (URL-50)

DK4: Bina kabuğu

Enerji verimliliği odaklı sürdürülebilir havalimanı terminal binası tasarım kılavuzu çerçevesinde bina kabuğu değerlendirme konusu, opak yüzeyler, saydam yüzeyler, sistem çözümleri ve genel hususlar başlıkları ile ele alınmıştır.

DK4-O: Opak yüzeyler

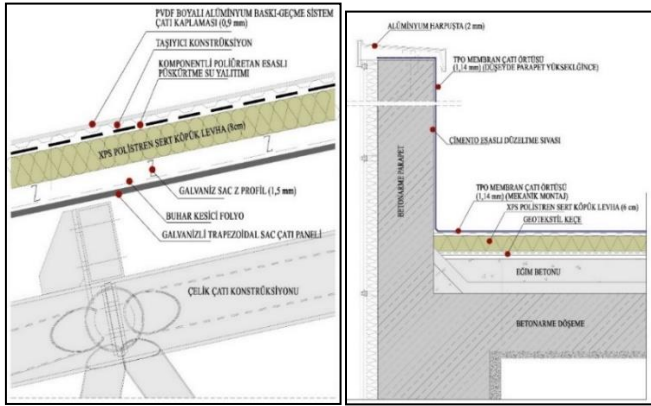
Örnek terminal binası kabuğunu oluşturan opak bileşenlere ait U değerlerini belirlemek için TS 825 hesap programı izoder kullanılmıştır. Mevcut yapı kabuğu verilerine göre program aracılığıyla yapılan hesaplamalar doğrultusunda malzemelerin cinsi, kalınlığı, ısı iletkenlik hesap değeri, ısı iletkenlik direnci, ısı geçirgenlik katsayısı, ısı kaybeden yüzey alan ve ısı kaybı değerlerinin verildiği Çizelge 4.2 oluşturulmuştur. Yapı kabuğu opak bileşenleri sistem detayları ise Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da verilmiştir

Çizelge 4.2. Kahramanmaraş Havalimanı terminal binasının yapı kabuğu opak bileşenlerinin özellikleri

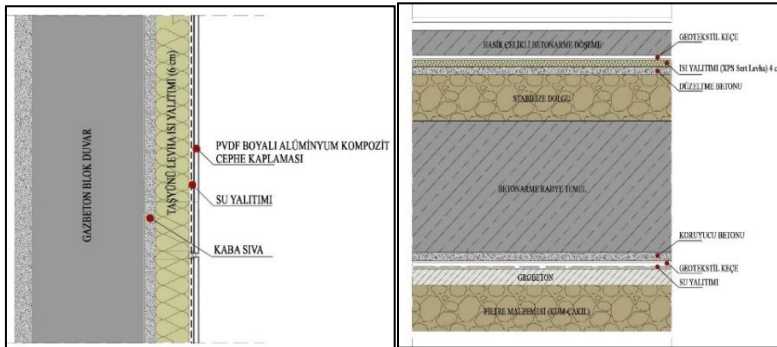
Malzeme Cinsi	Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Değeri W/mK	Isı İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m ² K)	Isı Kaybeden Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı A * U (W/K)
DIŞ DUVAR (GAZ BETON)						
Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)	-	-	0,130			
Alçı sıva	0,01	0,51	0,020			
Gaz beton blok	0,2	0,24	0,833			
Kaba sıva (2cm) (çimento esaslı düzeltme sıvası)	0,02	1	0,020			
Taş yünü levha	0,06	0,035	1,714			
Su Yalıtımı (su buharı geçişine açık yalıtım örtüsü)	0,006	0,19	0,032			
Hava boşluğu (mekanik montaj)	0,05	0,278	0,180			
Alüminyum Kompozit levha Kaplama (0,50+3+0,50mm)	0,001	204	0,000			
Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (dış)	-	-	0,040			
			2,969	0,337	1594,00	536,94
BETONARME TERAS ÇATI						
Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)	-	-	0,130			
Alçı Sıva	0,02	0,7	0,029			
Betonarme Döşeme	0,2	2,5	0,080			
Eğim Betonu	0,05	1,65	0,030			
Geotekstil Keçe (300gr/m ²)	0,004	0,19	0,032			
XPS (Ekstrude polistren köpük)	0,06	0,03	2,000			
TPO (Termoplastik Polietilen) Membran	0,0014	0,19	0,007			
Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (dış)	-	-	0,080			
			2,539	0,394	6622,00	2086,82
ÇELİK ÇATI						
Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)	-	-	0,130			
Galvanizli trapezoidal sac çatı paneli	0,0012	58	0,000			
Buhar kesici folyo	0,006	0,19	0,032			
Galvaniz sacdan Z profil	0,0015	58	0,000			
XPS	0,08	0,03	2,667			
Komponentli poliüretan esaslı püskürtme su yalıtımı	0,006	0,19	0,032			
Hava Boşluğu	0,05	0,313	0,160			
PVDF boyalı alüminyum baskı-geçme sistem çatı kaplaması	0,001	204	0,000			

Çizelge 4.2. (devam) Kahramanmaraş Havalimanı terminal binasının yapı kabuğu opak bileşenlerinin özellikleri

			3,060	0,327	2459,00	803,69
TOPRAK ÜSTÜ DÖŞEME						
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	0,170			
Mermer	0,03	3,5	0,009	0,407	7850	1597,475
Tesviye betonu	0,05	1,65	0,030			
Donatılı Beton (Hasır Çelikli)	0,20	2,5	0,080			
Geotekstil Keçe	0,006	0,19	0,032			
XPS	0,04	0,03	1,333			
Düzeltilme betonu	0,05	1,65	0,030			
Stabilize dolgu	0,4	0,7	0,571			
Betonarme radye temel	0,85	2,5	0,340			
Koruyucu beton	0,05	1,65	0,030			
Geotekstil Keçe	0,006	0,19	0,032			
Su Yalıtımı 2 Kat (Polyester Keçe Taşıyıcılı)	0,006	0,19	0,032			
Grobeton	0,1	1,65	0,061			
			2,657	0,376	7850,00	1477,01



Şekil 4.9. Mevcut terminal binası betonarme teras çatı ve çelik konstrüksiyon çatı sistem detayları



Şekil 4.10. Mevcut terminal binası dış duvar ve toprak temaslı döşeme sistem detayları

Çizelge 4.3'te Kahramanmaraş Havalimanı terminal binası bina kabuğunun hesaplanan ısı geçirgenlik katsayıları, TS 825 Isı Yalıtım Standardındaki ilgili bölge değerleri ile karşılaştırılmıştır. 2013 yılında güncellenen TS 825 Standardına göre Kahramanmaraş ili 2. Bölgede yer almaktadır ve mevcut terminal binasının U değerleri TS 825'te kabul edilen sınır değerlerin altında olmalıdır.

Çizelge 4.3. TS 825 Standardı ve mevcut terminal binasının yapı kabuğu opak bileşenlerine ait U değerleri kıyaslaması

	U Dış Duvar (W/m ² K)	U Çatı (B.A. teras çatı) (W/m ² K)	U Çatı (çelik çatı) (W/m ² K)	U Zemin Döşemesi (W/m ² K)
TS 825 (2013) 2. Bölge	0,57	0,38	0,38	0,57
Kahramanmaraş Havalimanı Terminal Binası	0,337	0,394	0,327	0,376

Mevcut terminal binasının yapı kabuğu opak bileşenlerinin 2. Bölge U değerleri baz alınarak incelendiğinde dış duvar, çelik konstrüksiyon çatı ve toprak temaslı zemin döşemesi opak bileşenlerinin sınır değere uygun olduğu fakat, betonarme teras çatı U değerinin standartta belirlenen sınır değeri aştığı görülmektedir. Bu bağlamda betonarme teras çatı bileşenlerinin U değerinin standartta belirlenmiş limit değeri sağlanması hedeflenmektedir.

Betonarme teras çatının U değerinin TS 825 standardında belirtilen değeri karşılaması için ısı yalıtımında iyileştirme yapılması ve malzeme seçiminde petrol kökenli XPS malzeme yerine mineral esaslı 8 cm kalınlığında taşıyıcı levha ısı yalıtımı kullanılması önerilmektedir. Öneri duruma göre izoder programı kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda ısı yalıtımı iyileştirmesi ile standartta belirtilen U değerinin sağlandığı görülmektedir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Betonarme teras çatı ısı yalıtımı iyileştirme önerisi

Malzeme Cinsi	Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Değeri W/mK	Isı İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m ² K)	Isı Kaybeden Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı A * U (W/K)
BETONARME TERAS ÇATI						
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	0,130			
Alçı Sıva	0,02	0,7	0,029			
Betonarme Döşeme	0,2	2,5	0,080			

Çizelge 4.4. (devam) Betonarme teras çatı ısı yalıtımı iyileştirme önerisi

Eğim Betonu	0,05	1,65	0,030			
Geotekstil Keçe (300gr/m ²)	0,004	0,19	0,032			
Taşıyünü ısı yalıtımı	0,08	0,035	2,286			
TPO (Termoplastik Polietilen) Membran	0,0014	0,19	0,007			
Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (dış)	-	-	0,080			
			2,824	0,354	6622,00	2086,82

Enerji verimliliği odaklı sürdürülebilir havalimanı terminal binası tasarım kılavuzu çerçevesinde sıcak kuru iklim bölgesinde yer alan yapılar için, yapı bileşenlerinin U değerlerinin asgari olarak ilgili standartta belirlenen limit değeri karşılaması ve daha iyi bir yalıtım uygulaması için U değerlerinin %25-50 oranında iyileştirilmesi önerilmiştir. Çizelge 4.5'te TS 825 standardında ilgili bölge için belirtilen U değerlerinin %25 ve %50 oranında iyileştirilmesiyle elde edilen U değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.5. TS 825 2. Bölge U değerleri %25, %50 oranında iyileştirme sonuçları

	U Dış Duvar (W/m ² K)	U Çatı (W/m ² K)	U Zemin Döşemesi (W/m ² K)
TS 825 (2013) 2. Bölge %25 iyileştirilmiş U değeri	0,43	0,29	0,43
TS 825 (2013) 2. Bölge %50 iyileştirilmiş U değeri	0,29	0,19	0,29

Yapının opak bileşenlerinde belirlenen iyileştirilmiş U değerlerinin sağlanması için yalıtım kalınlık ve malzeme önerileri yapılmış, diğer bileşenler aynen korunmuş, izoder programında uygunluğu teyit edilmiştir (Çizelge 4.6). Malzeme önerisi yapılırken petrol kökenli yalıtım malzemeleri yerine mineral esaslı ısı yalıtım malzemeleri kullanımına önem verilmiştir.

Çizelge 4.6. Yapı bileşenleri iyileştirilmiş U değerleri için kullanılan malzeme tipi ve kalınlıkları

	U Dış Duvar (W/m ² K)	U Çatı (B.A. teras çatı) (W/m ² K)	U Çatı (çelik çatı) (W/m ² K)	U Zemin Döşemesi (W/m ² K)
U değerinde %25 iyileştirme	Taşıyünü levha ısı yalıtımı -6 cm U: 0,337 W/m ² K	Taşıyünü levha ısı yalıtımı -10 cm U: 0,284 W/m ² K	Taşıyünü levha ısı yalıtımı -12 cm U: 0,262 W/m ² K	XPS- 4 cm U: 0,376 W/m ² K
U değerinde %50 iyileştirme	Taşıyünü levha ısı yalıtımı -10 cm U: 0,243 W/m ² K	Taşıyünü levha ısı yalıtımı -16 cm U: 0,186 W/m ² K	Taşıyünü levha ısı yalıtımı -18 cm U: 0,181 W/m ² K	XPS- 8 cm U: 0,251 W/m ² K

Yapılarda enerji korunumu sağlamada ve istenen konfor koşullarının oluşturulmasında önemli etkenlerden biri yapı kabuğunda ısı köprüsü oluşumunu engellemek ve sızdırmazlığı sağlamaktır. Örnek terminal binasında farklı ısıl iletkenlik katsayısına sahip malzemelerde meydana gelen delinme, aşınmaların ve duvar, tavan, zemin birleşim noktalarında oluşması muhtemel ısı köprülerinin tespit edilmesi ve iyileştirilmesi yapıda enerjinin verimli kullanılması için alınması gereken öncelikli önlemlerdendir. Mevcut hava sızıntıları uygun ekipmanlar kullanılarak saptanmalıdır. Sızıntının kaynağı pencere ve kapı profilleri ise mevcut profiller hava ve su sızdırmaz profillerle değiştirilmelidir. Duvar ve pencere birleşimleri hava sızdırmaz hale getirilmeli, çatı ve duvarlarda yapılacak yalıtım yenileme çalışmaları sırasında hava sızdırmazlığı sağlayan buhar bariyeri yerleştirilmeli, kaplama malzemelerinin hava sızdırmazlığı sağlanmalıdır.

Terminal binası dış cephe ve çatı kaplama bitiş malzemelerinde kılavuzda sıcak-kuru iklim bölgelerinde uygulanması önerildiği üzere açık renkli ürünler tercih edilmiştir. Cephe kaplama malzemesi olarak beyaz renkli PVDF boyalı alüminyum kompozit kaplama malzeme, betonarme teras çatılarda beyaz renkli termoplastik polietilen membran çatı örtüsü, çelik konstrüksiyon çatı kaplamasında ise açık gri (RAL 7035) 0,90 mm kalınlıkta PVDF boyalı alüminyum malzeme kullanılmıştır. Açık renkli malzeme kullanımı ile güneş ışınları yansıtılarak yapının ısınması engellenmiş, böylelikle soğutma ihtiyacı azaltılmıştır.

DK4-S: Saydam yüzeyler

Havalimanı yapılarında dış mekanla görsel bağlantıyı koruyacak şeffaf tasarım anlayışıyla, doğrudan gelen güneş ışığının kontrolünü sağlamak ve böylece yapının soğutma yüklerini dengeleyerek uygun iç mekan konfor koşulları oluşturmak arasında bir denge kurulmalıdır. Yönlere göre cephe doluluk boşluk oranları hesaplanmalı, güneş kırıcı elemanlar ve saçak tasarımları ile güneş kontrolü sağlanmalıdır.

Mevcut piste paralel olacak şekilde konumlanmış terminal binasında, kuzey cephede giden/gelen yolcu salonları, bagaj alım salonları gibi dış alanla görsel temasın devam ettirilmesi gereken ve bu sebeple geniş cam yüzeylere sahip büyük hacimli mekanlar planlanmıştır. Terminalin ana girişinin yer aldığı güney yöne bakan kara tarafı cephesinde ve kontrolü zor güneş ışınlarına maruz kalan doğu ve batı cephelerde ise saydam yüzeyler

kuzey cephesine oranla sınırlı planlanmış, böylelikle güneş kaynaklı ısı kazancı dengelenmeye çalışılmıştır. Çizelge 4.7’de yapı cephelerinin saydamlık oranları verilmiştir.

Çizelge 4.7. Mevcut terminal binası cephe saydamlık oranları

	Toplam	Kuzey cephe (Hava tarafı)	Güney cephe (Kara tarafı)	Doğu cephe	Batı cephe
Duvar alanı(m ²)	5.729,85	1939,9	2054	885	850,95
Pencere alanı (m ²)	2009,55	1127,85	548,10	140,20	193,40
Saydamlık oranı %	%35,08	%58,47	%26,73	%15,84	%22,77

Örnek terminal binası saydam yüzeylerde içte Low-e kaplamalı 5+5 lamine cam, 16 mm hava boşluğu, dışta ise 6 mm temperli, yarı reflekte özellikte camın kullanıldığı çift cam uygulaması yapılmıştır. İç camda Low-e kaplamalı cam kullanımı ile ısı kayıplarını önlemek, dış camda kullanılan yarı reflekte kaplama ile ise güneşten istenmeyen ısı kazancının önüne geçmek amaçlanmıştır. Kullanılan çift cam malzemenin U değeri 2,4’tür ve TS 825 standardında 2. Bölge cam yüzeyler için 1,8 olarak belirtilen U değerini aştığı görülmektedir.

Standartta belirlenmiş U değerinin karşılanması için çift cam uygulamasında cam tiplerinin aynı tutulup ara boşlukta argon gazı kullanılması önerilmiş, İzoder programıyla yapılan hesaplamaların sonucunda ara boşlukta argon gazı kullanımının saydam bileşenin U ile değerini 1,6’ya düşürerek limit değeri sağlayacağı görülmüştür.

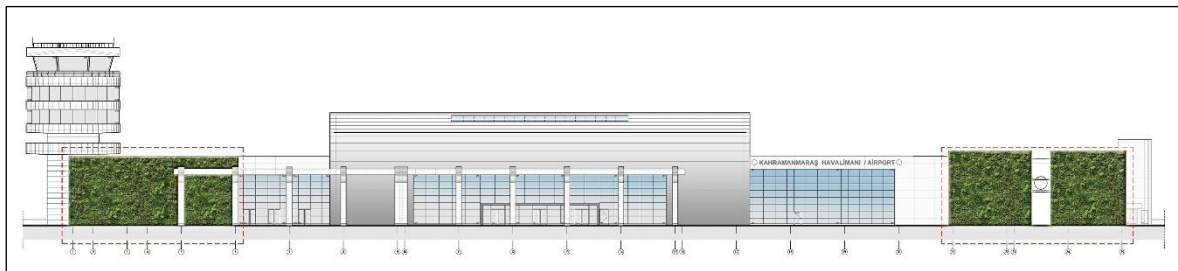
DK 4-SÇ: Sistem çözümleri

Terminal binalarının geniş alanlı çatı yüzeyleri, güneş ışınına doğrudan maruz kalan yüzeyler olması sebebiyle çatılarda kullanılacak malzemenin yansıtıcılık katsayısı, rengi ve özgül ısısı önem taşımaktadır. Örnek terminal binası çatısında, kılavuzda sıcak kuru iklim tipleri için önerilen sistemlerden olan soğuk çatı uygulaması yapılmıştır. Bu uygulama özellikle sıcak iklim bölgelerinde yaz aylarında güneş ışınlarını yansıtarak binaya aktarılan ısı miktarını azaltmakta ve binanın soğutulmasına yardımcı olarak enerji tüketimini önemli ölçüde düşürmektedir. Terminal binasının betonarme teras çatısında 1,14 mm kalınlığında beyaz renkli termoplastik polietilen membran çatı örtüsü kullanılmıştır. TPO membran, mekanik tespit metodu ile özel vidalar kullanılarak uygulanmış ve betonarme çatı tabliyesine tespit edilmiştir. Çatı konstrüksiyonu ile membran arasında 6 cm kalınlığında XPS Polistren

sert köpük levha bulunmaktadır. TPO membran çatı örtüsü çatı bitiş malzemesi olmasının yanında su yalıtımı olarak da işlev görmekte, ısı yalıtım levhası ve çatı konstrüksiyonunu suya karşı korumaktadır.

Kılavuz çerçevesinde sıcak kuru iklim tiplerinde uygulanması önerilen bir diğer çatı sistemi olan yeşil çatıların örnek terminal binasında uygulanması enerji verimliliği açısından olumlu görülmektedir. Havalimanı yapılarında uygulanan yeşil çatı sistemleri ile genel olarak sert zeminlerden oluşan havalimanının genel ısı adası etkisi azaltılarak enerji kullanımı sınırlandırılmaktadır. Yeşil çatıların akustik tamponlama özelliği ile gürültü seviyesi fazla olan havalimanı yerleşkelerinde çatı, ses yalıtım tabakası görevi de üstlenmektedir. Yeşil çatı uygulamaları, çatı kaplama membranını, ultraviyole ışınlardan, aşırı ısınma ve yağışlar gibi dış etkilere koruyarak ömrünü uzatmakta ve bakım maliyetlerini azaltmaktadır. Havalimanı yapılarında uygulanması planlanan yeşil çatıların, uçuş güvenliğini tehlikeye atabilecek vahşi yaşam türlerini çekmemesi için gerekli önlemler alınmalı ve bu doğrultuda FAA tarafından listelenmiş bitki türleri seçilmeli, yeşil çatıların mania teşkil etmemesi sağlanmalıdır.

Terminal binasının güney cephesinde bulunan opak yüzeylerin ısı emilimini azaltmak için yeşil cephe sistemlerinden yararlanılabilir. Halihazırda alüminyum kompozit kaplama kullanılmış 500 m²'lik dış cephe yüzeyinde, bitkilendirilmiş cephe uygulaması ile gölgeleme etkisi oluşturan bir tampon bölge yaratılarak, iç ve dış mekan arasındaki sıcaklık farkları dengelenebilir, yapı kabuğundaki istenmeyen ısı artışlarının önüne geçilebilir ve böylece terminal binasında ısıtma ve soğutma için harcanacak enerji miktarında azalma yaşanacağı öngörülebilir. Şekil 4.11'de yeşil cephe uygulaması yapılması önerilen dış duvar alanları gösterilmiştir.



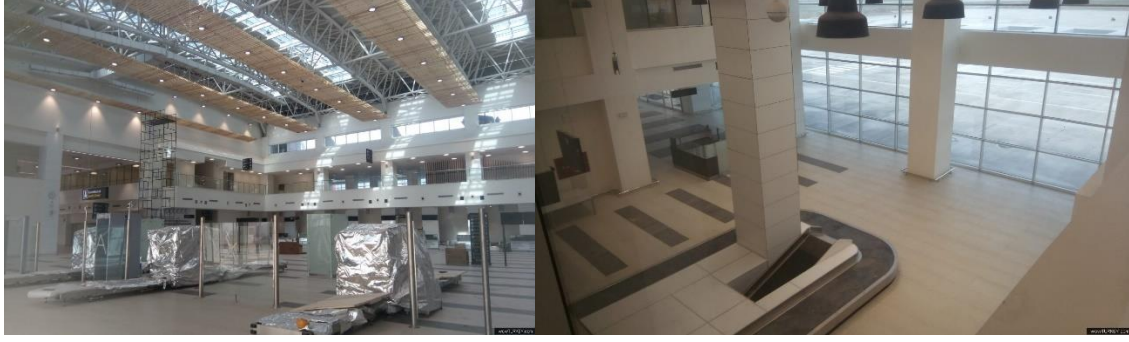
Şekil 4.11. Yeşil cephe uygulaması yapılması önerilen dış duvar alanları

DK 4-G: Genel hususlar

Enerji verimliliği odaklı sürdürülebilir havalimanı terminal binası tasarım kılavuzunda yapıda yeterli doğal aydınlatma sağlanması için zemin alanının %15'i oranında pencere açıklığı tasarlanması önerilmiştir. Örnek terminal binasında yapı dış çeperinde konumlanmış ve doğrudan güneş ışığından yararlanma imkanı olan mahallerde bu oran sağlanarak yeterli doğal aydınlatma için önerilen koşullar elde edilmiştir.

Yapının kuzey cephesinde yer alan iç ve dış hatlar giden yolcu salonları, iç hatlar ve dış hatlar bagaj alım holleri zeminden tavana kadar uzanan 8,40 m yüksekliğindeki cam giydirme cepheler ile doğal aydınlatmadan yararlanmaktadır. Giden yolcu salonları demonte edilebilen, şeffaf ara bölücü elemanlarla birbirinden ayrılmış böylelikle gerektiğinde iç hacimlerin boyutları, değişen kullanıcı sayısına göre yeniden düzenlenebilir şekilde tasarlanmış, aynı zamanda gün ışığının mekanın derinliklerine ulaşması sağlanmıştır. Cam giydirme cepheler ile yolcuların apronla olan görsel teması güçlendirilmiş, kullanıcı konforu artırılmış ve gündüz saatlerinde yapay aydınlatmaya olan ihtiyacın önüne geçilmiştir.

Check-in salonu ve bekleme alanı yapının merkezinde yer almaktadır ve cephelerden ışık alma imkanı sınırlıdır. Çelik konstrüksiyon üst örtü üzerinde tasarlanan çatı ışıklıkları ve çatı yüzeyinde oluşan kot farklılıkları ile elde edilen kesite yerleştirilmiş bant pencereler ile yapının merkezi kabul edilen ve yoğun kullanıma sahip alanda doğal ışıktan yararlanılabilmektedir (Resim 4.5). Atriumlar ve galeri boşlukları ile planlama gereği yapı cephesinden uzakta konumlanan ve birinci katta yer alan ofis mahallerine gün ışığının taşınması sağlanmış, yapay aydınlatmaya duyulan talep azaltılarak enerjiden tasarruf edilmiştir. Birinci katta yer alan idari ofisler çift kat yüksekliğindeki salon boşluklarının çeperlerinde konumlandırılmış, bu planlama ile derin plan şemasına sahip yapıda cepheden uzakta konumlanmış mahallerde de doğal aydınlatmadan faydalanılmıştır.

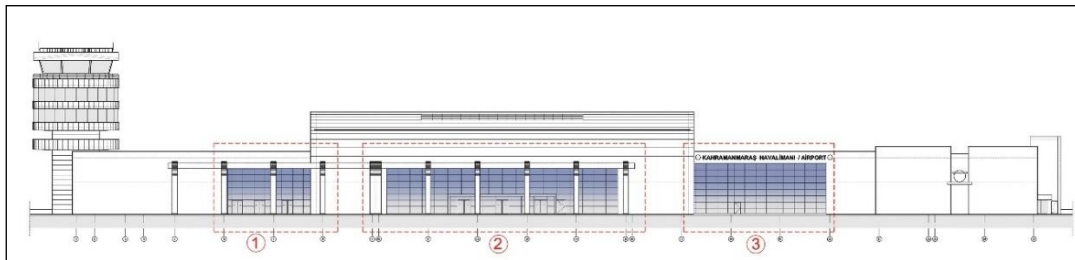


Resim 4.5. Check-in salonu ve bagaj alım salonlarında doğal aydınlatma (URL-51)

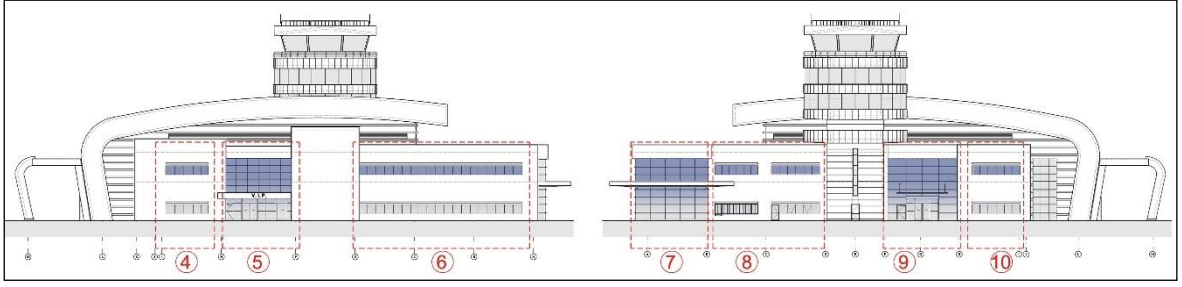
Kılavuzda genel hususlar başlığı altında değinilen bir diğer konu ise dik ve düşük eğimli çatılarda kullanılan malzemelerin SRI değerleridir. Kılavuzda düşük eğimli çatılarda ($\leq 2:12$) ilk SRI değeri min. 82, dik eğimli çatılarda ($> 2:12$) ilk SRI değeri min. 39 olan çatı malzemesi kullanımı önerilmiştir. Örnek terminal binasında %0,2 eğimli betonarme teras çatıda uygulanan beyaz renkli TPO membran çatı örtüsünün SRI değeri markalara göre farklılık göstermekle birlikte min. SRI 82 değerini karşılamaktadır. Yapının check-in salonu ve bekleme alanının geniş tek bir hacim olarak planlanmasına olanak sağlayan ve form tasarımı ile düşey yapı elemanı olarak devam eden çelik konstrüksiyon çatının eğimi formuna bağlı değişiklik göstermekle birlikte 2:12'den büyük olup dik eğimli çatı olarak kabul edilmektedir. Açık gri renkli (RAL 7035) 0,90 mm kalınlıkta PVDF boyalı alüminyum malzemenin ilk SRI değeri 58 olup, kılavuzda belirlenen gereklilikleri karşılamaktadır.

DK5: Gölgeleme elemanları

Örnek terminal binasında güneşten korunma için güneş kırıcı elemanlardan ve saçaklardan faydalanılmıştır. Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te farklı cephelerde bulunan saydam yüzeyler numaralandırılmıştır.



Şekil 4.12. Güney cephede yer alan saydam yüzeyler



Şekil 4.13. Doğu ve batı cephelerde yer alan saydam yüzeyler

Örnek terminal binasında güney cephede güneşten korunma 1 ve 2 numaralı saydam yüzeylerde 10-18 m derinliğe, 7,50 m yüksekliğe sahip saçak tasarımı ile sağlanmaktadır (Resim 4.6). Saçak güneş kontrolü sağlamanın yanında terminal binasının ana girişini vurgulamakta ve oluşturduğu yarı açık alan ile dış mekanda gölgeleme sağlamaktadır.



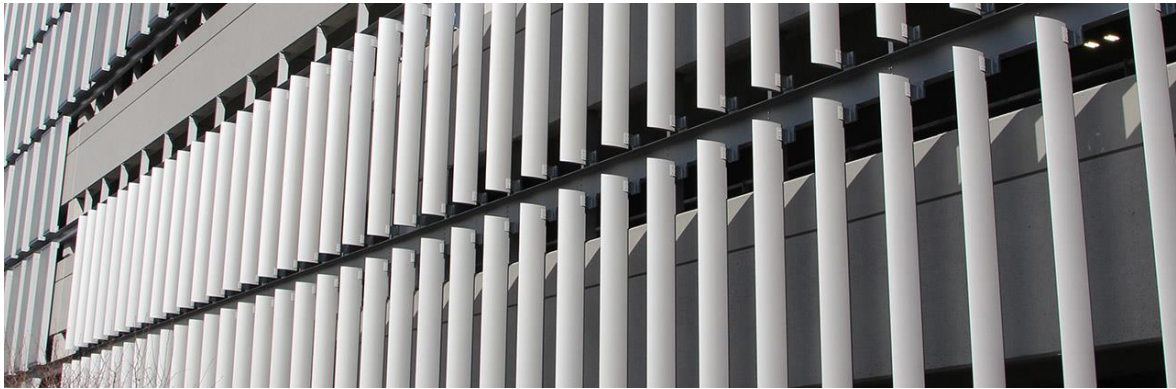
Resim 4.6. Yapı güney cephesinde konumlanan saçak (URL-52)

Güney cephede yer alan 3 numaralı saydam yüzeyde ise güneş kontrolü sağlamaya yönelik herhangi bir önlem alınmamıştır. Güneşten ısı kazançlarının en yüksek olduğu güney cephede kılavuz çerçevesinde önerildiği şekilde Resim 4.7'deki örnekte görüldüğü üzere yatay gölgeleme elemanı kullanımı güneş kontrolü sağlamak için etkili olacaktır. Hareketli güneş kontrol elemanları günün farklı saatlerine göre uyarlanabilir olduğundan güneşten korunmada daha verimli olmaktadır.



Resim 4.7. Yapının güney cephesinde uygulanması önerilen hareketli yatay alüminyum güneş kırıcı elemanlar (URL-53)

Yapının Şekil 4.12’de verilen 4,6,8 ve 10 numaralı bant pencerelerinde güneş kontrolü yatay badem formlu alüminyum güneş kırıcı elemanlarla sağlanırken, 5,7 ve 9 numaralı giydirme cephelerde ise güneş kırıcı eleman kullanılmamıştır. Kılavuz çerçevesinde yapıların, kontrolü zor güneş ışınlarının geldiği doğu ve batı cephelerinde düşey güneş kontrol elemanı kullanılması önerilmiştir. Resim 4.8’de doğu ve batı cephelerde yer alan bant pencerelerde ve giydirme cephelerde kullanılması önerilen düşey formlu güneş kırıcı örneği verilmiştir.



Resim 4.8. Yapının doğu ve batı cephelerinde uygulanması önerilen hareketli düşey alüminyum güneş kırıcı elemanlar (URL-54)

Kılavuz çerçevesinde tüm iklim tipleri için önerilen ve cephelere göre türleri değişen güneş kontrol elemanlarının mevcut yapıda uygulanmasının güneşten istenemeyen ısı kazançlarını engellemede ve yapının soğutma yükünü azaltmada önemli ölçüde etkili olacağı düşünülmektedir. Doğru uygulanmış güneş kontrol stratejileri ile enerji verimliliği sağlanırken, iç mekanda oluşabilecek ısk parlamaları da engellenebilecek ve görsel konfor koşullarında da iyileşme sağlanabilecektir.

DK6: Yenilenebilir enerji kaynaklarının tasarımı

Kahramanmaraş ili Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli en yüksek coğrafi bölgelerinden biri olan Akdeniz bölgesinde yer almakta ve Güney Anadolu bölgesine ise sınır şehir konumunda bulunmaktadır (Çizelge 4.8). En yüksek güneşlenme süresi ortalama 12,44 saat, aylık ortalama 385,67 saat ile temmuz ayında, en düşük güneşlenme süresi ise günlük ortalama 5,71 saat, aylık ortalama 176,98 saat ile ocak ayında kaydedilmektedir. Terminal binasının bulunduğu Dulkadiroğlu ilçesi yıl boyunca ortalama yaklaşık 3352,12 saat, aylık ortalama 110,02 saat güneş almaktadır (URL-55).

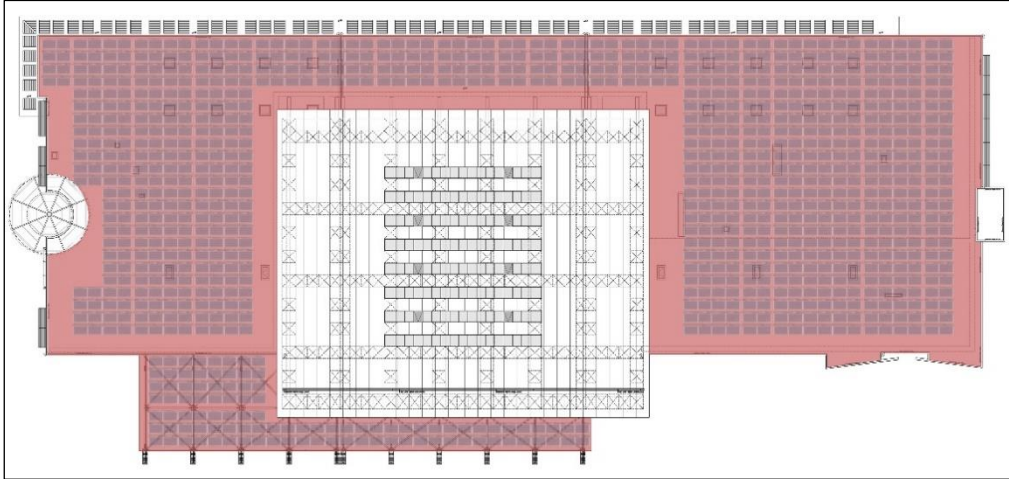
Çizelge 4.8. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin coğrafi bölgelere göre dağılımı (Taşkın ve Korucu, 2014)

Coğrafi Bölge	Ortalama Işınım Şiddeti kWh/m ² -yıl	En çok Işınım Şiddeti (Haziran) kWh/m ²	En az Işınım Şiddeti (Aralık) kWh/m ²	Ortalama Güneşlenme Süresi h/yıl	En çok güneşlenme Süresi (Haziran) h	En az güneşlenme Süresi (Aralık) h
Güneydoğu Anadolu	1460	1980	729	2993	407	126
Akdeniz	1390	1869	475	1956	306	101
Doğu Anadolu	1365	1863	431	2664	371	96
İç Anadolu	1314	1855	412	2628	381	98
Ege	1304	1723	420	2738	373	165
Marmara	1168	1529	345	2409	351	87
Karadeniz	1120	1315	409	1971	273	82

İlin yüksek güneş enerjisi potansiyeli ve terminal binalarının mimari karakteristiği; örnek havalimanı terminal binasını güneş enerjisi sistemlerinden yararlanma konusunda cazip hale getirmektedir.

Halihazırda mevcut terminal binasında sıcak su ihtiyacının belirli bir oranda karşılanması için güneş kolektörlerinden faydalanılmıştır. Teras çatı üzerinde güneşe yönelmiş olarak, 16 adet 1,89 m² yüzey alanına sahip güneş kolektörü konumlandırılmıştır. Haziran ayında %100 verimle çalışmaya uygun şekilde projelendirilen güneş kolektörlerinin sıcak su ihtiyacı karşılama oranı 6 aylık kış döneminde %30, 6 aylık yaz döneminde %89, tüm yıl boyunca ise %55'tir. Kolektörlerden %100 verim sağlanan haziran ayında 112.601 kcal/gün enerji sağlanmaktadır. Yıl boyunca sıcak su ihtiyacı için gereken enerji miktarı 1.565.025 kcal/gün, kolektörlerden sağlanan enerji miktarı ise 867.998 kcal/gün'dür.

Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanmada terminal binalarında en çok tercih edilen sistemlerden olan fotovoltaik panellerin kullanımı, örnek terminal binası için önerilmektedir. Şekil 4.14'te gösterildiği gibi yapıda yaklaşık 6200 m²'lik alana sahip düz betonarme teras çatının ve güney cephede bulunan 720 m²'lik yüzey alanına sahip giriş saçağının PV panel kurulumu için uygun olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.14. Terminal binası PV panel kurulumu için alan önerisi

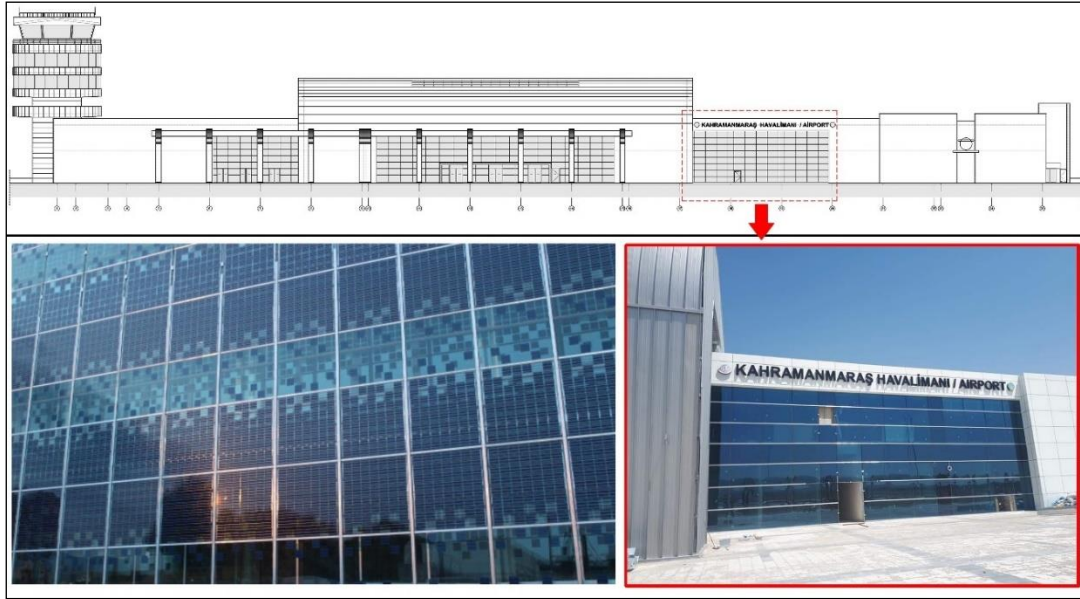
Fotovoltaik paneller terminal binasının mevcut çatı sistemine monte edilerek uygulanabilir. Bu uygulama şeklinde paneller ısı ve su yalıtımları uygulanmış çatı yüzeyine tespit edilmektedir. PV panellerin yapıda betonarme teras çatı üzerinde planlanmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Düz teras çatılar, sonradan projeye dahil edilen PV sistemlerin uygulamasında, maksimum verim için uygun olan eğimin istenildiği şekilde ayarlanmasına olanak verdiği için tercih edilmektedir. Teras çatılara uygulanan PV paneller istenildiği zaman sökülüp takılabilir ve bakım gereklilikleri için kolay erişim sağlanabilir. Aynı zamanda eğimli montaj yöntemi ile sıcaklığa bağlı olarak verimleri düşen panellerin arka yüzeylerinin havalandırılmaları sağlanabilmektedir.

Yapıya sonradan entegre edilen PV panel sistemlerinde, sistem tasarımının bir parçası olmadığı için görsel olarak istenmeyen bir görüntüyle karşılaşmak mümkündür. Terminal binaları gibi şehirlerin prestij kaynağı olarak görülen yapılarda estetik kaygılar daha ön plana çıkmaktadır. Sonradan yapılan uygulamalarda PV panellerin çatı üzerinde konumlanması, yapının görsel bütünlüğüne müdahale gerektirmediğinden özellikle tercih edilen bir yöntemdir.

Örnek havalimanı teras çatısında uygulanması önerilen PV panellerin kurulumu sırasında mevcut su yalıtımı ve kaplama malzemesinin hasar görmemesine dikkat edilmeli, montaj detaylarına önem verilerek özellikle su sızdırmazlığı için özel detay çözümleri geliştirilmelidir. Çatı üzerinde halihazırda bulunan ekipmanların paneller üzerinde gölgeleme yapmamasına dikkat edilmeli, yerleşim planlaması bu doğrultuda ele alınmalıdır. PV panel sisteminin ve montaj elemanlarının yapı strüktürüne oluşturacağı ek yükler hesaplanmalı gerekmesi halinde ilave statik güçlendirme önlemleri alınmalıdır.

Mevcut terminal binasının güney cephesinde (kara tarafı) yer almakta olan 180 m²'lik cam giydirme cephe yapıda panel kurulumu için uygun yönlenmeye sahiptir ve mevcut durumda güneş kontrolü için herhangi bir önlem alınmamıştır (Şekil 4.15). Yapıda mevcut yatay kapaklı silikon taşıyıcılı cephenin cam malzemesinin, yarı geçirgen PV paneller ile değiştirilmesi önerilmektedir. PV panellerin montajında, halihazırda kullanılmakta olan alüminyum doğramalar ve tespit profillerinden yararlanılabilmektedir. Bu durum ekonomik olarak avantaj sağlayacaktır. Kapaklı cam cephelerde ve doğramalı cam tiplerinde kapak ve doğrama derinliği az tutulmalı, fotovoltaik panel üzerine düşecek gölgeler engellenmelidir. Mevcut giydirme cam cephede bulunan yatay kapakların kaldırılması sistem verimliliğine olumlu katkı yapacaktır.

PV panellerin cephe sistemine entegre kullanımında PV panellerden çıkan kabloların çeviriciye kadar iletiminin ve bu kablolama sistemine özel kanalların tasarlanması gerekmektedir. Panellerin ısı yalıtım işlevini gerçekleştirmesi için çift cam mantığı ile uygulanması ve su yalıtım ve sızdırmazlık önlemlerinin alınması önerilmektedir.



Şekil 4.15. Mevcut yapı güney cephesinde PV panel sistem kurulum önerisi

Yapı cephesinde uygulanacak PV panel sistemle enerji elde edilmesi aynı zamanda yarı geçirgen malzeme özelliği sayesinde güneş kontrolü sağlanıp, yapının soğutma yüklerinin azaltılacağı ve böylelikle enerji korunumu sağlanacağı öngörülmektedir.

Mevcut havalimanı terminal binasında uygulanacak PV panel sisteminin projelendirilmesi aşamasında, FAA tarafından havalimanlarında PV panel kurulum projelerinde değerlendirilmesi gerektiği belirtilen; parlama ve yansıma, radyo navigasyon sistemleri sinyal paraziti ve hava sahasına fiziksel müdahale konuları dikkatle ele alınmalı, uçuş güvenliğini tehlikeye atacak uygulamalardan kaçınılmalıdır.

Kahramanmaraş Havalimanı terminal binası çatı ve cephesinde kurulması önerilen fotovoltaiik panel sistemi ile yapının enerji ihtiyacının bir bölümünün yerinde yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesi ve böylelikle enerji verimliliği sağlanması amaçlanmaktadır.

“Enerji Verimliliği Odaklı Sürdürülebilir Havalimanı Terminal Binası Tasarım Kılavuzu” çerçevesinde jeotermal ısıtma- soğutma sistemleri ve rüzgar enerjisi sistemlerin kullanımı önerisi doğrultusunda Kahramanmaraş ilinin jeotermal enerji ve rüzgar enerjisi potansiyelleri araştırılmıştır. Kahramanmaraş ilinde rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışma, şehir merkezinde ölçülen ortalama 1.59 m/s yıllık

rüzgar hızının ekonomik olarak rüzgar türbini işletmeye uygun olmadığını ortaya koymuştur (Aybek, Arslan ve Yıldız, 2000). Kahramanmaraş ili Ilica ilçesinde bulunan jeotermal kaynaklar ise düşük sıcaklıklı kaynak grubuna girmekte, ısıtma-soğutma sistemlerinde kullanılma ve elektrik elde etme potansiyeli taşımamaktadır (URL-56).

Elde edilen bu veriler örnek terminal binasında jeotermal ısıtma-soğutma sistemlerinin ve rüzgar enerjisi sistemlerinin ekonomik olarak uygulanabilir olmadığını göstermiş ve bu doğrultuda bir öneri geliştirilmemiştir.

DK7: Konum ve ulaşım

Kahramanmaraş Havalimanı şehir merkezine 5 km mesafede, sürekli trafik akışına, verimli ve yeterli kapasitede ulaşım imkanlarına sahip bir arazide konumlanmıştır. Havalimanının kolay ulaşılabilir olması bina kullanıcılarının bireysel araç kullanımından toplu ulaşımaya yönelmesinde etkili olmuştur.

DK 7-TTH: Toplu taşıma hizmetine erişim

Havalimanına ulaşım belediyeye ait yolcu servis otobüsleri, şehir içi toplu taşıma otobüsleri, özel servis araçları, taksi ve araç kiralama ile sağlanmaktadır. Uçak iniş seferleri ile eş zamanlı olarak gerçekleştirilen yolcu servisleri ile yolcular şehir merkezine ulaşabilmektedir. Havalimanının şehir merkezini yakınında konumlanmış olması ve şehir toplu taşıma ağlarıyla entegre ulaşım planması yolcu ve personelin yapıya ulaşımını kolaylaştırmaktadır. Şehir içi toplu taşıma otobüsleri ve havalimanı özel servis araçları taşıt yolunda oluşturulan yolcu indirme-bindirme cebi, terminal binası ana giriş kapısına 10 m mesafede bulunmaktadır. Terminal ana giriş saçağı ise yolcu bekleme alanlarını tanımlı hale getirmekte, bekleme sürecinde konforlu ve korunaklı bir alan sağlamaktadır (Resim 4.9).

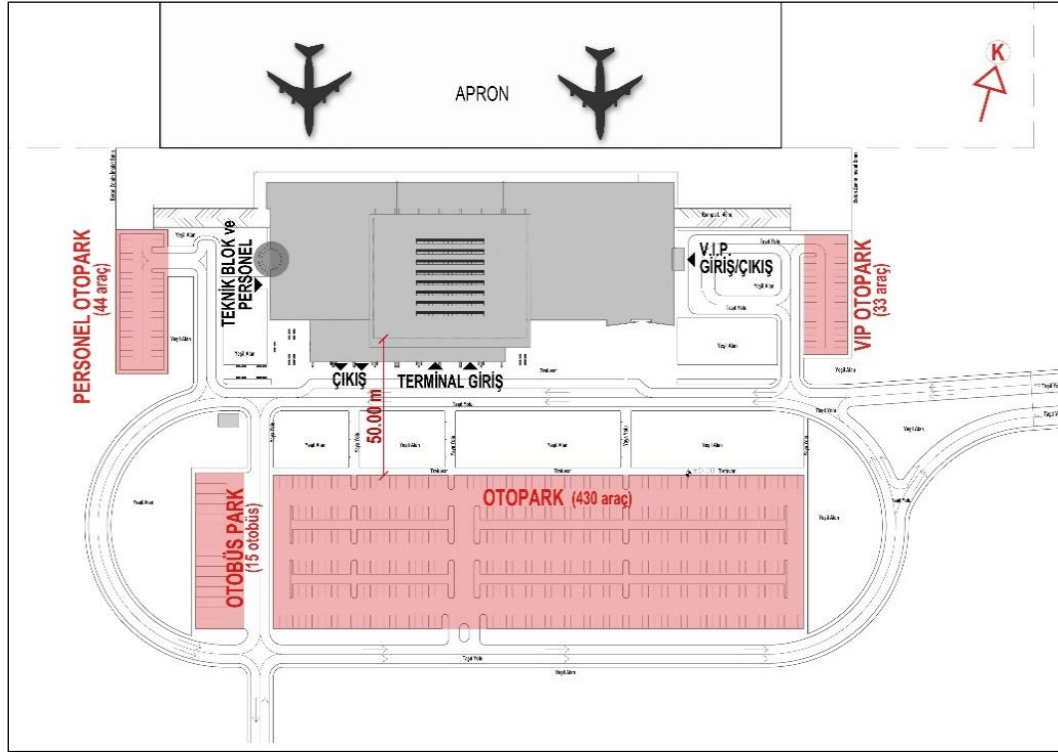


Resim 4.9. Toplu ulaşım araç durağı ve korunaklı bekleme alanı

DK 7-O: Otopark sayısı

Kahramanmaraş Havalimanı terminal binası 14.500 m²'lik alana sahip açık otopark alanına sahiptir. Alan; 430 araçlık ziyaretçi otoparkı, 44 araçlık personel otoparkı, 33 araçlık VIP otopark alanı ve 15 araçlık otobüs parkından oluşmaktadır (Şekil 4.16). Ziyaretçi otopark alanının terminal binası ana giriş kapısına uzaklığı ise 50 metredir.

Havalimanı arazisi içerisinde terminal binasının kullanımı için tasarlanan otopark alanı DHMİ tarafından proje yapım aşamasında ihtiyaç programında belirtilen sayı doğrultusunda planlanmıştır.



Şekil 4.16. Kahramanmaraş havalimanı terminal binası otopark alanlarının yerleşimi

Yürürlükte olan 30340 sayılı Otopark yönetmeliğinin; yerleşim alanlarında otopark aranması gereken kullanım çeşitleri ve bunlara ait en az otopark miktarları isimli Ek-1 tablosunda havalimanı terminal binalarında uyulması gereken asgari otopark sayısı ile ilgili bir yönlendirme yapılmamıştır. Yönetmeliğin ikinci bölümü 8. maddesinde, Ek-1’de bulunan tabloda yer almayan kullanım türlerine ilişkin otopark sayıları, varsa öncelikle ulusal/uluslararası standartlara uygun olarak veya tabloda yer alan benzer kullanımlar dikkate alınarak idaresince belirleneceği belirtilmiştir.

Yapılan araştırmalar ve ilgili kuruluşlar ile gerçekleştirilen görüşmeler sonucunda ulusal ve uluslararası havacılık standartlarında, havalimanı terminal binaları otopark sayısı hesaplamaları ile ilgili herhangi bir yönlendirme bulunmadığı saptanmıştır. Bu doğrultuda otopark yönetmeliğinin ilgili maddesine göre, Ek-1 tablosunda yer alan kamu kurum ve kuruluşları ile kamuya yararlı diğer kuruluşlar kullanım çeşidi kabul edilmiştir. Bu kullanım çeşidine dahil edilen yapılarda kapalı inşaat alanının her 75 m²’si için 1 araçlık otopark alanı ayrılması zorunluluğu bulunmaktadır.

Ayrıca Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ve DHMİ tarafından yaptırılan ve/veya işletilen 16 farklı havalimanı terminal binası kapalı inşaat alanı bilgisi ve otopark sayıları araştırılmıştır. Çizelge 4.9’da havalimanı terminal binalarında kaç metrekarelik kapalı inşaat alanına bir araçlık otopark alanı ayrıldığı hesaplanmış ve ortalama alan bilgisine ulaşılmıştır. Bu hesaplama göre 73,17 m²’lik alan başına 1 araçlık otopark alanı ayrılması uygun görülmektedir.

Çizelge 4.9. 16 adet havalimanı terminal binasının otopark sayılarının kapalı inşaat alanlarına oranı

Havalimanı İsmi	Kapalı İnşaat Alanı	Otopark Sayısı	Şehir Merkezine Uzaklığı	Toplu Ulaşım İmkânı	Kapalı İnşaat Alanı /Otopark Sayısı
Batman Havalimanı	20.741 m ²	350	7 km	Var	59,26 m ²
Sivas Nuri Demirdağ Havalimanı	20.047 m ²	356	23 km	Var	56,31 m ²
Mardin Havalimanı	33.150 m ²	701	13 km	Var	47,28 m ²
Edremit Koca Seyit Havalimanı	23.600 m ²	274	6 km	Var	86,13 m ²
Erzincan Yıldırım Akbulut Havalimanı	27.132 m ²	334	7 km	Yok	81,23 m ²
Elazığ Havalimanı	16.400 m ²	203	12 km	Var	80,78 m ²
Çanakkale Havalimanı	11.400 m ²	196	5 km	Var	58,16 m ²
Adıyaman Havalimanı	23.011 m ²	295	22 km	Yok	78 m ²
Kars Harakani Havalimanı	35.946 m ²	300	6 km	Var	119,82 m ²
Hatay Havalimanı	46.826 m ²	305	27 km	Yok	153,52 m ²
Konya Havalimanı	24.175 m ²	520	18 km	Var	46,49 m ²
Kayseri Erkilet Havalimanı	22.000 m ²	444	6 km	Var	49,54 m ²
Bursa Yenişehir Havalimanı	12.716 m ²	152	50 km	Var	83,65 m ²
Ordu- Giresun Havalimanı	20.250 m ²	289	16-28 km	Yok	70,06 m ²
Trabzon Havalimanı	23.745 m ²	385	7 km	Yok	61,67 m ²
Gaziantep Havalimanı	22.790 m ²	585	20 km	Var	38,95 m ²
Ortalama Kapalı İnşaat Alanı /Otopark Sayısı					73,17 m ²
Kahramanmaraş Havalimanı	22.330 m ²	474 (ziyaretçi ve personel otoparkı)	5 km	Var	47,10

Çizelge 4.19’da elde edilen Ortalama Kapalı İnşaat Alanı /Otopark Sayısı= 73,14 m² değeri ile otopark yönetmeliğindeki kamu kurum ve kuruluşları ile kamuya yararlı diğer kuruluşlar kullanım çeşidi için belirtilen asgari otopark sayılarının örtüştüğü saptanmıştır. Kahramanmaraş havalimanı asgari otopark sayısı belirlenirken kapalı inşaat alanının her 75 m²’si için 1 araçlık otopark alanı ayrılması önerilmektedir. Bu hesaplama doğrultusunda örnek havalimanı için asgari otopark sayısının 298 (254 ziyaretçi, 44 personel otoparkı) olması ve açık otopark alanının bu sayı doğrultusunda yeniden planlanması önerilmektedir.

Mevcut havalimanında açık otopark alanından ücretli olarak yararlanılmaktadır. Bu uygulama bireysel araçların kullanımı yerine toplu ulaşımın tercih edilmesinde teşvik edici rol oynamaktadır.

Asgari sayıya göre planlanacak yeni açık otopark alanında, araç sayısının %1'i kadar paylaşımlı araç otoparkı ayrılması önerilmektedir. Bu uygulama Türkiye'de henüz yeni gelişmeye başlamış bir uygulamadır. Bir aracın birçok kişiye kiralanarak ortak kullanımına dayanan sistem ile, araç doluluk oranları artırılması ve trafikteki araç sayısı azaltılması, aynı sayıda kişinin daha az araç ve yakıtla taşınması ve böylelikle egzoz emisyonlarının düşürülmesi ve ekonomik fayda sağlanması amaçlanmaktadır. Havalimanında yeniden planlanacak 298 araçlık otopark alanında 3 araçlık paylaşımlı araç otoparkı ayrılması önerilmektedir.

Enerji verimliliği odaklı sürdürülebilir havalimanı terminal binası tasarım kılavuzunda açık otopark alanlarının en az %75'inde yeşil çatı uygulaması, SRI değeri en az 39 olan malzeme kullanımı veya güneş kolektörleri, rüzgâr tribünleri, PV paneller ile üst örtü oluşturulması önerilmiştir. Mevcut açık otopark alanında tasarlanacak üst örtü sayesinde araçlar için korunaklı gölgelik alanlar sağlanabilir aynı zamanda PV panellerin yerleşimi için ek ve fonksiyonel bir alan oluşturabilir. Yarı açık otopark üst örtüsü olarak Resim 4.10'daki örnekte görüldüğü gibi projeye dahil edilecek PV paneller ile elektrikli araçlar için gerekli altyapının ve şarj noktalarının elektrik enerjisi talebi de karşılanabilmektedir. Ayrıca açık otopark alanının en az %75'lik kısmına eklenecek üst örtünün yansıtıcı özellikte olan PV panellerle kaplanması, geçirimsiz ve sert zemin kaplamasının oluşturacağı ısı adası etkisini azaltacak ve yapı yakın çevresinde oluşacak yüksek ısı yoğunluğunu düşürerek enerji korunumu sağlayacaktır.



Resim 4.10. Açık otopark alanlarında PV panellerden oluşan üst örtü önerisi (URL-57)

DK 7-B: bisiklet ulaşım olanakları

Havalimanlarına ulaşımında alternatif yakıt veya enerji kullanan araçlar ve bisiklet kullanımının desteklenmesi, geleneksel yakıtlı araç kullanımının sebep olduğu karbondioksit salınımlarını azaltmakta ve daha çevreci bir ulaşım imkanı sağlamaktadır. Bisiklet kullanımını artıracak altyapıların ve kolaylıkların sağlanması havalimanlarında sıklıkla karşılaşılan çevreci ve ekonomik bir yaklaşımdır. Havalimanı içerisinde bisiklet yolları için alanlar tanımlanması ve özel park yerleri ayrılması havalimanı çalışanlarını bisikleti ulaşım aracı olarak kullanmaya teşvik edecektir.

Kahramanmaraş Havalimanı, şehir merkezine uzaklığı ve ulaşım yollarının bisiklet kullanımına engel teşkil etmeyecek eğimde oluşu ile bisiklet ulaşımı için uygundur Enerji verimliliği odaklı sürdürülebilir havalimanı terminal binası tasarım kılavuzu çerçevesinde bisikletle ulaşım olanakları başlığı altında, bina ana girişine en fazla 180 m mesafede, toplu taşıma duraklarına bağlanan bisiklet ulaşım ağı ve kılavuz çerçevesinde belirtilmiş kullanıcı sayılarına göre planlanacak bisiklet park alanlarının projeye dahil edilmesi önerilmektedir.

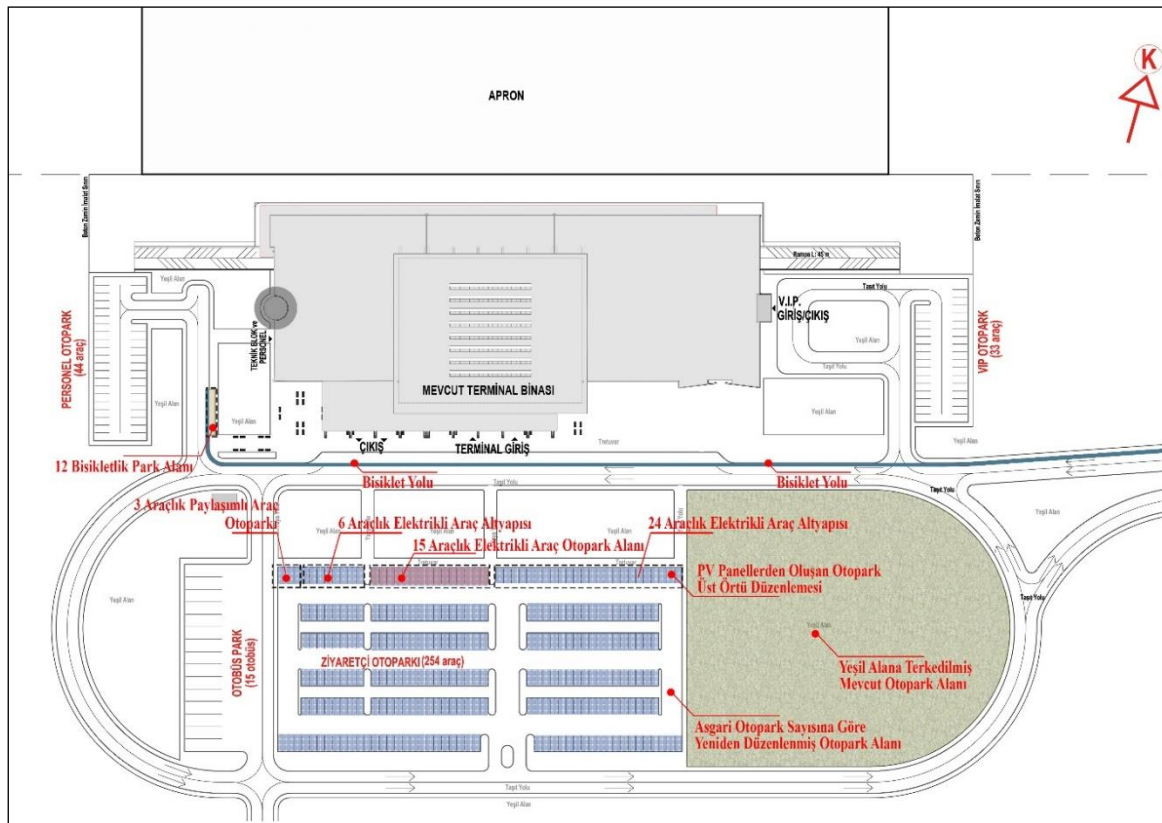
Kahramanmaraş Havalimanı terminal binasında bisiklet ulaşımını ağırlıklı olarak terminal çalışanlarının kullanacağı düşünülmektedir. Terminal binası mekan planlaması göz önünde bulundurulduğunda; idari ofisler, bilet satış bankoları, araç kiralama, kafeterya gibi ticari alanlar, havayolu operasyonları alanlarında en fazla 150 çalışan olacağı saptanmıştır. Kılavuz kısa süreli kullanımlar için ana girişe en fazla 60 m mesafede ve bina kullanıcı sayısının %2,5'i oranında bisiklet park alanı, uzun süreli kullanımlar için ise ana girişe en fazla 90 m mesafede ve bina kullanıcı sayısının %5'i oranında bisiklet park alanı, ayrılması tavsiye edilmiştir. Terminal binası için, personel girişine uygun mesafe gereklerinin karşılayacak alanlarda kısa süreli kullanımlar için 4, uzun süreli kullanımlar için ise 8 bisiklet otopark alanı oluşturulması önerilmektedir.

DK 7-EA: Elektrikli araç kullanımının teşviki

Mevcut terminal binası otopark alanında elektrikli araç kullanımı için herhangi bir altyapı sistemi hazırlanmamıştır. Kılavuz çerçevesinde Tüm otopark alanının %5'ine veya en az 2 park yerine (hangisi daha büyükse) elektrikli araçlar için şarj istasyonları kurulumu ve gelecekte oluşacak ihtiyaçları için tüm otopark alanının %10'u veya en az 6 otopark alanında

(hangisi daha büyükse) elektrikli araç altyapı sistemi kurulumu önerisi getirilmiştir. bu öneri doğrultusunda terminal binası otoparkında elektrikli araçlar için 15 araçlık park yeri ayrılmalı, şarj istasyonları kurulmalıdır. Gelecekte oluşacak ihtiyaca yönelik ise 30 otopark alanına gerektiğinde kullanılmak üzere uygun altyapı sistemi hazırlanmalıdır. Elektrikli araçlar için ayrılmış otopark alanları ulaşımı kolay yerlere konumlandırılmalı ve otopark ücretlendirmesinde indirimler sağlanmalı böylelikle elektrikli araç kullanımı teşvik edilmelidir.

Enerji verimliliği odaklı sürdürülebilir havalimanı terminal binası tasarım kılavuzu konum ve ulaşım değerlendirme konuları göz önünde bulundurularak öneri vaziyet planı oluşturulmuştur (Şekil 4.17). Öneri vaziyet planında otopark sayısı asgari sayıya göre yeniden planlanmış, önerilen sayıda ve nitelikte elektrikli araç ve paylaşımlı araç park yerleri belirlenmiş, bisiklet yolu ve park alanı planlaması yapılmıştır.



Şekil 4.17. Kahramanmaraş Havalimanı terminal binası öneri vaziyet planı çalışması

DK8: İç mekan çevre kalitesi

Kılavuz çerçevesinde iç mekan çevre kalitesi başlığı altında terminal yapılarının iç mekanlarında uygun görsel konfor şartlarının enerji etkin tasarımından ve iyileştirilmesinden bahsedilmiştir.

Terminal binasında saydamlık oranının en fazla olduğu cephe olan apron cephesinde düşük kotta tasarlanmış 3,50 m genişliğinde çelik konstrüksiyon saçak ile parlama kontrolü sağlanmış ve iç mekan görsel koşulları iyileştirilmiştir. Saçakta oluşturulan 1,80x 2,20 m ebatlı boşluklarla iç mekan parlamaları engellenirken, yapının doğal ışıktan yararlanmasına imkan sağlanmıştır. Yapının merkezinde bulunan check-in salonu üst örtüsündeki çatı ışıklıklarında parlama kontrolü için ise baffle sistem asmatavandan yararlanılmıştır.



Resim 4.11. İç mekan parlama kontrolü çözümleri (URL-58)

Örnek terminal binasında yapay aydınlatma için enerji tasarruflu LED aydınlatma elemanları kullanılmıştır. Kullanılan tüm iç aydınlatma elemanları en az 65 lümen/watt değerinde enerji verimliliğine sahiptir. Yapıda ıslak hacimlerin tümünde hareket sensörleri bulunmaktadır. Binanın geriye kalan hacimlerde ise gün ışığı sensörleri ile bağlantılı ortam aydınlık seviyesine ve harekete duyarlı varlık sensörleri bulunmaktadır.

Çizelge 4.10'da alan çalışması olarak seçilen Kahramanmaraş Havalimanı terminal binasında mevcutta var olan ve enerji verimliliği odaklı sürdürülebilir havalimanı terminal binası tasarım kılavuzu çerçevesinde geliştirilen öneri enerji verimliliği uygulamaları verilmektedir.

Çizelge 4.10. Kahramanmaraş Havalimanı var olan ve kılavuz kapsamında önerilen uygulamalar

Değerlendirme Konuları	Projede Var Olan Uygulamalar	Kılavuz Çerçevesinde Önerilen Enerji Verimliliği Uygulamaları
DK1: Arazi Kullanımı		
Sert zemin-yeşil alan dengesi	Açık renkli dış alan sert zemin kaplama malzemesi seçimi (tretuvar, otopark, taşıt yolu) (açık gri granit plak kaplama)	- Geçirgen, gözenekli malzeme kullanımı - Açık ızgara sistemi - Yeni yeşil alan tasarımı ile yeşil alan oranının artırılması
Dış mekan aydınlatma tasarımı	Otopark, taşıt yolu, V.I.P bölümü girişinde enerji verimli dış aydınlatma tasarımı	- Ana girişin enerji verimli dış aydınlatma elemanları ile desteklenmesi - Toplu taşıma duraklarının aydınlatma elemanları ile vurgulanması
Dış mekan gölgeleme elemanları	- Geniş giriş saçağı tasarımı - Peyzaj alanlarında palmiye ağacı	- İklima uygun gölge veren yapraklı ağaç önerisi - Yapay gölgeleme elemanları (üst örtüsü SRI değeri en az 0,28 veya PV panel) - Açık otopark alanında üst örtü tasarımı (üst örtüsü SRI değeri en az 39, PV panel, yeşil çatı)
DK2: Bina Yönelimi		
	Kuzeye 16° açıyla konumlanma	-
DK3: Bina Formu		
	- Kompakt form - Güney cephede tasarlanan geniş saçakla güneş kontrolü sağlanması	- Check-in ve bekleme salonunun üst örtüde tasarlanacak açılır kapanır sistemle iç avluya dönüştürülmesi - İç avlunun peyzaj ve bitkilendirilmiş cephe uygulamaları ile desteklenmesi
DK4: Bina Kabuğu		
Opak yüzeyler	- Dış duvar, çelik çatı, zemin döşemesinde TS 825 2. Bölge değerlerine göre uygun U değeri - Açık renkli dış cephe kaplama malzemesi - Uygun detay çözümleri ile sızdırmazlık sağlanması - Uygun detay çözümü ile ısı köprüsü oluşmasının engellenmesi	- Betonarme teras çatı bileşeni uygun U değeri için ısı yalıtımı iyileştirmesi - Uygun U değerinin %25-50 oranında iyileştirilmesi için yalıtım uygulamaları - Mineral esaslı yalıtım malzemesi uygulama önerisi
Saydam yüzeyler	- TS 825 2. Bölge değerlerine göre uygun olmayan U değeri - Uygun detay çözümleri ile sızdırmazlık sağlanması	Saydam yüzeylerde uygun U değeri sağlanması için çift cam arası argon gazı uygulanması
Sistem çözümleri	Soğuk çatı	- Yeşil çatı - Yeşil cephe

Çizelge 4.10. (devam) Kahramanmaraş Havalimanı var olan ve kılavuz kapsamında önerilen uygulamalar

Genel hususlar	- Yeterli doğal aydınlatma sağlanması için zemin alanının %15'i oranında pencere açıklığı - Atriyum ve galeri boşlukları ile doğal aydınlatmadan yararlanma - Çatı ışıklıkları ile doğal aydınlatma - Çatı kotuna yakın bant pencereler ile doğal aydınlatma - Düşük eğimli çatılarda ilk SRI değeri min. 82 olan malzeme kullanımı - Dik eğimli çatılarda ilk SRI değeri min. 39 olan malzeme kullanımı	-
DK5: Gölgeleme Elemanları		
	- Güney cephede geniş saçak - Doğu ve batı cephelerde yatay güneş kırıcı eleman (uygun değil) - Kuzey cephede saçak	- Güney cephede yatay hareketli güneş kırıcı eleman - Doğu ve batı cephelerde dikey güneş kırıcı eleman
DK6: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Tasarımı		
	Teras çatıda güneş kolektörleri	- Teras çatı- PV panel - Giriş saçağı- PV panel - Güney cephe, giydirme cephe- yarı geçirgen PV panel
DK7: Konum ve Ulaşım		
Toplu taşıma hizmetine erişim	- Ana girişe 10 m mesafede otobüs durağı - Servis ulaşım araçları ve bekleme alanları	-
Otopark sayısı	- Asgari otopark sayısının üzerinde otopark alanı (430 araçlık) - Ücretli otopark alanı	- Asgari sayıda otopark planlaması (298 araçlık) - Fazla otopark alanının yeşil alana dönüştürülmesi 3 araçlık paylaşımlı otopark alanı - Otopark alanının %75'lik kısmında üst örtü (PV panel veya yeşil çatı üst örtülü)
Bisiklet ulaşım olanakları	-	- Toplu ulaşımına bağlanan bisiklet yolu - Kısa süreli kullanım için 4, uzun süreli kullanım için 8 bisiklet park alanı (girişe 45 m mesafede)
Elektrikli araç kullanımının teşviki	-	15 elektrikli araç park yeri 30 elektrikli araç altyapısı - Park yerlerinin girişe yakın konumlandırılması - Elektrikli araçlar için otopark ücretlerinde indirim sağlanması
DK8: İç Mekan Çevre Kalitesi		
	- LED aydınlatma elemanları - Hareket ve varlık sensörleri - Düşük kotta tasarlanan saçaklar ile parlama kontrolü (güney ve kuzey cephede) - Check-in salonu baffle asmatavan ile çatı ışıklıkları için parlama kontrolü sağlanması	

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yaşanan teknolojik gelişmelerle ve yaşam biçiminin değişmesiyle enerjiye olan bağımlılık gün geçtikçe artmakta ve yaşamsal faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi için enerjiye neredeyse her alanda ihtiyaç duyulmaktadır. Fosil kökenli kaynaklardan elde edilen enerjinin sınırsız ve sürdürülebilir olmaması, çevre üzerinde yarattığı olumsuz etkilerin farkına varılmasıyla alternatif enerji kaynakları gündeme gelmiş ve enerji verimliliğine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Yapı sektörünün enerji ve kaynak tüketimindeki büyük payı, enerjinin ve etkin kullanımına yönelik uygulamaların yapı sektöründe karşılık bulmasına sebep olmuştur.

Havalimanı terminal binaları mimari karakteristiği, işletim sistemleri gereği sürekli faaliyet göstermeleri sebebiyle yapım ve işletim süreçlerinde başta elektrik olmak üzere büyük miktarlarda doğal kaynak ve enerji tüketmektedir. Sivil havacılığın sürekli olarak gelişme gösterdiği gerçeği göz önüne alındığında zamanla sayılarının ve kapasitelerinin artacağı öngörülen havalimanı terminal binalarında enerji verimli yaklaşımların uygulanmasının önemi açıkça görülmektedir. Enerji tüketimindeki payı ve bu payın azaltılması için sahip olduğu yüksek potansiyel sebebiyle havalimanı terminal binaları tez çalışması kapsamında ele alınmıştır. Enerji etkin bir havalimanı terminal binası tasarlamak için değerlendirilmesi gereken konular ve uygulanabilecek enerji verimliliği yaklaşımları belirlenirken sistematik bir yaklaşım izlenmiştir.

Tez kapsamında öncelikle enerji verimli bina tasarım parametreleri ele alınmıştır. Avrupa Birliği ve Türkiye’de enerji politikalarının gelişimi kronolojik olarak incelenmiş, terminal binalarının değerlendirilmesinde kullanılan sertifika sistemlerinin enerji verimliliği yaklaşımları ve bu sistemlerin referans olarak kullandığı enerji standartlarına değinilmiştir. Havalimanı terminal binası tasarım yaklaşımları ve terminal binalarının enerji tüketim alanları ortaya konmuş, havacılık kuruluşlarının terminal binalarında enerji verimliliği ile ilgili yayınladıkları kaynaklar incelenerek elde edilen veriler değerlendirilerek tablolastırılmıştır. Enerji verimliliği odaklı sertifikasyona tabii on terminal binası analiz edilerek uygulanan enerji verimliliği stratejilerinin ortaya konduğu bir tablo hazırlanmıştır. Sistematik literatür taramasıyla elde edilen verilerin analizi, değerlendirilmesi ve tasnif edilmesiyle çalışmanın veri tabanı elde edilmiştir. Elde edilen veri tabanına dayalı, iklim

bölgesinin de gözetildiği bir yaklaşımla tasarım sürecinde dikkate alınması gereken değerlendirme konularını, sınırlılıkları ve önerileri ortaya koyan enerji verimliliği odaklı sürdürülebilir havalimanı terminal binası tasarım kılavuzu geliştirilmiştir.

Alan çalışması olarak sıcak kuru iklim bölgesinde yer alan Kahramanmaraş Havalimanı terminal binası seçilmiştir. Örnek bina, iklim bölgesi koşullarına bağlı olarak oluşturulan kılavuzda yer alan sekiz farklı ana değerlendirme konusu ve alt başlıkları doğrultusunda değerlendirilmiştir. Öncelikli olarak mevcut durum tespiti yapılmış, kılavuz çerçevesinde eksik veya yetersiz olduğu tespit edilen tasarım konularında uygulama önerileri geliştirilmiştir.

Terminal binalarında enerji tüketiminin büyük bir kısmı iklimsel konfor koşullarını sağlamak amacıyla, mekanların ısıtılması, soğutulması ve havalandırılması için harcanmaktadır. Bu bağlamda mimari karakteristikleri gereği geniş yüzey alanına sahip terminal binalarında bina kabuğu tasarımının öncelikli önem kazandığı görülmektedir. Terminal binalarında enerji etkinliğini sağlamak için yapı kabuğunun optik ve termofiziksel özelliklerinin iklimsel bölgelere uygun tasarlanması gerekliliği öne çıkmaktadır. İç ve dış ortam arasındaki ısı transferini önlemek, bina kabuğu aracılığıyla güneşten kazanılan ısıyı optimize etmek ve yapının ısıtma, soğutma ve havalandırma yüklerini dengeleyerek iklimlendirme ihtiyacı için gereken enerji miktarını optimize etmek gerekmektedir.

Havalimanı terminal binalarının enerji verimliliği sadece binayla sınırlı kalarak değerlendirilmemeli, yapı yakın çevre tasarımı ve ulaşım planlaması da enerji etkin tasarım kapsamında ele alınmalıdır. Terminal binalarında enerji korunumu sağlamak için alınan tasarım kararlarının yanında yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji üretimini sağlayacak uygulamalarda yapılmalıdır. Bu çerçevede enerji etkin bir havalimanı terminal binası tasarımında Enerji verimliliği odaklı sürdürülebilir havalimanı terminal binası tasarım kılavuzunda da detaylı olarak belirtildiği üzere şu uygulamalara dikkat edilmelidir;

- Geniş araziler üzerinde kurulan ve doğal araziye müdahalesi fazla olan havalimanı yerleşkelerinde doğal yer örtüsünün yerini alan yapısal peyzaj elemanlarının ve sert zemin alanlarının sebep olacağı ısı adası etkisini azaltmak için önlemler alınmalıdır.

- Arazi sınırları içinde planlanan açık otopark alanları, iç bağlantı yolları, yaya yolları gibi sert zeminlerin kaplama malzemelerinde açık renkli, yüksek yansıtıcılığa sahip malzemeler seçilmelidir.
- Dış alan tasarımında sert zemin ve yeşil alan dengesi doğru bir şekilde kurgulanmalı; geçirimsiz yüzey alanları mümkün olduğunca az tutulmalıdır. Dış mekan kaplama malzemelerinde yaya kullanımını fonksiyonel olarak zorlaştırmayacak açık ızgara döşeme sistemi tercih edilmeli veya gözenekli, geçirgen malzemeler kullanılmalıdır.
- Isı adası etkisini azaltmak için mevcut ağaçların gölgelerinde faydalanılmalıdır. Eğer yeni ağaç dikilecekse bölgesel iklim şartlarına uygun, fazla bakım gerektirmeyen ve sulama ihtiyacı az olan ve dikiminden sonra beş yıl içinde gölge verecek yerel ağaç türleri seçilmelidir. Seçilecek ağaç türlerinin FAA'nın havalimanlarında kullanım için uygun olduğunu listelediği, vahşi yaşamı çekmeyen ve böylelikle uçuş güvenliğini riske sokmayan türlerden olmasına özellikle dikkat edilmelidir. Dikilecek yeni ağaçların mania oluşturmaması sağlanmalıdır.
- Uygun iklim bölgelerinde dış mekanda doğal gölge sağlayan ağaçların yanı sıra yapay gölge alanları da oluşturulmalıdır. Tasarlanacak dış mekan gölge elemanları ile dış mekanda uygun konfor koşulları sağlanabilir ve gölgeleme etkisi ile ısı adaları azaltılırken enerji tüketimi de dengelenebilir. Bu elemanların tasarımıyla yapıya estetik değer katması ve kullanıcılar için tercih edilen, kullanışlı alanlar oluşturması da hedeflenmelidir. Dış mekan gölgeleme elemanlarının çatı kaplamaları veya üst yüzeyleri yüksek yansıtıcılığa sahip malzemelerle kaplanmalıdır. Bu yüzey alanları, PV paneller, rüzgar türbinleri gibi yenilenebilir enerji sistemlerinin yerleşimleri için bir platform olarak kullanılarak ikincil bir fonksiyon kazandırılarak enerji kazanımı sağlanabilir.
- Havalimanlarında dış mekan aydınlatma tasarımı yapılırken, gün ışığının yetersiz olduğu zaman dilimlerinde uygun görsel koşulların, yön bulmanın ve çevreyi algılamının sağlanması, güvenlik gerekliliklerinin karşılanması için gerekli olan aydınlatma şiddetinin belirlenmesi ve uygun şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Gereğinden fazla şiddette ve sayıda aydınlatma elemanının oluşturacağı aydınlatma kirliliğinden kaçınılmalı ve uçuş güvenliğini tehlikeye atacak ışık yansımalarının elimine edileceği tasarımlardan yapılmalıdır. Dış aydınlatma tasarımında enerji verimli, ekonomik, ışık kirliliğine yol açmayacak ve CO2 salınımları düşük aydınlatma elemanları kullanılmalıdır. Dış alanların aktif olarak kullanıldığı zaman dilimine göre planlanacak

bir otomasyon sistemiyle aydınlatma yapılacak süre belirlenmeli, bu süre dışında sistem devre dışı bırakılmalıdır.

- Havalimanlarında toplu taşıma durakları, bina girişleri gibi yolcuların aktif olarak kullandığı alanlar güvenlik ve rahatlık için aydınlatılarak, vurgulanmalıdır.
- Havalimanlarında terminal binalarının konumunu ve yönelimini, pist ve apron alanlarının yerleşimi belirlemektedir. Terminal binasının aprona yakın, doğrudan ilişkisinin kurulmuş ve genellikle paralel olarak konumlanması gereği, yapı yöneliminin öncelikli olarak iklimsel verilerin göz önüne alınarak yapılmasına olanak sağlamayabilir. Bu gibi durumlarda optimum bir çözüm bulunmalı, iklim bölgesine göre yapının öncelikli ihtiyacı saptanmalı (soğutma, ısıtma) ve tasarım kararları bu yönde alınmalıdır.
- Bina formu belirlenirken terminal binasının tasarlanacağı alanın iklimsel verileri dikkate alınmalıdır. Soğuk iklim bölgelerinde dış yüzey alanını ve rüzgarın etkisini azaltan kompakt ve eğrisel formlar tercih edilerek ısı kayıpları minimize edilmelidir. Ilıman nemli iklim bölgelerinde geniş cephe yüzeyi hakim rüzgar yönüne konumlandırılmış dikdörtgen formlar seçilerek, nemin konfor koşulları üzerindeki olumsuz etkisi engellenmeli, geniş saçaklar ve güneş kontrol elemanlarıyla güneşin istenmeyen etkilerinden korunulmalıdır. Ilıman kuru iklim bölgesinde kompakt formlu yapılar, saçak ve güneş kontrol elemanlarıyla desteklenmelidir. Sıcak nemli iklim bölgelerinde form tasarımı nemden ve güneşten korunmak üzerine geliştirilmeli, geniş cephe yüzeyi hakim rüzgar yönüne bakan ve hakim rüzgarı yapı içine alan formlar kullanılmalıdır. Güneş kontrolü için saçak ve güneş kontrol elemanlarından faydalanılmalıdır. Sıcak kuru iklim bölgelerinde ise dışa kapalı kompakt avlulu formlar tercih edilmeli, güneş kontrolü için saçak tasarımları ve güneş kontrol elemanları planlanmalıdır.
- Bina kabuğu; geniş taban ve yüzey alanına sahip, saydamlık anlayışının önde tutulduğu yaklaşımlarla tasarlanan terminal binalarında enerji performansını doğrudan etkilemektedir. Bina kabuğunun opak yüzeylerinde iklim tipine uygun termofiziksel özelliklere sahip bileşenler kullanılmalıdır. Tüm iklim tiplerinde dış duvarlar, çatı, temel ve zemine oturan döşemeyi kapsayacak şekilde ısı yalıtım uygulamaları yapılmalıdır. Yapılacak ısı yalıtım uygulamalarıyla yapı kabuğunun opak bileşenleri için iklim bölgesine uygun ilgili standart ve düzenlemelerde belirtilen U değeri sağlanmalıdır. Yapıda enerji korunumunu artırmak için önerilen U değerini %25-50 oranında azaltacak ısı yalıtım çözümleri geliştirilebilir. Bina kabuğunda ısı köprüsü oluşumuna izin vermeyecek uygun detay çözümleriyle sızdırmazlık sağlanmalıdır. Yalıtım malzemeleri

seçilirken petrol kökenli XPS, EPS (polistiren köpük) gibi malzemeler yerine taşıyünü, camyünü gibi mineral esaslı malzemeler tercih edilmelidir.

- Bina kabuğu opak yüzeylerinde soğuk iklim bölgelerinde koyu renkler tercih edilerek güneşin ısıtıcı etkisinden faydalanılmalı, sıcak iklim tiplerinde ise açık ve yansıtıcı renkler tercih edilerek güneşten ısı kazanımı engellenmeli, opak bileşenlerin solar ısı kazanım katsayısı %50 oranında azaltılmalıdır. Ilıman iklim tipinde ise opak yüzeylerde nötr renkler tercih edilmelidir.
- Düşük eğimli çatı yüzeylerinde ilk SRI değeri 82, yıllanmış SRI değeri 64 olan malzeme, dik eğimli çatılarda ilk SRI değeri 39, yıllanmış SRI değeri 32 olan malzeme kullanılarak güneş ışınları yansıtılmalı ve güneşten ısı kazanımının önüne geçilmelidir.
- Sıcak nemli ve sıcak kuru iklim bölgelerinde duvar ve zemin alanlarının en az %70'inde taş, tuğla, beton gibi yüksek ısıl kütleye sahip malzemeler kullanarak, iç ortam sıcaklığının stabil kalması sağlanmalıdır.
- Bina kabuğunun saydam yüzeylerinde iklim bölgesine uygun ilgili standart ve düzenlemelerde belirtilen U değeri sağlanmalıdır. Cam seçiminde en az çift camlı ve ara boşluğu gazlı sistemler tercih edilmelidir. Pencere doğramalarında ise ısı geçirgenliği düşük, yalıtımlı ve sızdırmaz olanlar kullanılmalıdır. Cam seçimi yapılırken güneşin istenmeyen etkileri göz önünde bulundurularak ihtiyaca göre Low-e kaplamalı, renkli ve reflekte camlar seçilmelidir.
- Camlar konumlandırılırken ve cephe doluluk- boşluk oranları belirlenirken iklimsel veriler dikkate alınmalıdır. Soğuk iklim bölgelerinde rüzgara az yüzey veren cephelerde minimum boyutlarda tasarlanan pencere alanları ile ısı korunumu sağlanmalıdır. Ilıman nemli ve sıcak nemli iklim bölgelerinde karşılıklı konumlandırılmış pencereler ile doğal havalandırmadan faydalanmak ve nemin olumsuz etkisini yapıdan uzaklaştırmak amaçlanmalıdır. Ilıman kuru iklim tiplerinde pencereler rüzgardan korunum sağlanacak şekilde konumlandırılırken, sıcak kuru iklim bölgelerinde ise dış cephede minimumda, avlu yönünde büyük pencere alanlarıyla güneşten ısı kazanımı en aza indirilmelidir.
- Terminal binasında iç mekanda görsel konfor koşullarının sağlanmasında aydınlık hesaplamaları ve ölçümleri yapılmalı, düzenli olarak kullanılan her mekân için, sabah saat 9 ve öğleden sonra 3 saatlerinde aydınlık seviyesinin 300 ile 3000 lüks aralığında olduğu zemin alanı yüzdesi en az %55 olmalıdır. Doğal aydınlatmadan yeteri kadar yararlanabilmek için aydınlatılan mekanın zemin alanının %15'i oranında pencere alanı tasarlanmalıdır.

- Yapay aydınlatma sistemlerinde enerji verimli aydınlatma elemanları kullanılmalıdır. İç aydınlatma elemanlarının en az %80'i 65 lümen/Watt değerinde enerji verimli olmalıdır.
- Terminal binalarında; ılıman nemli, ılıman kuru, sıcak nemli ve sıcak kuru iklim bölgelerinde uygulanacak soğuk çatı uygulamaları ile geniş alana sahip çatı yüzeylerinden ısı kazanımı azaltılarak soğutma yükleri dengelenebilir ve enerji verimliliği sağlanabilir.
- Enerji etkin sistemlerden yeşil çatı, yeşil cephe ve çift kabuk cephe sistem uygulamalarının terminal binalarının tasarımına dahil edilmesiyle, ısı yalıtımı desteklenebilir, yapı kabuğunun ısı iletim katsayısı ve güneş ısı kazanç katsayısını düşürülerek, iç ortamın ısıl konforunu artırılır, ısı kayıpları azaltılarak enerji verimliliğine katkı sağlanabilir.
- Güneşten korunmanın optimize edilmesi için pencerelerde güneş kırıcı elemanlar kullanılmalıdır.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı bağlamında terminal binasının konumlanacağı bölgenin yenilenebilir enerji kaynağı potansiyelleri araştırılmalıdır. Güneş enerjisi sistemleri, jeotermal ısıtma ve soğutma sistemleri, rüzgar türbinleri terminal binalarında enerji elde etmek için kullanılabilir. Güneşlenme sürelerinin çok olduğu ülkemizde sıcak su kullanımı için terminal binası çatısında güneş kolektörleri yerleştirilmeli ve bu yolla yapının sıcak su ihtiyacı karşılanmalıdır. Çatı ve cephelerde binaya entegre olarak tasarlanacak PV panellerle elektrik enerjisi elde edilebilir. PV panellerden; güneş kırıcı eleman veya yarı geçirgen formlarda giydirme cephe elemanı olarak kullanımı ile elektrik elde etmenin yanında güneşten korunma amaçlı da yararlanılabilir. Soğuk iklim bölgelerinde kar ve buz depolama sistemleri ile apron, pist gibi yüzey alanlarında biriken karlar depolanıp yaz aylarında soğutma ihtiyacı için kullanılabilir.
- Havalimanının ulaşım için toplu taşıma imkanlarından yararlanma olanakları artırılmalıdır. Genel ulaşım sistemlerinden sorumlu kuruluşlarla iş birliği halinde olup, toplu taşıma ulaşım ağlarının havalimanına ve terminal binasına entegre olması sağlanmalıdır. Terminal binası ana giriş kapısından en fazla 400 m mesafede otobüs ve tramvay durakları planlanmalı, otobüs hızlı geçiş duraklarına, yolcu tren istasyonlarına, feribot terminallerine en fazla 800 m yürüme mesafesi ile erişilmelidir.

- Bina kullanıcılarının toplu ulaşım erişimi için servis ulaşım araçları ve ilgili altyapıları planlanmalıdır. Kullanıcıların toplu taşıma duraklarına güvenle ulaşımı sağlanmalı, engelli kullanıcılar için gerekli kolaylıklar projeye dahil edilmelidir.
- Terminal binasına bisikletle ulaşım teşvik edilmeli, bina girişine en fazla 180 m mesafede toplu taşıma duraklarına bağlanan bisiklet ulaşım ağı planlanmalıdır. Kısa süreli kullanımlar için Girişe en fazla 60 m mesafede bina ziyaretçi sayısının %2,5'u oranında bisiklet parkı, uzun süreli kullanımla içinse girişe en fazla 90 m mesafede bina ziyaretçi sayısının %5'i oranında bisiklet parkı tasarlanmalıdır.
- Geleneksel yakıtlı araçlar yerine alternatif yakıtlı araçların kullanımına öncelik verilmesi için gerekli altyapılar hazırlanmalıdır. Tüm otopark alanının %5'ine veya en az 2 park yerine (hangisi daha büyükse) elektrikli araçlar için şarj istasyonları kurulumu, Tüm otopark alanının %10'u veya en az 6 otopark alanında (hangisi daha büyükse) elektrikli araç altyapı sistemi kurulumu sağlanmalıdır. Elektrikli araçlar için ayrılmış park alanları girişe yakın konumlandırılarak ve otopark ücretlerinde indirimler sağlanarak alternatif yakıtlı araç kullanımı teşvik edilebilir.
- Havalimanlarında açık otopark sayısı en fazla yerel standart ve yönetmeliklerin belirlediği sayıda planlanmalıdır. Bu sayı tez çalışmasında kapalı inşaat alanının her 75 m²'si için 1 araçlık otopark alanı olarak belirlenmiştir.
- Toplam otopark sayısının en az %1'i kadar paylaşımlı araç otopark alanı ayrılmalıdır.
- Açık otopark alanlarının en az %75'inde yeşil çatı, güneş kolektörleri, PV paneller, rüzgar türbinleri veya SRI değeri en az 39 olan malzemeler kullanılarak üst örtü tasarlanmalı böylelikle sert zemin yüzeylerinde gölge alanlar sağlanarak ısı adası etkisi azaltılmalı ve enerji kullanımı dengelenmelidir.

Havalimanı terminal binalarının tasarımının bahsedilen uygulamaları kapsayan bir yaklaşımla ele alınmasıyla; daha az enerji ve kaynak tüketen, karbon ayak izi azaltılmış, çevreye duyarlı ve yenilikçi yapılar elde edilebilecektir.

KAYNAKLAR

- Akyüz, M. K. (2018). *Havalimanlarında Sürdürülebilir Enerji Yönetim Modeli*. Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 29-31.
- Akyüz, M. K., Altuntaş, Ö., ve Çay, V. V. (2017). Havalimanı Terminal Binalarında Isı Yalıtımı ve Isıcının Enerji Performansına Etkisi. *Journal of Aviation*, 1(1), 1-7.
- Akyüz, M. K., Altuntaş, Ö., and Söğüt, M. Z. (2017). Economic and Environmental Optimization of an Airport Terminal Building's Wall and Roof Insulation. *Sustainability*, 9(10), 1849.
- Akyüz, M. K., Kafalı, H., and Altuntaş, Ö. (2021). An Analysis on Energy Performance Indicator and GWP at Airports; A Case Study. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 43(19), 2402-2418.
- Alba, S. O., and Manana, M. (2016). Energy research in airports: A review. *Energies*, 9(5), 349.
- Anurag, A., Zhang, J., Gwamuri, J., and Pearce, J. M. (2017). General Design Procedures for Airport-Based Solar Photovoltaic Systems. *Energies*, 10(8), 1194.
- Aras, B. B. (2019). Kentsel Sürdürülebilirlik Kapsamında Yeşil Çatı Uygulamaları. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 469-504.
- Arıkan, C. N. (2021). *AB'nin '20/20/20' Hedeflerinin Türkiye'de Uygulanabilirliği Üzerine Bir İnceleme: Neredeyse Sıfır Enerjili Otel Binaları*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 46-60.
- Aslanöz, Ö. (2019). *Havalimanı Terminal Binası Tasarımında Form Oluşumu ve Kimliksel Arayışların İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Trabzon, 17-26.
- Ateş, S. S. (2008). *Havaalanı Master Planlaması Yaklaşımları ve Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 131-133.
- Aybek, A., Arslan, S., ve Yıldız, E. (2000). Kahramanmaraş'ta rüzgar enerjisi potansiyeli ve yörede kurulan bir rüzgar türbininden elde edilen mekanik enerji ve ısı enerjisinin karşılaştırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(1-2), 95-106.
- Ayçam, İ., ve Kınalı, M. (2013). Ofis Binalarında Yeşil Çatıların Isıtma ve Soğutma Yüklerine Olan Etkilerinin Analizi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 135, 26-34.
- Babaoğlu, N., ve Özgünoğlu, K. (2017). Kahramanmaraş havalimanı için uçaklardan kaynaklanan emisyonların belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(3), 24-30.

- Balaras, C., Dascalaki, E., Gaglia, A., and Droutsas, K. (2003). Energy Conservation Potential, HVAC Installations and Operational Issues in Hellenic Airports. *Energy and buildings*, 35(11), 1105-1120.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Bakanlığı Binalarda Enerji Performanı (2008) URL: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/12/20081205-9.htm>, Son Erişim Tarihi: 27.05.2022
- Cer, S. T. (2015). *Gölgeleme Bileşeni Olarak Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Enerji Etkinliđinin Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 45-54.
- Chao, C.-C., Yeh, C.-H., and Yeh, C.-H. (2017). Energy Conservation Strategies in Airports - A Case Study of Taoyuan, Songshan and Kaohsiung International Airports. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 12, 2074-2093.
- Comendador, V. F. G., Valdés, R. M. A., and Lisker, B. (2019). A Holistic Approach to the Environmental Certification of Green Airports. *Sustainability*, 11(15), 4043.
- Çelik, F. (2021). *Sürdürülebilir Havalimanı Yolcu Terminal Binaları İçin Ulusal Ölçekte Bir Tasarım Modeli Önerisi*. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 105-108.
- Dağoğlu, Ö. (2019). *Toplu Konutlarda Fotovoltaik Sistem Kullanımlarının Farklı İklim Bölgelerine Göre Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 22-26.
- Demir, G. (2011). *Havalimanı Terminal Binalarının Mimari Açidan Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 6-8.
- Demir, H., Çıracı, G., Reyhan, K., ve Ünver, Ü. (2020). Aydınlatmada Enerji Verimliliği: Yalova Üniversitesi Mühendislik Fakóltesi Durum Değerlendirmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 25(3), 1637-1652.
- Dikmen, Ç. B. (2011). Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örnekleme. *Politeknik Dergisi*, 14(2), 121-134.
- Durgun, E. (2014). *Türkiye'deki Havalimanı Terminal Bina Tiplerinin Mekansal Dizim Yöntemi İle Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 5-6.
- Dwaikat, L. N., and Ali, K. N. (2018). The Economic Benefits of a Green Building—Evidence from Malaysia. *Journal of Building engineering*, 18, 448-453.
- Elgün, A., Babacan, E., Kozak, M., ve Babat, D. (2013). Yeni Tüketim Mekânları Olarak Havalimanı Terminalleri. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 24(1), 70-82.
- Erdede, S. B., ve Bektaş, S. (2014). Ekolojik Açidan Sürdürülebilir Taşınmaz Geliřtirme ve Yeşil Bina Sertifika Sistemleri. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1), 1-12.

- Erden, E. (2007). *Türkiye'deki Havalimanlarının İç Hat Uçuşları Yönünden Etkinliklerinin Karşılaştırılması: Bir Veri Zarflama Analizi Uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 16-22.
- Ersan, P. U. (2021). *Saydam Cephelerde Soğutma Yüklerinin Azaltılmasına Yönelik Bir Karar Destek Sistemi Önerisi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 28-61.
- Gülten, A. (2020). Determination of Optimum Insulation Thickness Using the Entransy Based Thermo-economic and Environmental Analysis: A Case Study for Turkey. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 42(2), 219-232.
- Güvenç, B. (2008). *Sürdürülebilirlik Bağlamında Ekolojik Tasarım Prensiplerinin Mimaride Uygulanabilirliğinin İrdelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 72-77.
- Ishugah, T., Li, Y., Wang, R., and Kiplagat, J. (2014). Advances in Wind Energy Resource Exploitation in Urban Environment: A Review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 37, 613-626.
- İmal, M., Kısakesen, T., ve Kaya, A. (2016). Enerji Ekonomisi Açısından Kojenerasyon ve Trijenerasyon Teknolojilerinin Isıtma-Soğutma Kapasitelerinin Analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(2), 9-19.
- İnan, T., ve Başaran, T. (2015). Çift cidarlı cepheler: avantajları ve dezavantajları. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 146, 80-84.
- İnternet: Soğuk çatı uygulaması. URL-1: <https://tur.sika.com/tr/insaat/koruma/cati-sistemleri/cool-roofs.html>, Son Erişim Tarihi: 27.04.2022.
- İnternet: Uluslararası iklim bölgeleri. URL-2: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/ba_climate_region_guide_7.3.pdf, Son Erişim Tarihi: 27.04.2022.
- İnternet: ASHRAE 90.1 2016 Bölgelere göre tavsiye edilen U değerleri. URL-3: <https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/read-only-versions-of-ashrae-standards>, Son Erişim Tarihi: 27.04.2022.
- İnternet: Havaalanı yolcu terminalleri tasarım esasları. URL-4: <https://web.shgm.gov.tr/tr/kurumsal-yayinlar/219-havaalani-yolcu-terminalleri-tasarim-esaslari>, Son Erişim Tarihi: 27.04.2022.
- İnternet: Havaalanlarında kapasite kriterleri. URL-5: <https://web.shgm.gov.tr/tr/kurumsal-yayinlar/214-havaalanlarinda-kapasite-kriterleri>, Son Erişim Tarihi: 27.05.2022.
- İnternet: Yeşil havaalanı (green airport) projesi. URL-6: <https://web.shgm.gov.tr/doc3/green.pdf>, Son Erişim Tarihi: 27.05.2022.

İnternet: TRB amaç ve hizmetleri. URL-7: <https://www.nationalacademies.org/trb/about>, Son Erişim Tarihi: 27.04.2022.

İnternet: ACRP genel bakış. URL-8: <https://trb.org/ACRP/ACRPOverview.aspx>, Son Erişim Tarihi: 27.04.2022.

İnternet: ACRP Rapor 21. URL-9: <https://crp.trb.org/acrpwebresource2/acrp-synthesis-21-airport-energy-efficiency-and-cost-reduction/>, Son Erişim Tarihi: 27.05.2022.

İnternet: ACRP Rapor 56. URL-10: <https://crp.trb.org/acrpwebresource2/acrp-report-56-handbook-for-considering-practical-greenhouse-gas-emission-reduction-strategies-for-airports/>, Son Erişim Tarihi: 27.05.2022.

İnternet: CEM çevre yönetim rehberi. URL-11: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/single-sky/specifications/EUROCONTROL-SPEC-156%20CEM%20Ed.1.1.pdf>, Son Erişim Tarihi: 27.05.2022

İnternet: Havalimanı karbon akreditasyonu başvuru kılavuzu. URL-12: <https://www.airportcarbonaccreditation.org/airport/technical-documents.html>, Son Erişim Tarihi: 27.05.2022.

İnternet: ATL sürdürülebilir yönetim planı. URL-13: <https://www.airportcarbonaccreditation.org/airport/technical-documents.html>, Son Erişim Tarihi: 27.05.2022.

İnternet: Outagamie bölgesel havalimanı sürdürülebilir yönetim planı. URL-14: <https://www.faa.gov/airports/environmental/sustainability/media/outagamie-airport-sustainability-master-plan.pdf>, Son Erişim Tarihi: 27.05.2022.

İnternet: Seymour Airport, Baltra, Galapagos Islands. URL-15: <https://www.airport-technology.com/projects/seymour-airport-baltra-galapagos-islands/>, Son Erişim Tarihi: 27.05.2022.

İnternet: FICUP 2016 First International Conference on Urban Physics. URL-16: <https://www.airport-technology.com/projects/seymour-airport-baltra-galapagos-islands/>, Son Erişim Tarihi: 27.05.2022.

İnternet: San Francisco International Airport 2011 Environmental sustainability report. URL-17: https://www.flysfo.com/sites/default/files/default/download/about/reports/pdf/SFO_2011_Environmental_Sustainability_Report.pdf, Son Erişim Tarihi: 27.05.2022.

İnternet: San Francisco International Airport Terminal 2. URL-18: <https://www.gensler.com/projects/san-francisco-international-airport-terminal-2>, Son Erişim Tarihi: 27.05.2022.

İnternet: Adnan Menderes Havalimanı iç hatlar terminali. URL-19: <http://www.hazanmimarlik.com/tr/project/adnan-menderes-havalimani-yeni-ic-hatlar-terminali>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Adnan Menderes Havalimanı iç hatlar terminali. URL-20: https://www.yesilbinadergisi.com/yayin/723/leed-gold-un-hedeflendigi-adnan-menderes-havalimani-yeni-ic-hatlar-terminali_21965.html#.YpHjAe7P2Um, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Adnan Menderes Havalimanı iç hatlar terminali. URL-21: <http://www.egelif.com/cevre-ve-enerji-dostu-turkiye-nin-ilk-terminali-izmir-adnan-menderes>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: LAX's Tom Bradley International terminal. URL-22: <https://fentressarchitects.com/news/2015/laxs-new-tom-bradley-international-terminal-achieves-leed-gold>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Los Angeles Uluslararası Havalimanı LEED gold sertifikası. URL-23: <https://ongreening.com/en/News/los-angeles-international-airport-awarded-leed-gold-rating-1210>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Sürdürülebilir bir yapı olarak LAX. URL-24: <https://ongreening.com/en/News/los-angeles-international-airport-awarded-leed-gold-rating-1210>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Sacramento Uluslararası Havalimanı. URL-25: <https://fentressarchitects.com/news/2012/sacramento-international-airport-achieves-leed-silver>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Sacramento Uluslararası Havalimanı merkezi terminal B. URL-26: <https://www.corgan.com/projects/central-terminal-b/>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Sacramento Uluslararası Havalimanı, Terminal B Hava Tarafı Yolcu Salonu. URL-27: <https://www.turnerconstruction.com/experience/project/DC5/sacramento-international-airport-terminal-b-airside-concourse>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Sacramento Uluslararası Havalimanı Terminal B ve Salon Binaları için Günişliği, Elektrikli Aydınlatma Tasarımı. URL-28: https://www.architectmagazine.com/technology/daylighting-electric-lighting-design-for-sacramento-international-airport-terminal-b-and-concourse-buildings_o, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Yeşil Terminal, San Diego Uluslararası Havalimanı. URL-29: <https://www.airport-technology.com/projects/green-build-terminal-san-diego-international-airport/>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: San Diego Uluslararası Havalimanı, Terminal 2 Batı eklentisi. URL-30: <https://syska.com/project/san-diego-international-airport-terminal-2-west-expansion-san-diego-california/>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: LEED platin sertifikalı ticari havalimanı San Diego Uluslararası Havalimanı. URL-31: <https://www.san.org/news/news-detail/san-diego-now-home-to-worlds-first-leed-platinum-certified-commercial-airport-terminal-1>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Norman Mineta San Jose Uluslararası Havalimanı. URL-32: <http://architypereview.com/project/norman-mineta-san-jose-international-airport/>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Mineta San Jose Uluslararası Havalimanı Terminal Alanı İyileştirme Programı. URL 33: <https://watrydesign.com/insights/enrcalifornia-mineta-san-jose-international-airport-terminal-area-improvement-program>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Mineta San Jose Uluslararası Havalimanı Terminal Binası. URL-34: <https://www.architonic.com/en/project/gensler-mineta-san-jose-international-airport/5100157>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: San Jose Uluslararası Havalimanı Terminal B Binası yenileme projesi. URL-35: <https://inhabitat.com/terminal-b-at-san-jose-airport-lands-leed-silver-after-major-green-renovation/>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Londra Southend Havalimanı. URL-36: <https://www.rpsgroup.com/projects/london-southend-airport/>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Southend Havalimanı yeni terminal binası. URL-37: <https://www.buckinghamgroup.co.uk/sectors/all/southend-airport-new-terminal-building/>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Southend Havalimanı güneş enerjisi sistemi. URL-38: <https://www.airport-technology.com/news/newsphton-energy-completes-installation-of-solar-panels-at-london-southend-airport-4205441/>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Oslo Havalimanı genişleme projesi. URL-39: <https://nordicarch.com/project/oslo-airport-expansion>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Oslo Yeşil Havalimanı. URL-40: <https://www.ribaj.com/products/oslo-airport-norway-interiors-refurbishment-tom-ravenscroft>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Oslo Havalimanı çevresel yönetim sistemi. URL-41: <https://avinor.no/en/corporate/airport/oslo/community-and-environment/miljostyring/>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Oslo Havalimanı terminal binası. URL-42: <https://www.archdaily.com/871206/oslo-airport-expansion-nordic-nil-office-of-architecture>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Heathrow Terminal 2 binası. URL 43: <https://www.e-architect.com/london/heathrow-new-terminal-2>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

İnternet: Heathrow Havalimanı Terminal 2 binası URL-44: <https://luisvidal.com/en/projects/transportation/aeropuerto-de-heathrow-terminal-2>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

- İnternet: Heathrow Havalimanı Terminal 2 binası. URL-44: <https://luisvidal.com/en/projects/transportation/aeropuerto-de-heathrow-terminal-2>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.
- İnternet: Hava meydanları planlama ve tasarım teknik esasları. URL-45: <https://aygm.uab.gov.tr/uploads/pages/kiyi-yapilari-deprem-teknik-sartnameleri/6.pdf>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.
- İnternet: Kahramanmaraş ili iklim verileri. URL-46: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=K.MARAS>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.
- İnternet: Kahramanmaraş Havalimanı terminal binası. URL-47: <http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=95981&start=8340&sid=e969c5a5e93d63795215528e68d33e24>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.
- İnternet: Nijer’de bulunan gölgeleme elemanı tasarımı URL-48: <https://xxi.com.tr/i/golge-deneyimi>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.
- İnternet: Gölgeleme elemanı tasarımı. URL-49: <https://www.arkitera.com/haber/amanda-levete-orman-golgelerinden-esinlenen-bir-pavyon-tasarladi/>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.İnternet: Bengaluru Terminal binası iç bahçe konsept tasarımı URL-50: <https://www.internationalairportreview.com/article/101813/bengaluru-garden-terminal-sustainability/>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022
- İnternet: Kahramanmaraş Havalimanı iç mekan görünüşleri. URL-51: <http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=95981&start=8350>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.
- İnternet: Kahramanmaraş Havalimanı saçak tasarımı. URL-52: <http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=95981&start=8300>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.
- İnternet: Yatay güneş kırıcı tasarımı. URL-53: <http://www.artitasarim.com/contents/hizmetlerimiz/217>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.
- İnternet: Düşey güneş kırıcı tasarımı. URL-54: <https://damsinc.com/exterior-sunshades-vertical-sun-shades/>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.
- İnternet: Kahramanmaraş İli güneşlenme verileri. URL-55: <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/kahramanmaras/dulkadiroglu-927435/#climate-graph>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.
- İnternet: Kahramanmaraş İli jeotermal enerji potansiyeli. URL-56: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/jeotermal-harita/images/4.jpg>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.

- İnternet: PV panel açık otopark üst örtü tasarımı. URL-57: <https://empowerenergy.co.uk/solar-car-park-canopies/>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.
- İnternet: Kahramanmaraş Havalimanı terminal binası çatı ışıklıkları. URL-58: <http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=95981&start=8140>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2022.
- Kadiroğlu, E. (2011). *Türkiye’de Enerji Etkin Yapı Üretimi için Tasarım Kriterleri*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 21-82.
- Karaca, Ü. B., ve Çetintaş, K. F. (2015). *Sürdürülebilir Yapı Tasarımının Türkiye’deki ve Dünyadaki Yasal Düzenlemeler Açısından İncelenmesi*. 2. Uluslararası Sürdürülebilir Yapı Sempozyumu'nda sunuldu, Ankara, Türkiye.
- Kılıkş, B., ve Kılıkş, Ş. (2017). New Exergy Metrics for Energy, Environment, and Economy Nexus and Optimum Design Model for Nearly-Zero Exergy Airport (nZEXAP) Systems. *Energy*, 140, 1329-1349.
- Li, B., Zhang, W., Wang, J., Xu, J., ve Su, J. (2017). *Research and analysis on energy consumption features of civil airports*. Paper presented at the 3rd International Conference on Energy, Environment and Material Science, EEMS 2017, Singapore.
- Onar, İ. (2010). *Enerji Etkin Duvar Sistemlerinin Çok Katlı Yapılara Uygulama Olanaklarının Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 93-103.
- Oto, N. (2011). *Çevresel Sürdürülebilirlik ve Havaalanları: Esenboğa Havalimanı Örneği*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 121-133.
- Öztürk, H. K., Atalay, Ö., ve Yılcı, A. (2005). Yapılarda Kullanılan HVAC Sistemlerinde Kontrol ve Enerji Verimliliği. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 90, 69-76.
- Sayın, S., ve Koç, İ. (2011). Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (Pv) Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 26(3), 89-106.
- Sciuto, S. (1998). Solar Control: An Integrated Approach to Solar Control Techniques. *Renewable energy*, 15(1-4), 368-376.
- Shan, M., and Hwang, B. (2018). Green Building Rating Systems: Global Reviews of Practices and Research Efforts. *Sustainable Cities and Society*, 39, 172-180.
- Soysal, S. (2008). *Konut Binalarında Tasarım Parametreleri ile Enerji Tüketimi İlişkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 37-56.
- Şaşmaz, V. (2007). *Havalimanı Terminallerinde Büyük Açıklık Geçme Sorununun Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 5-19.

- Taşkın, O., ve Korucu, T. (2014). Kahramanmaraş İli Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Kullanım Olanakları. *Tarım ve Doga Dergisi*, 17(4), 12.
- Thampan, A., Sinha, K., Gurjar, B., and Rajasekar, E. (2020). Functional efficiency in airport terminals: A review on Overall and Stratified Service Quality. *Journal of Air Transport Management*, 87, 101837.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2013). *TS EN 825 Isı Yalıtım Malzemeleri*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- Uslusoy, S. (2012). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Enerji Etkin Binaların Yapı Bileşeni Açısından İrdelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 24-27.
- Uysal, M. P., and Sogut, M. Z. (2017). An Integrated Research for Architecture-Based Energy Management in Sustainable Airports. *Energy*, 140, 1387-1397.
- Yarkın, S. A. (2017). *Mevcut Binalarda Yenileme Çalışmalarının Enerji Verimliliği Yaklaşımları Çerçevesinde Etkinliği ve Uygulanabilirliği*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 29-79.
- Yıldız, Ö. F., Yılmaz, M., and Çelik, A. (2021). Reduction of Energy Consumption and CO2 Emissions of HVAC System in Airport Terminal Buildings. *Building and Environment*, 208, 108632.
- Yıldız, Ö. F., Yılmaz, M., Çelik, A., ve İmİK, E. (2020). Havalimanlarında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılması. *Journal of Aviation*, 4(1), 162-174.
- Yılmaz, Ö. (2020). *Yeşil Bina Sertifika Sistemleri ve Apartman Binaları İçin Bir Yeşil Tasarım Rehberi Önerisi*. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 21-29.
- Yılmaz, Z. (2006). Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji. *Tesisat Muhendisligi Dergisi*, 91(7), 387-398.
- Yorgancıoğlu, P. (2004). *Sürdürülebilir Yapım Kavramının Uygulamaya Aktarılmasındaki Araç, Yöntem ve Yaklaşımlara İlişkin Bir Değerlendirme*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 71-75.
- Yunus, S. (2019). *Havalimanı Terminal Binalarında Uygulanan Ulusal ve Uluslararası Sürdürülebilir Tasarım Yaklaşımlarının İncelenmesi ve Örnekler Üzerinden Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 36-42.
- Yücel, Y. (2016). *Güneş Enerjisinden Yararlanmak Amacı ile Fotovoltaik Sistemlerin Binalarda Kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 71-88.
- Zolnoun, S. (2013). *Peyzaj Mimarlığında Enerji Etkin Tasarım Yaklaşımları*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 84-97.



GAZİ GELECEKTİR..