



**T.C. ÇEVRE VE
ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI**

BİNA SEKTÖRÜ ENERJİ VERİMLİLİĞİ TEKNOLOJİ ATLASI



Kısaltmalar

AB	Avrupa Birliği	HVAC	Isıtma Soğutma Havalandırma Sistemleri
AVM	Alışveriş Merkezi	IGD	İstanbul Gayrimenkul Değerleme
AW	Havadan Suya Isı Pompası	IFC	Uluslararası Finans Kurumu
BAT	Mevcut En İyi Teknoloji	INDC	Niyet edilen ulusal katkı beyanları
BEP	Binalarda Enerji Performansı	IP	Isı Pompası
BEPY	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği	İMSAD	Türkiye İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği
BM	Birleşmiş Milletler	LED	Işık Yayan Diyot
BMU	Federal Alman Çevre, Doğa Koruma ve Nükleer Güvenlik Bakanlığı	MHGM	Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü
BW	Sudan Suya Isı Pompası	MEİT	Mevcut En İyi Teknoloji
CIS	Bağımsız Devletler Topluluğu	NDC	Ulusal katkı beyanları
CFL/LFL	Kompakt Floresan/Lineer Floresan	NZEB	Neredeyse sıfır enerjili bina
COP/SCOP	Etkinlik Katsayısı / Mevsimsel Etkinlik Katsayısı (Coefficient of Performance/Seasonal Coefficient of Performance)	OD	Olası Durum
ÇHK	Çok Haneli Konut	PA	Paris Anlaşması
ÇŞB	Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	PV	Fotovoltaik
EER SEER	Verim Katsayısı / Mevsimsel Verim Katsayısı (Energy Efficiency Ratio/Seasonal Energy Efficiency Ratio)	PVC	Polivinil klorür
EPS	Genleştirilmiş Polistren	PÜKAD	Pencere ve Kapı Sektörü Derneği
ErP	Avrupa Enerji Tüketen Ürünler Direktifi	RV	Yenilenebilir tip senaryosu
ESCO	Enerji Servis Sağlayıcı Firmalar	SG	Sera Gazı
ETKB	Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	SWOT Analizi	Herhangi bir pazarın Güçlü (strengths), zayıf fırsatlar ve tehditler açısından değerlendirilmesi
EUROVENT	Avrupa İklimlendirme Sistemleri Üreticileri Derneği	TEP	Ton Eşdeğer Petrol
EVD	Enerji Verimliliği Direktifi	THK	Tek Haneli Konut
EVT	Enerji Verimliliği Teknolojileri	TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
GA	Gönüllü Anlaşmalar	UEVEP	Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
GABC	Küresel Yapı ve İnşaat İttifakının	UİDS	Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH	VAP	Verimlilik Arttırıcı Proje
GSYİH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla	VRF	Değişken Soğutucu Akışkan Debisi
GÜNDER	Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu – Türkiye Bölümü	XPS	Ekstrüde Polistren Sert Köpük



İçindekiler

Yönetici Özeti	13
1. Giriş ve Metodoloji	24
2. Bina Sektörü Özelinde İklim Değişikliği ile İlgili Uluslararası ve Ulusal Yasal Alt Yapı ve Politikalar	26
2.1 Uluslararası İklim Tartışmalarında Mevcut Durum	26
2.2 Ulusal İklim ve Enerji Politikalarının Genel Değerlendirmesi	30
2.3 Türkiye’de Enerji Verimli Binalar için Yasal Çerçeve ve İlgili AB Yasal Altyapısı	30
2.3.1. Politikaların Yıllara Göre Gelişimi	30
2.3.2. Ulusal Enerji Verimliliği Strateji Belgesi	30
2.3.3. Türkiye’de Enerji Verimliliği Yasal Altyapısı	32
2.3.3.1. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, TS 825	34
2.3.3.2. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği	35
2.3.3.3. Enerji ile İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik (2009/125/AT)	37
2.3.3.4. Ürünlerin Enerji ve Diğer Kaynak Tüketimlerinin Etiketleme ve Standart Ürün Bilgileri Yoluyla Gösterilmesi Hakkında Yönetmelik	38
2.3.4. Avrupa’da Enerji Verimliliği Yönetmelikleri	39
2.3.4.1. Enerji Verimliliği Direktifi (EVD)	39
2.3.4.2. Binalarda Enerji Performansı Direktifi	40
2.3.4.3. Eko-Tasarım Direktifi ve Enerji Etiketleme Direktifi	40
3. Bina Sektörü ve Teknolojileri Mevcut Durum Değerlendirmesi	41
3.1 Mevcut Bina Stoku	41
3.2 Bina Sektörü Enerji Tüketimi	43
3.3 Bina Sektörü Enerji Tüketimine Etki Eden Sistemlerin Pazar Araştırması	44
3.3.1. Isı Yalıtım Sistemleri	45
3.3.2. Pencere Sistemleri	54
3.3.3. İklimlendirme Sistemleri	60
3.3.3.1. Mono ve Multi Split Klimalar	60
3.3.3.2. VRF Sistemleri	64
3.3.3.3. Klima Santrali	69
3.3.3.4. Soğutma Grupları	72
3.3.3.5. Kombi ve Sıcak Su Kazanları	77
3.3.4. Aydınlatma Sistemleri	83
3.3.5. Bina Otomasyon Sistemleri	92
3.3.6. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri	99



3.3.7. Kojenerasyon Sistemleri	108
3.3.8. Isı Pompaları	114
3.3.9. Fotovoltaik (PV) Sistemleri	116
4. Türkiye'deki Binalara Yönelik Enerji Verimliliği-Genişletilmiş Senaryo Analizi 2050	121
4.1 Arka Plan ve Hedefler	121
4.2 Metodoloji	122
4.2.1. Ortalama Bina Özellikleri	123
4.2.2. Enerji Performansının Analizi ve Ortalama Binaların Her Birinin Maliyetleri	127
4.2.2.1. Modelin Açıklaması	128
4.2.2.2. Stokta Enerji Tüketimi ve Model Kalibrasyonu	129
4.2.3. Senaryo Özelliklerinin Tanımı	129
4.2.4. Senaryo Analizi	133
4.2.4.1. Bina Stoku Envanteri	134
4.2.4.2. Gelecekteki Bina Stoku Gelişimi	134
4.3 Aşama 1 Sonuçları	137
4.3.1. Bina Stoku ve Metabolizma	137
4.3.2. Ortalama Bina Seviyesine İlişkin Sonuçlar	140
4.3.3. Senaryo Sonuçları Aşama 1	140
4.4 Hesaplamalar ve Sonuçlar Hakkında Açıklamalar	144
4.5 Aşama 2	146
4.5.1. Arka Plan ve Hedefler	146
4.5.2. Senaryo Sonuçları Aşama 2	146
4.6 Sonuçlar	151
5. Enerji Verimliliği Hedefleri ve Yol Haritası	152
5.1 Kısa ve Uzun Vade Hedefleri	152
5.2 Enerji Verimliliği Finans Modelleri	154
5.3 Bina Sistemleri ile İlgili Pratik Öneriler	159
5.3.1. Isı Yalıtım Sistemleri	159
5.3.2. Pencere Sistemleri	163
5.3.3. Isıtma Sistemleri	166
5.3.4. Soğutma Sistemleri	167
5.3.5. Havalandırma Sistemleri	169
5.3.6. Aydınlatma Sistemleri	171
5.3.7. Yenilenebilir Enerji Sistemleri	172
EK 1 BEP Modelinin Doğrulaması	175
EK 2: %1'lik Bir Sabit Yenileme Oranı için Senaryo Sonuçları	180
EK 3: 2018 Yılında %1'den 2050 Yılında %2'ye Sürekli Artan Bir Varsayılan Yenileme Oranı için Senaryo Sonuçları	184

Şekiller

Şekil 2-1:	Enerji verimliliği politikalarının yıllara göre gelişimi	30
Şekil 2-2:	Türkiye İklim Bölgelerine göre U değerleri	34
Şekil 3-1:	Sektörlere göre nihai enerji tüketimi kısıtlımı	43
Şekil 3-2:	Yalıtım malzemeleri - yıllara göre pazar büyüklüğü	46
Şekil 3-3:	Yalıtım malzemeleri - toplam iç talep kısıtlımı	49
Şekil 3-4:	AB malzeme tipine göre kullanım oranı	50
Şekil 3-5:	Yalıtım Sistemleri - Sektörün SWOT analizi	52
Şekil 3-6:	İç Piyasa talebi, yalıtım camları satış kısıtlımı	56
Şekil 3-7:	Pencere Sistemleri - Sektörün SWOT analizi	59
Şekil 3-8:	Split Klima, iklim bölgelerine göre satış yüzdeleri tahmini	61
Şekil 3-9:	Split Klima Sistemleri - Sektörün SWOT analizi	63
Şekil 3-10:	VRF iç ve dış ünite toplam iç pazar satışı	65
Şekil 3-11:	VRF Sektörü - Sektörün SWOT analizi	68
Şekil 3-12:	Klima santrali iç satış ve ihracat rakamları	69
Şekil 3-13:	Klima Santrali - Sektörün SWOT analizi	71
Şekil 3-14:	Soğutma grupları iç satış ve ihracat rakamları	73
Şekil 3-15:	AB Eko Tasarım Direktiflerine göre minimum verim seviyelerinin değişimi	74
Şekil 3-16:	Soğutma Grupları - Sektörün SWOT analizi	76
Şekil 3-17:	Kombi iç satış ve ihracat miktarları	78
Şekil 3-18:	Kazan iç satış ve ihracat miktarları	78
Şekil 3-19:	Kazan Sistemleri - Sektörün SWOT analizi	82
Şekil 3-20:	Sektördeki girişim sayısı	83
Şekil 3-21:	Aydınlatma sektörü ithalat ihracat verileri	84
Şekil 3-22:	Aydınlatma sektörü ihracat ürün kısıtlımı	84
Şekil 3-23:	Aydınlatma sektörü ithalat ürün kısıtlımı	85
Şekil 3-24:	Aydınlatma sektörü iç pazar ve üretim değeri	87
Şekil 3-25:	AB iç satış lamba tipine göre kısıtlım	88
Şekil 3-26:	Aydınlatma Sistemleri - Sektörün SWOT analizi	91
Şekil 3-27:	Bina otomasyon sistemleri küresel pazar büyüklükleri	93
Şekil 3-28:	Bina otomasyon sistemleri pazar dağılımı	94

Şekil 3-29:	Türkiye’de sertifikalı yeşil bina projelerinin bina tipine göre kırılımı	95
Şekil 3-30:	Bina Otomasyon Sistemleri - Sektörün SWOT analizi	97
Şekil 3-31:	En yüksek kapasiteye sahip 10 ülkenin görünümü	99
Şekil 3-32:	Kişi başına en yüksek kapasiteye sahip 10 ülkenin görünümü	100
Şekil 3-33:	2018 yılı kurulu güç artış eğilimleri	100
Şekil 3-34:	Kullanım yerine göre toplam enerji üretimi	102
Şekil 3-35:	Yüksek verimli vakumlu tüp kolektörler	104
Şekil 3-36:	Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri – SWOT Analizi	105
Şekil 3-37:	Kojenerasyon kurulu gücü	108
Şekil 3-38:	2018 yılında lisans alan kojenerasyon tesisleri sektörel dağılım	109
Şekil 3-39:	Kurulu güç sektörel dağılım	110
Şekil 3-40:	Kojenerasyon Sistemleri - SWOT Analizi	112
Şekil 3-41:	AB Isı pompası satış istatistikleri	114
Şekil 3-42:	Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası	116
Şekil 3-43:	GES’lerin toplam üretim miktarı	117
Şekil 3-44:	GES’lerin toplam elektrik üretimi içindeki payı	118
Şekil 3-45:	Binaya entegre PV sistemlerinin uygulama alanları	119
Şekil 4-1:	Genel görev yaklaşımının resmi	122
Şekil 4-2:	BEP aracı genel görünümü	128
Şekil 4-3:	Senaryo analizi yaklaşımı	133
Şekil 4-4:	Guidehouse’un Küresel Bina Stoku (GLOBUS) Modelinin genel yaklaşımına dair resim	134
Şekil 4-5:	Kişi başına düşen GSYİH ile kişi başına düşen kullanılabilir zemin alanı arasındaki korelasyon	135
Şekil 4-6:	2018-2050 Türkiye’deki tahmin edilen bina stoku gelişiminin gösterimi (düşük yenileme oranı)	137
Şekil 4-7:	Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen (düşük yenileme oranı) mevcut binalar da göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi	139
Şekil 4-8:	Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen (düşük yenileme oranı) mevcut binalar da göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 CO ₂ -emisyonları	140
Şekil 4-9:	Yalnızca etkilenen yeni ve yenilenmiş binalar (düşük yenileme oranı) göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi	140

Şekil 4-10:	Yalnızca etkilenen yeni ve yenilenmiş binalar (düşük yenileme oranı) göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi	141
Şekil 4-11:	6 senaryoda etkilenen yeni ve yenilenmiş binalara ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 küresel yıllık maliyet ödenekleri (düşük yenileme oranı)	141
Şekil 4-12:	6 senaryoda etkilenen yeni ve yenilenmiş binalara (düşük yenileme oranı) ilişkin olarak kurulu bina tedbirleri için hesaplanan 2018-2050 yatırımları	141
Şekil 4-13:	Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen mevcut binalar da göz önüne alınarak, orijinal senaryo 5'in 6 ilave senaryo varyantındaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi	146
Şekil 4-14:	Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen mevcut binalar da göz önüne alınarak, orijinal senaryo 5'in 6 ilave senaryo varyantındaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiden hesaplanan 2018-2050 CO ₂ -emisyonları	146
Şekil 4-15:	Yalnızca etkilenen yeni ve yenilenmiş binalar göz önüne alınarak, orijinal senaryo 5'in 6 ilave senaryo varyantındaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi	147
Şekil 4-16:	Yalnızca etkilenen yeni ve yenilenmiş binalar göz önüne alınarak, orijinal senaryo 5'in 6 ilave senaryo varyantındaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiden hesaplanan 2018-2050 CO ₂ -emisyonları	147
Şekil 4-17:	Etkilenen yeni ve yenilenmiş binalardan orijinal senaryo 5'in 6 ilave senaryo varyantında hesaplanan 2018-2050 maliyet yıllık ödenekleri	148
Şekil 4-18:	Orijinal senaryo 5'in 6 ilave senaryo varyantında etkilenen yeni ve yenilenmiş binalara ilişkin olarak kurulu bina tedbirleri için hesaplanan 2018-2050 yatırımları	148
Şekil 5-1:	Enerji verimliliği finansman modelleri	153
Şekil 5-2:	Farklı malzemelerin ısı yalıtım performansı	162
Şekil EK1-1:	Alman bina literatürü ile ısıtma ve KSS talebinin doğrulanması	175
Şekil EK1-2:	Türk bina standardı (TS825) ile ısıtma talebi hesabının doğrulanması	176
Şekil EK1-3:	U-değeri harita raporu ile soğutma talebi hesabının doğrulanması	176
Şekil EK1-4:	Türk binalarının enerji verimliliğine ilişkin tez ile soğutma talebi hesabının doğrulanması	177
Şekil EK1-5:	bigEE-Projesi dahilinde bir çalışma ile soğutma talebi hesabının doğrulanması	178
Şekil EK2-1:	Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen (orta yenileme oranı) mevcut binalar da göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi	179
Şekil EK2-2:	Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen (orta yenileme oranı) mevcut binalar da göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 CO ₂ -emisyonları	179

Şekil EK2-3:	Yalnızca etkilenen yeni ve yenilenmiş binalar (orta yenileme oranı) göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi	180
Şekil EK2-4:	Yalnızca etkilenen yeni ve yenilenmiş binalar (orta yenileme oranı) göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 CO ₂ -emisyonları	180
Şekil EK2-5:	6 senaryoda etkilenen yeni ve yenilenmiş binalara ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 küresel yıllık maliyet ödenekleri (orta yenileme oranı)	181
Şekil EK2-6:	6 senaryoda etkilenen yeni ve yenilenmiş binalara (orta yenileme oranı) ilişkin olarak kurulu bina tedbirleri için hesaplanan 2018-2050 yatırımları	181
Şekil EK3-1:	Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen (yüksek yenileme oranı) mevcut binalar da göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi	183
Şekil EK3-2:	Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen (yüksek yenileme oranı) mevcut binalar da göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 CO ₂ -emisyonları	183
Şekil EK3-3:	Yalnızca etkilenen yeni ve yenilenmiş binalar (yüksek yenileme oranı) göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi	184
Şekil EK3-4:	Yalnızca etkilenen yeni ve yenilenmiş binalar (yüksek yenileme oranı) göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 CO ₂ -emisyonları	184
Şekil EK3-5:	6 senaryoda etkilenen yeni ve yenilenmiş binalara ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 küresel yıllık maliyet ödenekleri (yüksek yenileme oranı)	185
Şekil EK3-6:	6 senaryoda etkilenen yeni ve yenilenmiş binalara (yüksek yenileme oranı) ilişkin olarak kurulu bina tedbirleri için hesaplanan 2018-2050 yatırımları	185



Tablolar

Tablo 0-1:	Türkiye mevcut bina stoku	17
Tablo 2-1:	UEVEP'e dayalı olarak alt hedefleri dahil olmak üzere binalar için önerilen stratejik amaçların genel değerlendirmesi	31
Tablo 2-2:	Enerji ile ilgili ürünlerin çevreye duyarlı tasarımına ilişkin Yönetmelik altında yayımlanan tebliğler	37
Tablo 2-3:	Ürünlerin Enerji ve Diğer Kaynak Tüketimlerinin Etiketleme ve Standart Ürün Bilgileri Yoluyla Gösterilmesi Hakkında Yönetmelik altında yayımlanan tebliğler	38
Tablo 3-1:	Türkiye mevcut bina stoğu	42
Tablo 3-2:	İnşaat Sektörü ve GSYİH arasındaki büyüme ilişkisi	45
Tablo 3-3:	Yalıtım malzemeleri - yıllara göre üretici sayısı	47
Tablo 3-4:	İzocam üretim miktarları	49
Tablo 3-5:	Gazbeton üretici sayısı, üretim ve tüketim miktarları	51
Tablo 3-6:	Mimari cam üretimi	54
Tablo 3-7:	Plastik çerçeve üretimi	55
Tablo 3-8:	Alüminyum çerçeve üretimi	55
Tablo 3-9:	Şişecam Düzcama ürün portföyü cam ısı yalıtım performansı	57
Tablo 3-10:	PVC pencereler için ortalama U değerleri	57
Tablo 3-11:	Split Klima üretim, iç talep ve ihracat rakamları	60
Tablo 3-12:	Split klima iç ve dış ünite toplam iç pazar ve ihracat rakamları	61
Tablo 3-13:	Enerji verimliliği sınıflarına göre mevsimsel verimler	62
Tablo 3-14:	VRF, üretim, iç talep ve ihracat rakamları	65
Tablo 3-15:	VRF üniteleri verim sınıfları	66
Tablo 3-16:	Klima Santralleri, üretim, iç talep ve ihracat rakamları	69
Tablo 3-17:	EUROVENT klima santralleri verim sınıfları	70
Tablo 3-18:	Soğutma grupları, imalat, ithalat ve iç pazar talep rakamları	72
Tablo 3-19:	Euro-Vent Soğutma grubu enerji sınıflaması	74
Tablo 3-20:	Isıtma Sistemleri yıllık üretim miktarları (adet)	77
Tablo 3-21:	Kombi ve kazan için enerji verim sınıfları	80
Tablo 3-22:	Isıtma sisteminin verimini etkileyen kontrolcüler	80
Tablo 3-23:	Lamba tipine göre ithalat adetleri	85

Tablo 3-24:	Aydınlatma sektörü üretim, ithalat ve iç pazar büyüklükleri	87
Tablo 3-25:	Lamba ve armatürlerin enerji verim sınıfları	89
Tablo 4-1:	Ortalama binalar – Mevcut binalar	124
Tablo 4-2:	Ortalama binalar – Yeni binalar	124
Tablo 4-3:	Mevcut bina stokundaki ortalama bina özellikleri (bina kabuğu ve teknik bina önlemleri)	125
Tablo 4-4:	Yeni inşaatların ortalama bina özellikleri (bina kabuğu ve teknik bina önlemleri)	126
Tablo 4-5:	Senaryo açıklamaları	130
Tablo 4-6:	Senaryo bazında farklı ortalama konut binası durumlarının payları	131
Tablo 4-7:	Senaryo bazında farklı ortalama konut dışı bina durumlarının payları	132
Tablo 4-8:	2015 ve 2018 bina stoku taban değerleri	136
Tablo 4-9:	2018-2050 Türkiye'deki bina stoku gelişimi (düşük yenileme oranı, arkaplan verileri)	138
Tablo 4-10:	Yıllık olarak konut binaları için %0,5'lik ve konut dışı binalar için %0,35'lik mevcut bina stoku varsayılan düşük büyük çapta yenileme oranı ile 6 senaryo	142
Tablo 4-11:	Hesaplamalar ve sonuçlar hakkında açıklamalar	143
Tablo 4-12:	Çatı alanları Güneş enerjisi sistemleri	144
Tablo 4-13:	Orijinal senaryo 5 ve senaryo 5'in 6 ilave varyantına ilişkin sonuçlar	149
Tablo EK2-1:	%1'lik bir orta büyük çaplı yenileme oranı ile 6 senaryoya ilişkin sonuçlar	182
Tablo EK3-1:	%1'lik bir orta büyük çaplı yenileme oranı ile 6 senaryoya ilişkin sonuçlar	186

Yönetici Özeti

Türkiye’de büyüyen inşaat sektörü (konut ve konut dışı sektörler de dahil olmak üzere) ülkenin nihai enerji tüketiminin yaklaşık %34’inden sorumludur¹. Sadece konut bina stokunun 2050 yılı itibarıyla toplamda %50’nin üzerinde büyümesi beklenmektedir. Bu nedenle, Türkiye’deki inşaat sektörü Türkiye’nin Ulusal Katkı Beyanı’nda belirlenen ulusal iklim koruma hedeflerine ulaşmasında en önemli dayanaklardan biridir.

Bina Sektörü Enerji Verimliliği Atlası keşfe dayalı pazar araştırmasının amacı, kilit teknoloji ve yenilikler ile bunların binaların enerji talebini düşürme potansiyeline ilişkin kapsamlı bir genel değerlendirme sunmaktır. Bu araştırma, enerji verimliliği teknolojilerinin pazarda geliştirilmesi konusunda detaylı tavsiyelerde bulunarak karar alıcılar ile pazar aktörlerini pazar hacimleri konusunda bilgilendirmektedir. Raporun, ayrıca, enerji verimli binalar alanında potansiyel yatırımcıların Türkiye’nin neresinde enerji verimliliği teknolojilerini elde edip uygulayabileceklerini ve bu teknolojilerin bulunabilirliği ve uygun maliyetlerle yayılmasını hızlandırmak ve inşaat pazarını güçlendirmek için hangi alanlarda daha fazla çalışmanın yapılması gerektiğini gösteren bir dayanak ve yol haritası görevi görmesi beklenmektedir.

Rapor dört ana bölümden oluşmuştur. İlk bölüm enerji verimliliği ile ilgili ana politikalar ve yasal altyapı incelenmiştir.

Aralık 2015’te dünyada tarihi bir aşama kaydedilmiştir: İçinde bulunduğumuz yüzyıldaki küresel sıcaklık artışını 1,5°C ile sınırlandırmaya yönelik çabaları sürdürmek için evrensel anlaşma sağlayan Paris Anlaşması (PA) imzalanmıştır. PA’nın yürürlüğe girdiği Kasım 2016 başından itibaren iklim müzakerelerinde ağırlıklı olarak PA’yı uygulanabilir hale getirmeye yönelik prosedürler üzerinde durulmuştur.

Emisyonları, ülkelerin taahhütlerini ve eylemlerini takip eden bağımsız bir bilimsel

¹ IEA, 2018a

değerlendirme olan İklim Eylem Takipçisi kapsamında dünyada 1,5°C sınırına ulaşılması amacıyla kilit sektörlerde atılması gereken 10 önemli kısa vadeli adım belirlenmiştir:

- **Elektrik:** 2025 yılına kadar yenilenebilir kaynaklar ve diğer sıfır ve düşük karbon enerjisinin büyüme oranını sürdürerek bunu 2050 yılına kadar %100 düzeyine çıkarmak,
- **Kömür enerjisi:** Yeni kömür santrali kurmamak ve mevcut kömür santrallerinden kaynaklanan emisyonları 2025 yılına kadar en az %30 oranında azaltmak,
- **Karayolu taşımacılığı:** Fosil yakıtlı araç satışının 2035 yılına kadar sonlandırılması,
- **Havacılık ve sevkiyat:** 1,5°C hedefine uygun vizyon geliştirmek ve bunun üzerinde anlaşma sağlamak,
- **Yeni binalar:** 2020 yılı itibariyle yeni binaların tümünün neredeyse sıfır enerji bina olması²,
- **Bina yenileme:** 2015 yılında %1'den düşük olan yıllık oranları 2020 yılına kadar %5 oranına yükseltmek³,
- **Sanayi:** Emisyon-yoğun sektörlerde tüm yeni tesislerin 2020 yılından sonra düşük karbonlu olması, materyal verimliliğinin en yüksek seviyeye çıkarılması,
- **Arazi kullanımı, arazi kullanımında değişiklik ve ormancılık:** 2030 yılına kadar ormancılık ve diğer arazi kullanımı alanlarında emisyonları 2010 seviyelerinin %95 altına indirmek ve 2020'ler itibariyle net ormansızlaştırmayı durdurmak,
- **Ticari tarım:** Emisyonları mevcut seviyelerde veya bunların altında tutmak, bölgesel en iyi uygulamaları yerleştirmek ve yaygınlaştırmak ve araştırmaları arttırmak
- **CO₂'yi azaltma:** Negatif emisyonlar için araştırma ve planlama çalışmalarına başlamak (Ecofys v.d., 2016)

IEA'nın Enerji Teknolojisi Perspektiflerinden alınan en güncel analizde, 2060 yılına kadar net sıfır emisyon hedefine ulaşmak için binalarda kişi başına düşen enerji kullanımının küresel ortalamasının 2025 yılına kadar en az %10'a düşürülmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna göre, enerji talebinin genel olarak durgun olduğu OECD ülkelerinde enerji verimliliği eylemleri yoluyla enerji kullanımında büyük azaltımlar yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda, enerji hizmetlerine yönelik talep artışı göz önünde bulundurularak OECD üyesi olmayan ülkelerde de gecikmeksizin enerji verimli ve düşük karbonlu inşaat teknolojilerinin yayılması gerekmektedir (OECD/IEA, 2017).

² NZEB'ler 2020 yılından itibaren AB'de zorunlu hale gelecektir.

³ Birçok ülkede güçlendirme faaliyetlerinin artırılması için hangi araçların uygun olduğu konusunda yapılan araştırmalar devam etmektedir.

Türkiye, 2004 yılından bu yana Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (UNFCCC) bir tarafı olup 2009 yılında da Kyoto Protokolünü imzalamıştır. O zamandan bu yana, enerji güvenliğini arttırırken iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasında ilerleme sağlama ve uyarılma konularında politika, strateji ve eylem planları geliştirmiştir.

Uluslararası iklim müzakereleri çerçevesinde Türkiye 2015 yılında Ulusal Katkı Niyet Beyanı (INDC) üzerinden iklim hedeflerini sunmuştur. Bu kısımda Türkiye'nin iklim hedeflerine katkı sağlayan enerji verimliliği politikalarının bir özeti verilmekte ve ülkenin kilit iklim politika belgelerinin genel bir değerlendirmesi sunulmaktadır.

- Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi (2010)
- Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı (2010)
- Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2011)
- Onuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı (2014)
- INDC (2015)
- Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023)

Enerji verimliliği tedbirlerinin uygulanmasını düzenleyen çerçeve, Enerji Verimliliği Kanununda (EVK) belirlenmiştir. 2007 yılında yürürlüğe giren EVK ile enerji yoğunluğunun ve ekonomideki genel enerji maliyetlerinin azaltılması hedeflenmektedir. Ayrıca, bu kanun elektrik ve sanayi sektörlerinde enerji verimliliği projelerinin uygulanmasına yönelik sübvansiyonların alınması için bir dayanak sağlamaktadır. Ancak, bağlayıcı bir enerji tasarrufu hedefi ortaya koymamaktadır. EVK, aynı zamanda enerji etütlerini (Madde 2, 4, 5, 11, 12), enerji yönetim hizmetlerini (Madde 4) ve gönüllü anlaşmaları (Madde 18-20) düzenlemiştir.

Bu kanun, aşağıdaki yönetmeliklere temel oluşturmaktadır:

- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008)
- Enerji Kaynaklarının Ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik (2011)
- Enerji İle İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik (2010)

EVK'da aşağıdakiler dahil olmak üzere yasal olarak bağlayıcı eylemlere yer verilmiştir:

- 2.000 m²'nin üzerinde alana sahip yeni binalarda merkezi ısıtma tesis edilmelidir.
- Kamu ve hizmet sektöründe aşağıdaki özelliklere sahip binalar için enerji etütleri zorunludur:
 - o Kamu sektöründeki binalar: Toplam yapıları alanı 10.000 m²'nin üzerinde ve yıllık enerji tüketimi 250 TEP'in üzerinde olan binalar
 - o Hizmet sektöründeki binalar: Toplam yapıları alanı 20.000 m²'nin üzerinde olan binalar
- Enerji etütleri kamu sektöründeki binalar için her 10 yılda bir, hizmet sektöründeki

binalar için her 4 yılda bir gerçekleştirilmelidir.

- Kamu binalarında enerji tüketimi, 2023 yılına kadar 2010 yılındaki seviyelere nazaran en az %20 oranında azaltılmalıdır.
- Aydınlatma, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, TV seti, buzdolabı, klima, kurutma makinesi, vb. gibi ev aletlerinin belirli bir enerji etiketi olmalıdır.

Binalarda Isı Yalıtım Gereksinimleri Hakkında standart olan TS 825, 1999 yılında çıkarıldıktan sonra 2000 yılında yürürlüğe girmiştir. 2008 yılında revize edilmiş ve yeniden yayımlanmıştır; büyük değişiklikler arasında ısı iletimi katsayılarının iyileştirilmesi ve derece günlük bölgeler başına maksimum enerji tüketimi seviyeleri yer almıştır.

TS 825 standardı, iklim bölgesine ve bina zarfı bölümüne göre maksimum U değerleri de belirlemektedir. U değeri, ısının bir yapıdaki (tekil bir materyal veya bir kompozit olabilir) transfer hızının, yapının tamamındaki sıcaklık farkına bölünmesiyle elde edilen ısı geçirgenliğini ifade etmektedir. Ölçü birimi W/m^2K 'dir. Yapı ne kadar iyi yalıtımlı olursa, U değeri o kadar düşük olacaktır. TS825 iklim bölgelerine göre duvarlar, çatı, döşeme ve pencerelere ilişkin tavsiye edilen U değeri gerekliliklerini tanımlamaktadır.

05/12/2008 tarih ve 27075 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nde amaç, binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.

Bu yönetmelik ile Enerji Kimlik Belgesi uygulamaya konmuştur. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği gereğince mevcut ve yeni binalara Enerji Kimlik Belgesi alınması zorunludur. Enerji Kimlik Belgesi, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği kapsamında tanımlanan ve ilgili metodoloji ve yaklaşıma göre binanın enerji tüketiminin ve SG emisyonunun modellendiği ve sınıflandırıldığı resmî belgedir. Mevcut binalar için 2020 yılından itibaren satış ve kiralama işlerinde bulundurulması zorunlu kılınan belgedir. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'ne göre, yeni inşa edilecek binaların enerji performans ve sera gazı emisyon sınıfı en az C sınıfı olmalıdır.

Enerji İle İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik (2009/125/AT): AB Eko-Tasarım Direktifi ve Enerji Etiketleme Direktifi temel alınarak hazırlanan yönetmeliğin temel amacı enerji ile ilgili ürünlerin piyasaya arz edilebilmesi veya hizmete sunulabilmesi için, bu ürünlerin tasarımında uyulması zorunlu olan startların çerçevesini belirlemek suretiyle enerji verimliliğini, çevre koruma düzeyini ve enerji arz güvenliğini artırarak sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmaktır.

Raporun ikinci bölümünde ise bina sektörünün mevcut durumu ve enerji verimliliği teknolojileri için pazar durumları incelenmiştir.

Mevcut bina stoku sayılarının bulunması için birkaç farklı veri seti kullanılmıştır. Kullanılan veri setinin ilki 2000 yılındaki Bina Sayımı İstatistikleri'dir. 2000-2001 yılları arasındaki ve 2002-2017 yılları arasındaki yapı kullanım izinleri ise TÜİK istatistiklerinden alınarak kullanılmıştır.

Bu çalışmada aşağıdaki bina tiplerine göre toplam bina sayısı verilmiştir:

- Müstakil ev
- Apartman
- Ofis
- Eğitim
- Kamu
- Hastane
- Diğer

Yapılan varsayımlara ve yaklaşımlara göre iklim bölgeleri ve bina tipine göre mevcut bina sayıları aşağıdaki gibidir:

Tablo 0-1: Mevcut bina stoğu

	Mevcut				
	Tek Haneli Konut	Çok Haneli Konut	Ofis	Kamu	Diğer
1. İklim Bölgesi	1.156.277	224.549	78.160	10.154	92.287
2. İklim Bölgesi	2.131.329	501.932	148.931	23.789	191.390
3. İklim Bölgesi	1.179.912	232.566	86.491	17.802	149.409
4. İklim Bölgesi	418.630	55.436	45.941	6.407	51.332
Genel Toplam	4.886.148	1.014.483	359.523	58.152	484.417

	Yeni				
	Tek Haneli Konut	Çok Haneli Konut	Ofis	Kamu	Diğer
1. İklim Bölgesi	89.672	87.279	3.103	2.297	20.049
2. İklim Bölgesi	122.851	214.766	6.624	4.968	36.685
3. İklim Bölgesi	71.385	100.948	3.527	3.912	20.502
4. İklim Bölgesi	16.767	19.718	995	751	13.422
Genel Toplam	300.675	422.711	14.250	11.929	90.659

	Yeni & Mevcut Toplam							GENEL TOPLAM
	Tek Haneli Konut	Çok Haneli Konut	Ofis	Eğitim	Kamu	Hastane	Diğer	
1. İklim Bölgesi	1.245.949	311.828	81.263	8.998	8.186	253	112.083	1.768.560
2. İklim Bölgesi	2.254.180	716.698	155.555	25.879	14.594	880	227.195	3.394.982
3. İklim Bölgesi	1.251.297	333.514	90.018	12.573	18.014	440	169.471	1.875.327
4. İklim Bölgesi	435.397	75.154	46.936	9.410	923	198	64.556	632.574
Genel Toplam	5.186.823	1.437.194	373.773	56.860	41.717	1.770	573.306	7.671.443

ETKB tarafından en son açıklanan 2018 tüketim istatistiklerine göre Bina Sektörü Konut ve Ticaret & Hizmetler kategorilerinin toplamı olarak, toplamda %31'lik pay ile Sanayi Sektörlerinin arkasından gelmektedir. Tekil olarak sektörlere bakıldığında ise en yüksek tüketimin konut sektöründe olduğu görülmektedir.

Aynı istatistiklere göre, 2018 yılı konut sektörü toplam enerji tüketimi 21,3 Milyon TEP, Ticaret ve Hizmetler sektörünün tüketimi 12 Milyon TEP olarak gerçekleşmiştir⁴.

Raporun devamında enerji verimliliği teknolojilerinin pazar durumları irdelenmiştir. Bina sektörü için hedeflerin doğru ve gerçekçi belirlenebilmesi için mevcut durumu, şartları ve eğilimleri analiz etmek çok önemlidir. Mevcut pazar büyüklükleri ve değişimleri, kanun koyucular için daha gerçekçi hedefler belirlenmesi yönünde en önemli bileşenlerden biridir.

Bu doğrultuda, binaların enerji performansını etkileyen aşağıdaki teknolojiler için pazar analizi yapılmıştır:

- Bina Yalıtım Sistemleri
- Pencere Sistemleri
- Mono ve Multi Split Klima Sistemleri
- VRF Sistemleri
- Klima Santralleri
- Sıcak Su Kazanları
- Aydınlatma Sistemleri
- Bina Otomasyon ve Yönetim Sistemleri
- Güneş Enerjili Sıcak Su Sistemleri
- Kojenerasyon/Trijenerasyon Sistemleri
- Isı Pompaları
- Fotovoltaik (PV) sistemleri

⁴ <https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari>

Pazar analizi, her bir teknoloji için aşağıdaki başlıklar özelinde yapılmıştır:

- Mevcut Pazar Büyüklüğü ve Eğilimleri: Bu bölümün altında mevcut pazar büyüklüğü, toplam ekipman satışı, ihracat ithalat değerleri yıllara göre analiz edilmiş ve değişimler raporlanmıştır.
- Teknolojik Gelişmeler ve Mevcut En İyi Sistem: Bu başlık altında ilgili teknolojide pazarda mevcut en iyi sistem ve henüz ticarileşmemiş olan ve gelecekte uygulanması beklenen sistemler incelenmiştir.
- SWOT Analizi: Bu bölümde ilgili teknolojinin pazarının güçlü ve zayıf yönleri ile daha verimli olanlarının yaygınlaşması doğrultusunda fırsatlar ve engeller incelenmiştir.
- Gelecek Beklentileri: Bu başlık altında, yakın gelecekte teknolojide nasıl bir beklenti olduğu değerlendirilmiştir.

Buna göre:

Bina Yalıtım Sistemleri

İZODER Türkiye Isı ve Su Yalıtım Pazarı Raporu'na göre, 2018 yılında ısı ve su yalıtımı pazarının toplam büyüklüğü 19,6 milyar TL 'dir.

Bu çerçevede 2018 yılında hizmetler ve yardımcı malzemeler dahil ısı yalıtımı pazarının büyüklüğü 12 milyar TL, su yalıtımı pazarının büyüklüğü 7,6 milyar TL seviyesidir. Türkiye'de ısı yalıtımı amacıyla kullanılan ürünlerin toplam tüketimi, ihracat hariç, 2018 yılında 17,5 milyon m³ olarak gerçekleşti. Buna göre kişi başı ısı yalıtım malzemesi tüketimi 0,213 m³ oldu. 2018 yılında 270 milyon m³ ısı yalıtım ürünlerinin kullanıldığı Avrupa Birliği'nde ise kişi başı tüketim 0,526 m³ olarak gerçekleşti. Yani AB'de kişi başına tüketim, ülkemizdeki kişi başına tüketimin 2,5 kat üstünde gerçekleşmiştir⁵.

Pencere Sistemleri

Isı yalıtım sistemlerine benzer şekilde, pencere sistemleri de inşaat sektörü ile paralel gelişen bir sektördür. Dolayısı ile ısı yalıtım sistemlerinde verildiği gibi, büyümesi duran, hatta gerileme içerisinde olan inşaat sektörü, pencere sektörünü de olumsuz etkilemektedir. Bu daralmaya rağmen, inşaat malzemeleri sektörleri için 2019 yılında büyüme sağlayan tek sektör düz cam sektörü olmuştur. 2019 yılında 22 alt sektörün 21'inde üretim bir önceki yıla göre düşüş göstermiştir. 2019 yılında düz cam imalatı %2,8 artış ile üretimi geçen yıla göre artan tek sektör olmuştur.

Split Klima Sistemleri

Oldukça dinamik bir şekilde gelişen split klima pazarında, 2000 yılında Türkiye'de klima üretilmiyorken, son 18 yılda küresel pazardaki 4 markanın da üretime başlaması ile Avrupa'nın tüm gereksinimini karşılayacak bir kapasiteye ulaşılmıştır.

Split klima pazarı, tüm iklimlendirme pazarı içinde (kombi hariç) adet olarak %63, değer olarak yaklaşık %50'lik bir paya sahiptir.

⁵ İzoderji – Şubat 2020 Sayısı, <https://www.izoder.org.tr/dergiler/izoder-141-e-dergi/izoderji-141.pdf>

Sektör 2018 yılında genel olarak inşaat sektöründeki daralmadan yüksek oranda etkilenmemiş ancak herhangi bir büyüme de gösterememiştir. 2018 yılında, bir önceki yıla oranla yaklaşık %2'lik bir küçülme ile toplamda 2 milyon iç ve dış ünite iç pazarda satılmıştır. Üretilen ürünlerin yaklaşık %76'sı iç pazarda satılmış, kalan miktar ise ihraç edilmiştir. 2014 yılı ile karşılaştırıldığında ise hem üretim hem de iç talep yaklaşık %40 artmıştır.

VRF Sistemleri

İç ünite satış miktarları 2007 yılından 2018 yılına kadar geçen 11 yıl içinde dış ünite satış miktarlarına göre birbirlerine yakın gerçekleşmiştir. İç üniteyle dış ünite satış miktarları arasındaki farkların oranı genellikle 5 katı civarında olmuştur. Bu da bize iç ünitelerin her bir dış ünite için uygulanma miktarının değişmediğini göstermektedir. İç ve dış ünite satış miktarlarını ise 2007 yılından 2018 yılına kadar geçen 11 yıl içinde yaklaşık 6 katından fazla miktarda artış yapmıştır. Teknolojinin bu yıllar içinde geliştiği varsayılırsa bu normal bir durumdur. 2014 yılı ile karşılaştırıldığında ise 2018 yılında %20'lik bir artış görülmektedir. 2016 yılında küçülme gösteren satışlar 2017 yılında tekrar canlanmış ve genel olarak 2018 yılında ekonomik göstergeler ile birlikte önemli ölçüde gerileyen inşaat sektörüne rağmen, sunduğu birçok avantaj dolayısı ile VRF sistemleri küçük de olsa büyümesini sürdürmüştür.

Klima Santrali

Temelde ortam iç hava kalitesini sağlamak için gerekli temiz hava çevrimini sağlayan klima santralleri, iklimlendirme sistemleri ile birlikte çalışarak ortamın gerekli hava kalitesi ile ısıtılmasını veya soğutulmasını sağlarlar. Yerel üretim, iç pazarın yaklaşık %85'ini sağlamaktadır.

Soğutma Grupları

Soğutma gruplarının 2007 ve 2008 yıllarındaki yaklaşık 2.200 adet üzerindeki yurtiçi satış miktarları sonraki yıllarda 2011 yılına kadar azalış göstermiş ve 2011 yılında neredeyse iki katı kadar artış yaşanarak 3.153 adete sonra da 2012 yılında 3.775 adete ulaşarak zirve yapmıştır.

Sonraki 2 yıl boyunca %35, sonra da %24'lük azalmalarla yeniden 2010 yılı değerlerine yaklaşmış fakat 2011 yılında yaşanan %31'lik artış ile 2.434 adetlik satış değeri yakalanmıştır. Ancak 2016 ve 2017 yıllarında küçük oranlardaki azalmalarla 2.111 adete düşerek 2007 yılı değerlerine geri dönmüştür. 2018 yılında ise 1.534 adet ile 2009 yılındaki en düşük miktar olan 1.580 adetlik satış miktarına geri dönmüş olduğu dikkat çekmektedir.

Kombi ve Sıcak Su Kazanları

İnşaat sektöründeki küçülmeden dolayı kombi ve kazan sektörü de diğer iklimlendirme sistemleri gibi 2018 ve 2019 yıllarında çift haneli olarak küçülmüştür. Ancak ondan öncesinde, 2018 yılına kadar hızlı bir büyüme içinde bulunmuştur.

Aydınlatma Sistemleri

Elektrikli aydınlatma ekipmanları ihracatı 2013 yılında 481,25 milyon dolar iken, 2014 yılında 533,18 milyon dolara yükselmiş ve yıllık en yüksek ihracat gerçekleşmiştir. 2015 yılında

ihracat 452,67 milyon dolara inmiş 2016 ve 2017 yıllarında da benzer ihracatlar yapılmıştır. 2018 yılında ise ihracat yüzde 4,7 artış göstermiş ve 466,02 milyon dolara yükselmiştir.

Elektrikli aydınlatma ekipmanları ithalatı ise 2013 yılında 925,84 milyon dolar iken 2014 yılında 959,53 milyon dolar ile en yüksek yıllık seviyesine ulaşmıştır. 2015 yılında 862,28 milyon dolara gerileyen ithalat sonraki yıllarda da düşerek 2018 yılında 615,37 milyon dolara kadar gerilemiştir.

Bina Otomasyon Sistemleri

Yapılan araştırma 2020 yılında Avrupa akıllı konut pazarının 14 milyar dolarlık bir büyüklüğe ulaşacağını ortaya koyuyor. Tüm dünyada beklenen rakam ise 51 milyar dolar olarak öngörülmektedir⁶. Global olarak tüm bina otomasyon sistemlerinin pazar büyüklüğünün ise 2020 yılında 160 milyar doları aşması öngörülmektedir⁷. Otomasyon sistemleri pazarının ana hedef bölgeleri Ortadoğu ve Kuzey Amerika durumundadır.

Türkiye’de ise, gelişmiş sistemler ile geç tanışılmış olmasına rağmen dünya eğilimi takip edilmektedir. Toplam pazar büyüklüğü konusunda ise farklı tahminler mevcuttur. Gelişmiş bina otomasyon sistemleri için Türkiye pazarının yıllık yaklaşık 50 Milyon EUR olduğu tahmin edilmektedir⁸.

Kojenerasyon Sistemleri

Toplam aktif kurulu güç 2013 yılından itibaren düşüşe geçmiştir. Bunun en önemli sebebi, bu tarihten sonra doğalgaz fiyatlarının hızlı bir şekilde artmış olması olarak verilmektedir. Gerçekten de doğalgaz fiyatının bu tarihten sonra elektrikten daha hızlı artmış olması, doğalgaz tüketen kojenerasyon tesislerinin karlılığının oldukça azaltmıştır.

Isı Pompaları

Türkiye’de özellikle su ve toprak kaynaklı ısı pompası kullanımı oldukça sınırlıdır. Bu noktada sadece birkaç özel uygulama dışında yaygın bir kullanımdan söz etmek mümkün değildir. Isı pompası olarak satılan VRF ve split klima sistemlerin bir kenara bırakılırsa, toprak kaynaklı ve su kaynaklı ısı pompaları, halen yüksek ilk yatırım maliyetleri ve gerekli özel koşullar (örneğin yakın su kaynağı) nedeniyle halen örnek projeler dışında yaygın olarak tercih edilmemektedir.

Fotovoltaik Sistemler

2019 yıl sonu verilerine göre çatı ve cephe uygulamalarına yapılan başvuruların toplam kapasitesi 622 MW’a ulaşmıştır. Bunlardan 610 MW’lık kısmı toplam 775 adet başvuru ile sanayi tesisleri için, 12 MW’lık kısmı ise 1.188 başvuru ile konutlar için yapılmıştır. Bu rakamların gelecekte daha da artacağı öngörülmektedir^{9,10}.

⁶ <https://www.marketsandmarketsblog.com/intelligent-building-market.html>

⁷ <https://www.marketwatch.com/press-release/at-121-cagr-building-automation-system-market-size-will-reach-16699-billion-usd-by-2026-2020-01-02>

⁸ <http://www.dunyainsaat.com.tr/dergioku.php?haberid=1245>

⁹ https://yesilekonomi.com/sanayi-tesislerinin-lisanssiz-ges-basvurusu-600-mwi-asti/?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=gunes_enerjisi_buelteni&utm_term=2020-01-15

¹⁰ Özgür, E, Türkiye’de Güneş Enerjisi, MMO

PV sistemlerindeki bu hızlı artışın aksine binalar sektörü özelinde bu hızda bir yaygınlaşma henüz gerçekleşmemiştir. Toplam kurulu güç içerisinde, bina sektörü kurulumları %1'in altındadır.

Raporun devam eden bölümünde Binalar Sektörü ile ilgili 2050 yılına kadar genişletilmiş bir enerji tüketim modellemesi yapılmıştır. Bu bölüm için genel metodoloji 4 ana çalışma adımından oluşmaktadır. Bu 4 adım, şunları içermektedir:

1. Referans veya ortalama binaların tanımı
2. Enerji performansının analizi ve ortalama binaların her birinin maliyetleri
3. Senaryo özelliklerinin tanımı
4. Senaryo analizi

Aşama 1 düşük yenileme oranı senaryolarının sonuçları, Türk bina sektöründeki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiden ortaya çıkan birincil enerji tüketimi ve emisyonlarının, 2018 sonundaki taban durumuna kıyasla 2030 yılına kadar sırasıyla %18 ve %17 ve 2050 yılına kadar sırasıyla %38 ve %35 azaltılabileceğini göstermektedir.

Yalnızca yeni inşaatların ve yenilenen binaların etkilerini kıyaslayarak, senaryo 6 bile, olağan durum (OD) senaryosuna kıyasla yaklaşık %70 daha fazla birincil enerji tasarrufu ve %66 emisyon azalımı sağlamaktadır.

Bu sonuçlar, maliyet hesaplarının ve bunların ortaya çıkan yıllık ödeneklerinin sonuçları da göz önüne alındığında, daha da ümit vericidir. Aslında, senaryo 5'in (Yenilenebilir Enerji senaryosu), olağan durum (OD) senaryosunun (senaryo 1) yıllık ödeneklerinden %8 daha düşük yıllık ödenekleri ile en maliyet etkin senaryosu olduğu ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda senaryo, son yılların sürekli büyüyen geçmiş PE birincil enerji tüketimini telafi eden tüm senaryolardan ikinci en yüksek birincil enerji düşüşünü sağlar. 2018 sonu taban durumuna kıyasla, senaryo, olağan durum (OD) senaryosuna kıyasla 2030 yılına kadar ~%15 ve 2050 yılına kadar %32 birincil enerji tasarrufu sağlamak ve yalnızca etkilenen binalara ilişkin düşüşleri karşılaştırarak, olağan durum senaryosuna göre ~%60 daha fazla birincil enerji tasarrufu elde etmektedir.

Optimizasyon çalışmasından, binaların performansını iyileştirmek bile mümkün olmuştur. Talep ve arz tarafını optimize ederek, orijinal senaryo 5'e kıyasla ilave %8 birincil enerji tasarrufu mümkündür ve maliyetler yaklaşık %23 azaltılabilir.

Raporun son bölümünde ise bu analizler sonucunda belirlenen gerçekçi hedeflere yer verilmiştir.

Hedeflerin gerçekçi ve ulaşılabilir olabilmesi için, binalar sektörünün Mevcut ve Yeni Binalar olarak iki farklı şekilde değerlendirilmesi daha uygun olacaktır. Bu doğrultuda, 4. Bölümde verilen senaryolardan aşağıdaki kısa ve uzun vade hedeflerinin belirlenmesinin uygun ve gerçekçi olduğu görüşü benimsenmiştir:

Mevcut Binalar: Mevcut binalar için senaryo geçişleri hem yüksek yatırım gerektiğinden hem de teknik olarak zorluklar içerdiğinden, mevcut binaların enerji verimli dönüşümlerinde görece daha düşük hedefler belirlenmesi daha uygundur. Buna göre önerilen hedefler aşağıdaki gibidir:

- a. Kısa Vade Hedefleri – 2030'a kadar: Mevcut binalar için kısa vadede belirlenmesi gereken hedef 5. Bölümde detaylıca incelenen senaryolar arasında S2 olarak seçilmiştir.
- b. Uzun Vade Hedefleri – 2030 sonrası: 2030 sonrasında ise S3 senaryosu mevcut binalar açısından hem ulaşılabilir hem de yüksek enerji tasarrufu vadeden bir senaryo olarak hedef olarak seçilmesi uygundur.

Yeni Binalar: Yeni inşa edilecek binalar için ise daha yüksek hedefler belirlemek daha uygundur. Buna göre kısa ve uzun vade hedeflerin aşağıdaki gibi olması önerilmektedir:

- a. Kısa Vade Hedefleri – 2030'a kadar: Mevcut binalar için uzun vadede belirlenen senaryosu hedefi, yeni inşa edilecek binalar için ise kısa vade hedefi olarak belirlenebilir. Bu bina tipleri ortalama olarak EKB B sınıfına yakın veya B sınıfı olacak şekilde hedeflenmiştir.
- b. Uzun Vade Hedefleri – 2030 sonrası: Yeni binalarda uzun vadede çok daha iddialı hedefler belirlenmesi uygun olacaktır. Böylece, binalar sektörünün enerji verimli dönüşümü gerçekleştirilebilir. ÇŞB'nin nZEB hazırlıkları da göz önünde bulundurulduğunda, uzun vade hedefi olarak S6 senaryosu belirlenmelidir.

Yine 4. Bölümde detaylı olarak anlatılan senaryo, bugün için ticari olarak mevcut olan en iyi sistemlerin kullanıldığı bir bina senaryosunu hedefler. Bu senaryoda ulaşılabilir enerji ve emisyon tasarrufları bakımından en iddialı yolu temsil edecek olmakla birlikte, muhtemelen en yüksek küresel maliyetlere de yol açacaktır. Yine de, bina sektöründe mümkün olan ulaşılabilir enerji tasarruflarının veya emisyon azaltımlarının üst ucunu belirleyecektir. Bu senaryoda yalnızca ciddi anlamda azaltılmış U-değerlerini ve Mevcut En İyi Teknolojilerin (MEİT) iddialı bir karışımını kabul eden nZEB tipi ortalama binalar hedeflenmiştir.

1

Giriş ve Metodoloji

Bu Atlasın amacı, ilgili karar alıcılar ile özel sektör aktörlerini, Türkiye’de binalar için enerji verimliliği teknolojileri (EVT) pazarındaki ürünler, hizmetler, aktörler ve bu pazarın ardında bulunan itici güçler hakkında bilgilendirmek ve yol göstermektir. Bu atlasta ilgili teknolojiler için mevcut ve potansiyel pazar büyüklüğüne odaklanmakta ve bu teknolojilerin pazar gelişimini arttırmaya yönelik tavsiyelerde bulunmaktadır. Rapor, ana hedef olarak Türkiye bina sektörünün enerji verimliliği açısından hangi hedefleri belirlemesi gerektiğinin analizi yapılmıştır. Bu doğrultuda raporun ilk bölümünde Uluslararası ve Ulusal enerji verimliliği politikaları ile ilgili yasal altyapı değerlendirilmiştir. Bu noktada ilgili AB direktifleri ile karşılaştırmalar yapılarak, mevcut durum değerlendirmesi yapılmıştır.

Sonraki bölümde bina tipine göre önce toplam bina stoku belirlenmiştir. Bu istatistiksel analiz yapılırken birkaç kaynaktan veri toplanmıştır. Bunlar:

- 2000 bina sayımı istatistikleri
- 2002-2017 TÜİK yapı izin istatistikleri
- 2018 ve 2019 TÜİK yapı izin istatistikleri
- 2017 TÜİK Hastane ve yatak sayısı istatistikleri
- Milli Eğitim Bakanlığı 2018 eğitim binası istatistikleri
- IGD 2019 AVM sayısı istatistikleri

Tüm bu veri setleri birleştirilerek toplam bina stoku sayısı ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca 2012’den önceki ve sonraki bina sayıları ayrıca raporlanarak mevcut durum değerlendirmesi yapılmıştır.

Aynı bölümün sonraki aşamalarında ise enerji verimliliği teknolojilerinin mevcut pazar durumları ayrı ayrı incelenmiştir. Bu bölümün amacı, ilgili teknolojilerin mevcut durumda nasıl pazar şartlarına sahip olduğunun ve gelecekte bu teknolojilerin pazarının nasıl gelişeceğinin değerlendirilmesidir. Bu bölümdeki temel veri kaynakları ilgili derneklerin pazar araştırması raporlarıdır. Bunun yanında yine dernek ve firma görüşmeleri ile piyasa hakkında bilgiler ve öngörüler de toplanmıştır. Bu teknolojilerin mevcut piyasa durumları ve eğilimleri, daha gerçekçi hedefler belirlenmesi konusunda büyük önem arz etmektedir.

Sonraki bölümde ise mevcut bina stokunun enerji verimliliği durumu analiz edilmiştir. Bu bölümün temel hedefleri:

- Sonuçlar, politika için karar alıcılara, bir sonraki Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP) için potansiyel girdi olarak konu ile ilgili ve mantığa dayalı bilgiler vermeli ve böylece bina sektörü için iklim hedeflerinin somutlaştırılmasına yardımcı olmalıdır.
- Mevcut hedefler, Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkılarda (INDC) ve UEVEP’de tanımlanmıştır:
 - o INDC: “2030’a kadar Sera Gazı (SG) emisyonlarında Olağan Durum (OD) seviyesinden %21’e kadar azalma, Türkiye’nin küresel sıcaklıktaki artışı 2°C’nin altına düşürmeye yönelik uzun vadeli hedefle uyumlu düşük karbonlu kalkınma yollarına adım atmasını sağlayacaktır.”
 - o UEVEP: “2017-2023 döneminde uygulanacak olan UEVEP kapsamında, Türkiye’nin birincil enerji tüketiminin 2023 yılına kadar %14 oranında azaltılması hedeflenmektedir...”

Bu noktada bu bölümde aşağıdan yukarıya doğru bir analize dayalı olarak ve enerji tasarrufları ve önlemlerin maliyet etkinliği dikkate alındığında, 2050 yılına kadar hangi hedeflere makul olarak ulaşılabilir sorusuna cevap aranmıştır.

- Bu amaçla, çeşitli senaryolar (yollar) geliştirilmiştir
 - o yeni inşaat, yıkım ve yenileme faaliyetlerinin çeşitliliğini dikkate alarak,
 - o tipik inşaat tekniklerine uyararak ve
 - o bir Olası Durum (OD) temeline kıyasla binaların enerji performansını iyileştirmeye yönelik farklı teknik önlem kombinasyonlarına yer verilmiştir.

Bu bölüm için genel metodoloji 4 ana çalışma adımından oluşmaktadır. Bu 4 adım, şunları içermektedir:

1. Referans veya ortalama binaların tanımı
2. Enerji performansının analizi ve ortalama binaların her birinin maliyetleri
3. Senaryo özelliklerinin tanımı
4. Senaryo analizi

Bu adımlara dayalı olarak, birincil enerji, emisyon ve maliyetlerin sonuçları hesaplanmış ve raporlanmıştır.

Son bölümde ise, yapılan analizler sonunda hem mevcut binalar hem de yeni binalar için gerçekçi hedef senaryoları belirlenmiştir. Bölümün devamında özel sektöre yönelik öneriler verilmiştir. Bu kısımda enerji verimliliği finansman yöntemleri incelenmiş ve özellikle kamuda yapılan çalışmalar yer verilmiştir. Sonrasında ise enerji verimliliği yatırımcılarına pratikte uygulanması önerilen önlemler sıralanmış ve her bir enerji verimliliği teknolojisi için nasıl bir gelecek beklendiği değerlendirilmiştir. Böylece, yatırımcıların bu teknolojiler ile ilgili nasıl bir pozisyon alması gerektiği üzerinde durulmuştur.

2

Bina Sektörü Özelinde İklim Değişikliği İle İlgili Uluslararası Ve Ulusal Yasal Altyapı Ve Politikalar

Bu bölümde uluslararası iklim politikası çerçevesi tanıtılmaktadır. Ulusal iklim hedefleri, genellikle uluslararası anlaşmalardan doğmakta ve ulusal hükümetlerin güvencesi altında sunulmakta olup bir bütün olarak pazarın ve inşaat sektörünün geliştirilmesinde en önemli itici güç halini almaktadır.

2.1 Uluslararası iklim tartışmalarında mevcut durum

Aralık 2015'te dünyada tarihi bir aşama kaydedilmiştir: İçinde bulunduğumuz yüzyıldaki küresel sıcaklık artışını 1,5°C ile sınırlandırmaya yönelik çabaları sürdürmek için evrensel anlaşma sağlayan Paris Anlaşması (PA) imzalanmıştır. PA'nın yürürlüğe girdiği Kasım 2016 başından itibaren iklim müzakerelerinde ağırlıklı olarak PA'nı uygulanabilir hale getirmeye yönelik prosedürler üzerinde durulmuştur. Bu prosedürler bütünü, daha sonra hesap verebilirlik, uygunluk ve ülkelerin etkileri azaltma, uyum, iklim finansmanı, teknoloji transferi ve kapasite geliştirme alanlarında kaydettikleri ilerlemeler konusunda birbirleriyle iletişim biçimleri gibi konuların ele alınacağı Paris Anlaşması Kural Kitabı'nı meydana getirmiştir.

Ulusal katkı beyanları (NDC), diğer bir deyişle ülkelerin PA hedefine ulaşma konusunda yardımcı olmak için verdikleri taahhütlerin açıklamaları, bunun temel unsurlarından bir tanesidir. NDC'ler, ulusal sera gazı (SG) emisyonlarını azaltma hedefleri, emisyon azaltma taahhütlerinin sektörlere göre ayrılması ve yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği hedefleri ve uyum sağlama eylemleri gibi çeşitli biçimlerde geliştirilmiştir. Ülkeler, NDC'lerin hedefleri doğrultusunda dünyada PA hedeflerine ulaşma gayretlerini sürdürmek için elde edilen başarıları değerlendirmek ve gerekli görülen diğer çalışma alanlarını belirlemek amacıyla (2018'den itibaren) her 5 yılda bir küresel düzeyde bir envanter yapmayı kararlaştırmışlardır.

Paris Anlaşması'nın (PA) uygulanması

PA derhal harekete geçilmesi çağrısında bulunmuştur. Ancak temel soru dünyada 1,5°C'lik küresel sıcaklık hedefinin nasıl sağlanacağı sorusudur. Uygulamada bu durum, enerji ile ilgili CO₂ emisyonlarının 2020'den önce tepe noktasına ulaşacağı ve bunu izleyen 30 yılda %70'ten yüksek bir oranda düşeceği bu yüzyıl ortalarına kadar hızlı ve küresel olarak net sıfır SG emisyonlarına geçilmesi anlamına gelmektedir (Rogelj J. v.d. 2015). Birincil enerji talebinde

fosil yakıtların payı yüzyıl ortalarına kadar 2014 seviyelerinden %50 oranında azaltılacak, düşük karbon kaynaklarının (yenilenebilir kaynaklar, nükleer ve karbon tutma ve depolama özelliğine sahip fosil yakıtlar) payı ise 2050 yılında enerji talebinin yaklaşık %70'ine ulaşacaktır (IRENA ve IEA 2017) (Klein, 2017).

Emisyonları, ülkelerin taahhütlerini ve eylemlerini takip eden bağımsız bir bilimsel değerlendirme olan İklim Eylem Takipçisi kapsamında dünyada 1,5°C sınırına ulaşılması amacıyla kilit sektörlerde atılması gereken 10 önemli kısa vadeli adım belirlenmiştir:

- **Elektrik:** 2025 yılına kadar yenilenebilir kaynaklar ve diğer sıfır ve düşük karbon enerji kaynaklarının büyüme oranını sürdürerek bunu 2050 yılına kadar %100 düzeyine çıkarmak,
- **Kömür enerjisi:** Yeni kömür santrali kurmamak ve mevcut kömür santrallerinden kaynaklanan emisyonları 2025 yılına kadar en az %30 oranında azaltmak,
- **Karayolu taşımacılığı:** Fosil yakıtlı son aracın 2035 yılından önce satılmış olması,
- **Havacılık ve sevkیات:** 1,5°C hedefine uygun vizyon geliştirmek ve bunun üzerinde anlaşma sağlamak,
- **Yeni binalar:** 2020 yılı itibarıyla yeni binaların tümünün neredeyse sıfır enerji bina olması¹¹,
- **Bina yenileme:** 2015 yılında %1'den düşük olan yıllık oranları 2020 yılına kadar %5 oranına yükseltmek¹²,
- **Sanayi:** Emisyon-yoğun sektörlerde tüm yeni tesislerin 2020 yılından sonra düşük karbonlu olması, materyal verimliliğinin en yüksek seviyeye çıkarılması,
- **Arazi kullanımı, arazi kullanımında değişiklik ve ormancılık:** 2030 yılına kadar ormancılık ve diğer arazi kullanımı alanlarında emisyonları 2010 seviyelerinin %95 altına indirmek ve 2020'ler itibarıyla net ormansızlaştırmayı durdurmak,
- **Ticari tarım:** Emisyonları mevcut seviyelerde veya bunların altında tutmak, bölgesel en iyi uygulamaları yerleştirmek ve yaygınlaştırmak ve araştırmaları arttırmak,
- **CO₂'yi azaltma:** Negatif emisyonlar için araştırma ve planlama çalışmalarına başlamak (Ecofys v.d., 2016).

2.2 Ulusal iklim ve enerji politikalarının genel değerlendirmesi

Türkiye, 2004 yılından bu yana Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (UNFCCC) bir tarafı olup 2009 yılında da Kyoto Protokolü'nü imzalamıştır. O zamandan bu yana, enerji güvenliğini arttırırken iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasında ilerleme sağlama ve uyarlama konularında politika, strateji ve eylem planları geliştirmiştir.

¹¹ NZEB'ler 2020 yılından itibaren AB'de zorunlu hale gelecektir.

¹² Birçok ülkede güçlendirme faaliyetlerinin artırılması için hangi araçların uygun olduğu konusunda yapılan araştırmalar devam etmektedir.

Vizyon 2023 kapsamında, 2012 yılında ülkenin ekonomik kalkınma stratejisi hayata geçirilmiş ve Türkiye yenilenebilir kaynakların kullanımının, enerji yoğunluğunun azaltılmasının ve nükleer enerji üretiminin teşvik edilmesi için enerji hedefleri belirlemiştir. Bu hedefleri uygulamak üzere Türkiye bazı stratejiler geliştirmiştir. Uluslararası iklim müzakereleri çerçevesinde Türkiye 2015 yılında Ulusal Katkı Niyet Beyanı (INDC) üzerinden iklim hedeflerini sunmuştur. Bu kısımda Türkiye'nin iklim hedeflerine katkı sağlayan enerji verimliliği politikalarının bir özeti verilmekte ve ülkenin iklim politikaları belgelerinin genel bir değerlendirmesi sunulmaktadır.

- Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi (2010)
- Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı (2010)
- Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2011)
- Onuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı (2014)
- INDC (2015)
- Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023)

Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi (UİDS): Kyoto Protokolünü imzalamasından bir yıl sonra Türkiye, iklim politikalarının geliştirilmesinde yol gösterecek ana politika belgesi haline gelen ulusal iklim stratejisini geliştirmiş ve onaylamıştır. Bu strateji, İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu tarafından yürütülen çok paydaşlı görüşmeler halinde geliştirilmiştir. UİDS, enerji, atık, taşıma, sanayi, arazi kullanımı, tarım ve ormancılık sektörlerinde kısa, orta ve uzun vadeli stratejileri kapsamakta ve belirlemektedir. Bunlara ek olarak, SG kontrolü, iklim değişikliğine uyum, teknoloji gelişimi ve transferi, finansman, eğitim, kapasite geliştirme ve kurumsal çerçeve ve son olarak da teknoloji transferini izleme ve değerlendirme alanlarında stratejiler belirlemektedir. Binalar konusunda ise Enerji Stratejileri kapsamında, enerji kimlik belgelerinin uygulanması ve kamu binalarında enerji verimliliğinin artırılması gibi çeşitli kısa vadeli stratejiler belirtilmektedir.

Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı (UİDEP): Türkiye UİDS'leri uygulamak üzere 2011 yılında Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı 'nı geliştirmiş ve bunu 2012 yılında UNFCCC'ye sunmuştur. Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı tüm sektörlerde yaklaşık 540 etki azaltma eylemini kapsayan bir iklim uygulama yol haritasıdır. En çok öne çıkan eylemler, enerji verimliliği, yenilenebilir enerjiler, temiz teknolojilerin teşvik edilmesi ve SG emisyonlarını azaltmaya yönelik farkındalık oluşturma amaçlı kampanyalardır. Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı 'nda belirlenen eylemlerin nitel hedef ve aşamalar içermediğini ve her bir eylem için öncelikli alanların belirlenmesinin zor olduğunu dikkate almak önem taşımaktadır. Nicel verilere ilişkin şartlar eksik olmakla birlikte inşaat sektörü 11 eylem planı ile temsil edilmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) ve ÇŞB eylemlerin büyük bir bölümünden sorumlu kurumlardır. Özellikle enerji verimliliğine ve binalarda yenilenebilir enerjilerin entegrasyonuna ağırlık verilmiştir.

Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018): Türkiye, Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı 'nda Vizyon 2023 içinde yer alan hedeflere uygun olarak kalkınma planını hazırlamıştır. Kalkınma planında Bakanlık strateji ve politikaları için bir yol haritası oluşturulduğundan dolayı bu plan ile doğrudan veya dolaylı olarak iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya yönelik eylemleri hayata geçirilmektedir. Örneğin, diğer sektörler için yenilenebilir enerjinin önemini altı çizilmektedir ve enerjinin verimli kullanımı da kalkınma planı için kilit öneme sahip bir konudur.

Açıkça ifade edilmemiş olsa da kalkınma planında enerji verimliliğine yönelik tedbirlere de yer verilmiştir. Ayrıca, sürdürülebilir şehir yaklaşımı, şehir yenileme programları, akıllı binalar ve inşaat malzemelerine atıfta bulunmaktadır.

Enerji verimliliği politika eylemlerini uygulama alanındaki iyileştirmeler, uzun vadeli iklim hedeflerine ulaşılması ve inşaat, sanayi ve taşımacılık sektörlerinde enerji tasarrufu sağlanması açısından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, enerji verimliliğinin 2010 ÜİDS'nin (2010-2020) ve 2011 Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı'nın (2011-2023) uygulanması açısından merkezi bir önem taşıdığı düşünülmektedir.

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP): 2 Ocak 2018 tarih ve 30289 sayılı Resmî Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planında binalara ilişkin tedbirler aşağıda sıralanmıştır:

1. İnşaat sektöründe kullanılan malzeme ve teknolojiye ilişkin en iyi uygulamaların tespiti,
2. Binalarda enerji kullanım bilgilerini içeren bir veritabanı oluşturulması,
3. Kamu binaları için enerji tasarrufu hedeflerinin tanımlanması,
4. Belediye hizmetlerinde enerji verimliliğinin artırılması,
5. Mevcut binaların rehabilitasyonu ve enerji verimliliğinin geliştirilmesi,
6. Merkezi ve bölgesel ısıtma/soğutma teknolojilerinin kullanımının özendirilmesi,
7. Mevcut binaların enerji kimlik belgesi sahiplik oranının artırılması,
8. Sürdürülebilir yeşil binalar ile yerleşmelerin belgelendirilmesinin özendirilmesi
9. Yeni binalarda enerji verimliliğinin teşvik edilmesi,
10. Mevcut kamu binalarında enerji verimliliğinin arttırılması,
11. Binalarda yenilenebilir enerji ve kojenerasyon sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması,
12. Kobi niteliğindeki binalara yönelik enerji verimliliği etüt programları ve etütler için kaynak tahsisi,

2.3 Türkiye’de Enerji verimli binalar için yasal çerçeve ve ilgili AB yasal altyapısı

Bu alt bölümde, enerji verimliliğinin yasal çerçevesi hakkında temel bilgiler verilmektedir.

2.3.1. Politikaların yıllara göre gelişimi

Önceki kısımda görüldüğü üzere, enerji verimliliği, fosil yakıtlar ve doğal gaz bağımlılığını azaltma ve enerji verimliliği tedbirlerini tüm sektörlerde uygulamanın aciliyetini vurgulayan ÜİDS, Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı , Enerji Verimliliği Stratejisi ve UEVEP’te belirtilen hedefleri gerçekleştirmede önemli bir kilometre taşı haline gelmiştir.

Türkiye, inşaat sektöründeki enerji verimliliği mevzuatlarını, standartlarını ve etiketlerini AB çerçevesine uyumlaştırmıştır; ancak AB Enerji Verimliliği Direktifini tam olarak uygulamaya koymamıştır. Uyumlaştırmamanın bir bölümünü, bazı ekipmanların etiketler aracılığıyla enerji tüketimlerine ve minimum enerji performans standartlarına (MEPS’ler) dair bilgi verilmesini zorunlu kılan AB eko-tasarım ve etiketleme direktiflerinin aktarımı (bunlar genel olarak düşük kaliteli ithalatları önlemek üzere bazı kalemlere kısmen uygulanmıştır) oluşturmaktadır. Şekil 2-1’de Türkiye’de enerji verimliliğini teşvik etmek amacıyla uygulanan politikaların yıllara göre gelişimi gösterilmiştir.



Şekil 2-1: Enerji verimliliği politikalarının yıllara göre gelişimi¹³

2.3.2. Ulusal Enerji Verimliliği Strateji Belgesi

Ulusal Enerji Verimliliği Strateji Belgesinde 2023 yılına kadar gayri safi yurt içi hasıla (GSYH) başına enerji tüketiminin 2012 seviyesine nazaran en az %20 oranında azaltılması hedeflenmektedir. Bu nedenle, Ulusal Enerji Verimliliği Strateji Belgesi Türkiye’deki enerji verimliliği faaliyetleri için bir yol haritası geliştirmiş ve enerji verimliliği hedeflerine ulaşmak üzere kurumlar için sivil toplum kuruluşlarıyla (STK’lar) özel sektör arasında işbirliğini arttırmaya yönelik sorumluluklar belirlemiştir. Kapsamı içerisinde şu alanlar bulunmaktadır:

¹³ Kaynak: Ecofys şunu esas almıştır: (Deloitte ve ISPAT, 2013)

sanayi, elektrik sistemi, özel sektör/kamu sektörü binaları, elektrikli ürünler ve taşıma. Bu stratejik belgede ekonominin bütününe ilişkin stratejiler belirlendiğinden münferit sektörler üstü konular ele alınmaktadır. Ulusal Enerji Verimliliği Strateji Belgesi bağlayıcı bir belge olmadığından sektörler ve Bakanlıklara yönelik bir yol haritası olarak değerlendirilmelidir. Bu belgede stratejik amaçlar, hedefler ve faaliyetlerin yanı sıra paydaşlar da yer almaktadır. Tablo 2-1'de binalar için stratejik amaçlar ile bunların alt hedeflerinin genel bir değerlendirmesi sunulmaktadır.

Tablo 2-1: Ulusal Enerji Verimliliği Strateji Belgesi'ne dayalı olarak alt hedefleri dahil olmak üzere binalar için önerilen stratejik amaçların genel değerlendirmesi¹⁴

Stratejik amaçlar (SP)	Hedefler	Konu
SP-01: Sanayi ve hizmet sektöründe enerji yoğunluğunu ve enerji kayıplarını azaltmak	Bu Belgenin yayınlanmasını takip eden 10 yıl içerisinde enerji yoğunluğu, sanayinin her bir alt sektöründe en az %10 oranında olmak üzere sektör içi işbirliği yoluyla belirlenecek oranlarda azaltılacaktır.	Hizmet ve ticaret sektörlerinde (ve diğer) enerji yoğunluğunun azaltılması
SP-02: Binaların enerji talebi ve karbon emisyonlarını azaltmak, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak sürdürülebilir çevre dostu binaları teşvik etmek	2023 yılında, mevcut standartları sağlayan ısı yalıtımı ve enerji verimli ısıtma sistemleri, konutlarla birlikte 10.000 m ² 'nin üzerinde toplam kullanım alanına sahip tüm ticari ve hizmet binalarında tesis edilmiş olacaktır. 2023 yılına kadar bina stokunun (2010 yılına ait) en az ¼'ü sürdürülebilir bina haline getirilmelidir ¹⁵ .	Yalıtım ve verimli ısıtma sistemleri ve ticari binalar ile hizmet binaları > 10.000 m ² Tüm binalar içerisinde %25 oranında sürdürülebilir binalar (2023 yılında)
SP-03: Enerji verimli ürünlerin pazar dönüşümünü sağlamak	Lamba, soğutucu ve elektrikli motorların minimum enerji verimliliği sınıfı üzerinden pazar dönüşümü tamamlanacak; ancak, ısıtma/soğutma sistemleriyle diğer enerji verimli ürünlerin pazar dönüşümü AB uygulamalarına uygun olarak yapılacaktır.	Ürünlerin minimum enerji verimliliği
SP-06: Kamu sektöründe enerjiyi etkin ve verimli kullanmak	Kamu kurum binalarının ve tesislerinin yıllık enerji tüketimi, 2015 yılına kadar %10 ve 2023 yılına kadar %20 oranında azaltılacaktır.	Kamu binalarında enerji tüketiminin %10 (2015) ve %20 (2023 yılına kadar) oranlarında azaltılması

¹⁴ Bu bilgi doğrudan strateji belgesinden alınmıştır.

¹⁵ Sürdürülebilir bina: Enerji, su ve diğer doğal kaynakları verimli kullanarak çevre üzerinde en az etki yaratan ve güvenli ve enerji verimli iç ortam sağlayan binalar

SP-07: Kurumsal kapasite ve işbirliğini güçlendirmek, son teknoloji kullanımını ve farkındalık faaliyetlerini arttırmak, kamu finans kurumları haricinde finansman mekanizmaları geliştirmek	<p>Uygulayıcı kurumların kurumsal yapıları, kapasiteleri ve ortak işbirliği güçlendirilecektir.</p> <p>Sertifikalı enerji yöneticilerinin sayısı en az 5.000'e çıkarılacak ve sanayi sektörlerinde deneyimli enerji verimli danışmanlık şirketlerinin sayısı ülke genelinde 50'ye yükseltilecektir.</p> <p>Yerli AR&GE sonuçlarına dayalı olarak üretime başlanacak özgün tasarım ve/veya ürün sayısı, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynakları alanlarında 2023 yılına kadar en az 50 olacaktır.</p>	Kapasite geliştirme
--	--	---------------------

Türkiye son yıllarda enerji verimliliği konusunda farkındalık arttırmak amacıyla çeşitli farkındalık faaliyetleri başlatmıştır:

- 1980'li yıllardan bu yana her yıl Ocak ayında Enerji Verimliliği Haftası kutlanmakta ve 2010 yılından bu yana Enerji Verimliliği Forumu ve Fuarı düzenlenmektedir.
- 2002 yılında başlatılan Üçüncü Ülke Eğitim Programı farklı ülkelerden yapı uzmanları arasında bilgi aktarımının desteklenmesini hedeflemektedir.

2.3.3. Türkiye'de enerji verimliliği yasal altyapısı

Enerji verimliliği tedbirlerinin uygulanmasını düzenleyen çerçeve, Enerji Verimliliği Kanununda (EVK) belirlenmiştir. EVK ile enerji yoğunluğunun ve ekonomideki genel enerji maliyetlerinin azaltılması hedeflenmektedir. Ayrıca, bu kanun elektrik ve sanayi sektörlerinde enerji verimliliği projelerinin uygulanmasına yönelik sübvansiyonların alınması için bir dayanak sağlamaktadır. Ancak, bağlayıcı bir enerji tasarrufu hedefi ortaya koymamaktadır. EVK, aynı zamanda enerji etütlerini (Madde 2, 4, 5, 11, 12), enerji yönetim hizmetlerini (Madde 4) ve gönüllü anlaşmaları (Madde 18-20) düzenlemiştir.

Bu kanun, aşağıdaki yönetmeliklere temel oluşturmaktadır:

- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008)
- Enerji Kaynaklarının Ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik (2011)
- Enerji İle İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik (2010)
- Kamu ve hizmet sektöründe aşağıdaki özelliklere sahip binalar için enerji etütleri:
 - o Kamu sektöründeki binalar: Toplam yapı alanı 10.000 m²'nin üzerinde ve yıllık enerji tüketimi 250 TEP'in üzerinde olan binalar
 - o Hizmet sektöründeki binalar: Toplam yapı alanı 20.000 m²'nin üzerinde olan binalar

- Enerji etütleri kamu sektöründeki binalar için her 10 yılda bir, hizmet sektöründeki binalar için her 4 yılda bir gerçekleştirilmelidir.
- Kamu binalarında enerji tüketimi, 2023 yılına kadar 2010 yılındaki seviyelere nazaran en az %20 oranında azaltılmalıdır.
- Aydınlatma, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, TV seti, buzdolabı, klima, kurutma makinesi, vb. gibi ev aletlerinin belirli bir enerji etiketi olmalıdır.

EVK'da aşağıdakiler dahil olmak üzere yasal olarak bağlayıcı eylemlere yer verilmiştir:

- Toplam yapılı alanı 10.000 m²'nin üzerinde olan tüm ticari ve hizmet binalarında ısı yalıtımı ve enerji verimliliğine sahip ısıtma sistemleri tesis edilmiş olmalıdır.
- 2.000 m²'nin üzerinde yapılı alana sahip yeni binalarda merkezi ısıtma tesis edilmelidir.

Merkezi ısıtma ve sıcak su imkanlarına sahip tüm binalarda ayrı kontrol ve ölçüm sistemleri tesis edilmiş olmalıdır. Madde 10'da "mevcut tesislerin işletilmesinde, yeni tesislerin kurulmasında, kapasite arttırma ve modernizasyon faaliyetlerinde öncelikli olarak göz önünde bulundurulacak" enerji verimliliği tedbirleri belirtilmektedir.

1. *Yakma kontrolü ve optimizasyonu aracılığıyla yakıtların yakma sistemlerinde verimli bir biçimde yakılması,*
2. *Isıtma, soğutma, havalandırma ve ısı transferinde en yüksek verimin alınması,*
3. *Sıcak ve soğuk yüzeyler ile ilgili standartlara uygun olarak ısı yalıtımının sağlanması; istenmeyen ısı kayıpları veya kazanımlarını asgari düzeye indirmek için tüm ısı üretim, dağıtım ve kullanım ünitelerinin yalıtımının yapılması,*
4. *Atık ısının geri kazanımı,*
5. *Isının işleme dönüştürülmesinde verimliliğin artırılması,*
6. *Elektrik üretiminde kayıpların önlenmesi,*
7. *Elektrik enerjisinin ısıya veya mekanik enerjiye dönüştürülmesinde verimin artırılması, otomatik kontrol uygulamalarının hayata geçirilmesiyle insan faktörünün minimum seviyeye indirilmesi,*
8. *Kesintisiz enerji kaynağı sağlayacak girdilerin seçiminde dikkatli olunması,*
9. *Standartlaştırma ve kalite güvencesi sistemi gerekliliklerine dikkat edilerek makinelerin yüksek enerji verimliliği teknolojilerine sahip olanlar içinden seçilmesi,*
10. *İstenmeyen ısı kayıpları veya kazanımlarının minimum seviyeye indirildiği tasarımların geliştirilmesi ve uygulamanın tasarımlara göre yapılması,*
11. *Yapım ve kurulum aşamalarında enerji verimliliğine ilişkin ölçme ekipmanlarının temin ve tesis edilmesi,*
12. *Yenilenebilir enerji, ısı pompası ve kojenerasyon uygulamalarının analiz edilmesi,*

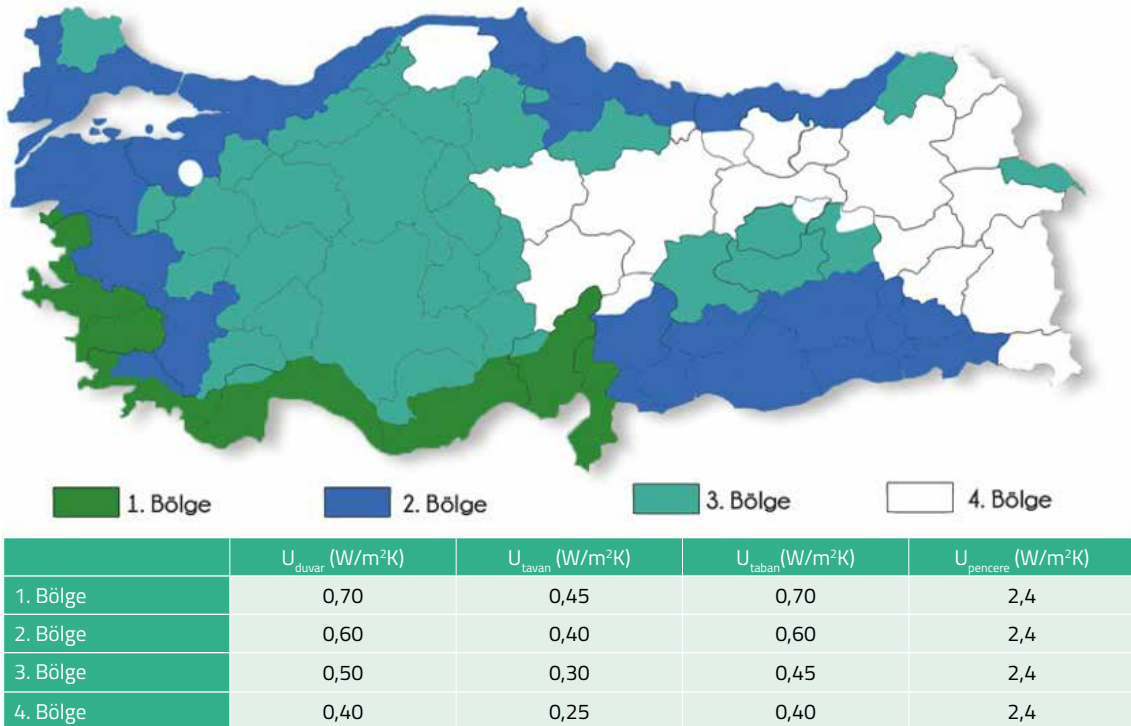
13. Aydınlatma amaçlı olarak yüksek verimli bağlantı elemanları ve lambalarının, elektronik balastların ve aydınlatma kontrol sistemlerinin kullanılması ve gün ışığından daha fazla yararlanılması,
14. Enerji tüketimi veya dönüştürme ekipmanında geçerli mevzuat kapsamında tanımlanan minimum verimlilik kriterlerinin yerine getirilmesi.
15. Camlarda düşük yayımlı ısı kontrol kaplamalı çift cam sistemlerinin kullanılması."

2.3.3.1. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, TS 825

1999 yılında çıkarıldıktan sonra 2000 yılında yürürlüğe girmiştir. 2008 yılında revize edilmiş ve yeniden yayımlanmıştır; büyük değişiklikler arasında ısı iletkenlik katsayılarının iyileştirilmesi ve derece günlük bölgeler başına maksimum enerji tüketimi seviyeleri yer almıştır.

TS 825, Türkiye'yi dört iklim bölgesine ayırır.

TS 825 standardı, iklim bölgesine ve bina zarfı bölümüne göre tavsiye edilen U değerlerini de belirlemektedir. U değeri, ısının bir yapıdaki (tekil bir materyal veya bir kompozit olabilir) transfer hızının, yapının tamamındaki sıcaklık farkına bölünmesiyle elde edilen ısı geçirgenliğini ifade etmektedir. Yapı ne kadar iyi yalıtımlı olursa, U değeri o kadar düşük olacaktır. Aşağıdaki şekilde duvarlar, çatı, döşeme ve pencerelere ilişkin iklim bölgelerine göre tavsiye edilen U değeri gereklilikleri gösterilmektedir.



Şekil 2-2: Türkiye İklim Bölgelerine göre U değerleri

2.3.3.2. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği

05/12/2008 tarih ve 27075 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin amacı, binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.

Bu yönetmelik ile Enerji Kimlik Belgesi tanıtılmış ve uygulamaya konmuştur. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği gereğince mevcut ve yeni binalara Enerji Kimlik Belgesi alınması zorunludur. Enerji Kimlik Belgesi, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği kapsamında tanımlanan ve ilgili metodoloji ve yaklaşıma göre binanın enerji tüketiminin ve SG emisyonunun modellendiği ve sınıflandırıldığı resmi belgedir. Yeni binalarda zorunlu, mevcut binalar için ise 2020 yılından itibaren satış ve kiralama işlerinde bulundurulması zorunlu kılınan belgedir. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'ne göre, yeni binalar minimum C sınıfı ve üstü olmalıdır.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğine göre 50 m² üzerindeki her binanın Enerji Kimlik Belgesi alması zorunludur. 50 m²'nin altında olan binalar, seralar, atölyeler ve münferit olarak inşa edilen ve ısıtılmasına ve soğutulmasına gerek duyulmayan depo, cephanelik, ardiye, ahır, ağıl vb. binalar bu yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin Diğer İlkeleri

Yeni bina tasarımında, mevcut binaların proje değişikliği gerektiren önemli tadilat projelerinde, mekanik ve elektrik tesisat değişikliklerinde binanın özelliklerine göre bu Yönetmelikte öngörülen esaslar göz önüne alınır.

Projeleri Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğine uygun olmayan binalara, ilgili idare tarafından yapı ruhsatı verilmez.

Projesine Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'ne göre uygulama yapılmayan binalara, ilgili idare tarafından yapı kullanım izin belgesi verilmez.

Mimari Proje Tasarımı ve Uygulama

Binanın bulunduğu konum; güneş, nem ve rüzgar etkisi dikkate alınarak ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma imkanlarından en üst düzeyde yararlanılmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı araştırılmalıdır.

Mimari uygulama projesi ve sistem detayları, ısı yalıtım projesindeki malzemeler ve nokta detayları ile bütünlük sağlamalı, ısı yalıtımında sürekliliği sağlayacak şekilde, çatı-duvar, duvar-pencere, duvar-taban ve taban-döşeme duvar bileşim detaylarını içermelidir.

Isıtma ve Soğutma Sistemleri Tasarım ve Uygulama Esasları

Yeni binalarda; yapı ruhsatına esas olan toplam kullanım alanının 2.000 m² ve üstünde olması halinde merkezi ısıtma sistemi yapılır. Kullanım alanı 250 m² ve üstünde olan bireysel ısıtma sistemine sahip gaz yakıt kullanılan binalarda bağımsız bölümlerde veya müstakil binalarda; yoğunlaşmalı tip ısıtıcı cihazlar veya entegre ekonomizerli cihazlar kullanılır.

Soğutma ihtiyacı 250 kW'dan büyük olan konut dışı binalarda merkezi soğutma sistemi tasarımları yapılır. Soğutma sistemlerin tasarımında seçilecek olan soğutucu akışkanların TS EN 378 serisi standartlarına uygun olması gerekir. Soğutma sistemlerinin işletme karakteristiklerine ve enerji ekonomisine göre ayarlarının doğru yapılması gerekir.

Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri Tasarım ve Uygulama Esasları

Tasarımda TS 3419 ve ilgili Avrupa standartları, işletme ve bakımda ise TS 5895 kullanılır. Havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin, bina sahibi, yöneticisi veya enerji yöneticisinin sorumluluğu altında, ilgili standartlarda belirtilen sistemin gerektirdiği periyodik kontrole, teste ve bakıma tabi tutularak raporlanması şarttır.

Sihhi Sıcak Su Hazırlama ve Dağıtım Sistemleri

Binalarda sihi sıcak su sistemlerinin düzenlenmesi hususunda TS EN 14336'ya uyulur. Yapı ruhsatına esas olan kullanım alanı 2.000 m²'nin üzerindeki oteller, hastaneler, yurtlar gibi konaklama amaçlı konut harici binalar ile spor merkezlerinde güneş enerjisi ile desteklenen merkezi sihi sıcak su sisteminin planlanması şarttır.

Otomatik Kontrol

Sıvı ve gaz yakıtlı kazanlarda yanma kontrolü için otomatik kontrol sistemleri tesis edilir. Merkezi ısıtma, iklimlendirme ve/veya soğutma sistemine sahip binalar, her odanın sıcaklığını ayrı ayrı düzenleyecek otomatik cihazlarla donatılır. Konut olarak kullanılan binalar hariç olmak üzere binalarda, birbirinden ayrı mekânların farklı iç sıcaklıklara ayarlanabilmesine imkân sağlayacak merkezi otomatik kontrol sistemi kurulur.

Elektrik Tesisatı ve Aydınlatma Sistemleri

Binanın toplam enerji tüketimi içerisindeki aydınlatma enerjisi payının hesaplanmasında EN 15193 standardında verilen hesap yöntemi kullanılır. Binalarda gün ışığından azami derecede faydalanmak ve gereksiz yapay aydınlatmadan kaçınmak için;

- Erişimi kolay el ile kontrol edilen anahtarlardan,
- Gün ışığından faydalanma imkanı olan yerlerde, gün ışığı ile bağlantılı foto elektrikli anahtarlar ile telefon, kızıl ötesi, sonik ve ultrasonik kontrollü uzaktan kumandalı anahtarlardan,
- Mahalde kimse olmadığında mekanın boş olduğunu algılayabilen ve yapay aydınlatmayı kapatan otomatik anahtar ve sistemlerden,
- Zaman ayarlı anahtarlardan biri veya birkaçı kullanılır.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı, Isı Pompası ve Kojenerasyon Sistemleri

Yeni yapılacak olan ve yapı ruhsatına göre esas kullanım alanı 20.000 m² üzerinde olan binalarda ısıtma, soğutma, havalandırma, sihi sıcak su, elektrik ve aydınlatma enerjisi ihtiyaçlarının tamamen veya kısmen karşılanması amacıyla, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı, hava, toprak veya su kaynaklı ısı pompası, kojenerasyon ve mikrokojenerasyon gibi sistem çözümleri tasarımcılar tarafından projelendirme aşamasında analiz edilir. Bu

uygulamalardan biri veya birkaçı, bakanlık tarafından yayımlanan birim fiyatlar esas alınmak suretiyle hesaplanan, binanın toplam maliyetinin en az yüzde onuna karşılık gelecek şekilde yapılır.

2.3.3.3. Enerji İle İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik

AB Eko-tasarım Direktifi ve Enerji Etiketleme Direktifi temel alınarak hazırlanan yönetmeliğin temel amacı enerji ile ilgili ürünlerin piyasaya arz edilebilmesi veya hizmete sunulabilmesi için, bu ürünlerin tasarımında uyulması zorunlu olan startların çerçevesini belirlemek suretiyle enerji verimliliğini, çevre koruma düzeyini ve enerji arz güvenliğini artırarak sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmaktır.

Bu yönetmelik altında şu ilgili tebliğler yayımlanmıştır:

Tablo 2-2: Enerji İle İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik altında yayımlanan tebliğler

Tebliğ	Resmi Gazete Tarih ve Sayısı
Endüstriyel Tip Soğutmalı Depolama Kabinleri, Hızlı Soğutma Kabinleri, Yoğuşurma Üniteleri ve Proses Çillerleri ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ	RG. 05.09.2020/31235 - Yürürlüğe Giriş T. 05.09.2021
Elektrik Giriş Gücü 125 W ile 500 kW Arasında Olan Motorlarla Tahrik Edilen Fanlarla İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ	RG. 20.12.2019/30984 - Yürürlüğe Giriş T. 20.12.2020
Mahal Isıtıcıları ve Kombine Isıtıcılar ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ	RG. 28.03.2018/30374 - Yürürlüğe Giriş T. 21.04.2018
Harici Güç Kaynaklarının Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ (2019/1782/AB)	RG. 01.09.2020/31231 - Yürürlüğe Giriş T. 01.01.2021
Su Isıtıcıları ve Sıcak Su Depolama Tankları ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ	RG. 28.03.2018/30374 - Yürürlüğe Giriş T. 21.04.2018
Su Pompaları ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ	RG. 31.12.2015/29579 - Son Değişiklik T. 04.08.2017
Doğrusal Lambalar, Işık Yayan Diyot Lambalar ve İlgili Ekipmana İlişkin Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ	RG. 13.02.2015/29266 - Son Değişiklik T. 17.05.2017
Bilgisayarlar ve Bilgisayar Sunucuları ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ	RG. 13.02.2015/29266 - Yürürlüğe Giriş T. 13.02.2015
Elektrikli Süpürgeler ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ	RG. 14.01.2015/29236 - Yürürlüğe Giriş T. 14.01.2015
Ev Tipi Fırınlar, Ocaklar Ve Aspiratörler ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ	RG. 14.01.2015/29236 - Yürürlüğe Giriş T. 14.01.2015
Ev Tipi Çamaşır Kurutma Makineleri ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ	RG. 17.07.2013/28710 - Yürürlüğe Giriş T. 01.11.2013
Klimalar ve Vantilatörler ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ	RG. 19.07.2013/28712 - Yürürlüğe Giriş T. 19.07.2013

Bağımsız ve Ürünlere Entegre Salmastrasız Devirdaim Pompaları ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklere Dair Tebliğ	RG. 23.09.2011/28063 - Son Değişiklik T. 27.12.2019
Ev Tipi Bulaşık Makineleri İle İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklere Dair Tebliğ	RG. 23.09.2011/28063 - Yürürlüğe Giriş T. 23.09.2011
Televizyonlar ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklere Dair Tebliğ	RG. 23.09.2011/28063 - Son Değişiklik T. 31.12.2015
Entegre Balastsız Flüoresan Lambalar, Yüksek Yoğunluklu Boşalmalı Lambalar ve Bu Lambaları Çalıştırabilen Balastlar ve Aydınlatma Armatürleri ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklere Dair Tebliğ	RG. 27.08.2011/28038 - Son Değişiklik T. 17.05.2017
Ev ve Büro Tipi Elektrikli ve Elektronik Cihazların Hazır Bekleme, Kapalı ve Ağa Bağlı Hazır Bekleme Modlarında Elektrik Enerjisi Tüketimleri ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklere Dair Tebliğ	RG. 27.08.2011/28038 - Son Değişiklik T. 31.12.2015
Doğrusal Olmayan Ev Tipi Lambalar ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklere Dair Tebliğ	RG. 27.08.2011/28038 - Son Değişiklik T. 17.05.2017

2.3.3.4. Ürünlerin Enerji ve Diğer Kaynak Tüketimlerinin Etiketleme ve Standart Ürün Bilgileri Yoluyla Gösterilmesi Hakkında Yönetmelik:

02/12/2011 tarihli ve 28130 sayılı Resmi Gazete ilanı ile yürürlüğe girmiştir. Etiketleme yönetmeliği altında aşağıdaki tebliğler yayımlanarak ilgili ekipmanların enerji etiketlemesi zorunluluğu getirilmiştir:

Tablo 2-3: Ürünlerin Enerji ve Diğer Kaynak Tüketimlerinin Etiketleme ve Standart Ürün Bilgileri Yoluyla Gösterilmesi Hakkında Yönetmelik altında yayımlanan tebliğler

Tebliğ	Resmi Gazete Tarih ve Sayısı
Endüstriyel Tip Soğutmalı Depolama Kabinlerinin Enerji Etiketlemesine Dair Tebliğ	RG. 05.09.2020/31235 - Yürürlüğe Giriş T. 05.09.2021
Su Isıtıcıları, Sıcak Su Tankları ve Su Isıtıcısı ve Güneş Enerjisi Cihazı Paketlerinin Enerji Etiketlemesine Dair Tebliğ	RG. 20.12.2019/30984 - Yürürlüğe Giriş T. 20.12.2020
Mahal Isıtıcıları, Kombine Isıtıcılar, Mahal Isıtıcısı, Sıcaklık Kontrolü ve Güneş Enerjisi Cihazı Paketleri ve Kombine Isıtıcı, Sıcaklık Kontrolü ve Güneş Enerjisi Cihazı Paketlerinin Enerji Etiketlemesine Dair Tebliğ	RG. 28.03.2018/30374 - Yürürlüğe Giriş T. 21.04.2018
Elektrik Lambaları ve Aydınlatma Armatürlerinin Enerji Etiketlemesine Dair Tebliğ	RG. 14.02.2015/29267 - Son Değişiklik T. 16.12.2015

Ev Tipi Fırınların ve Aspiratörlerin Enerji Etiketlemesine Dair Tebliğ	RG. 14.01.2015/29236 - Yürürlüğe Giriş T. 14.01.2015
Ev Tipi Çamaşır Kurutma Makinelerinin Enerji Etiketlemesine Dair Tebliğ	RG. 15.05.2013/28648 - Son Değişiklik T. 16.12.2015
Ev Tipi Bulaşık Makinelerinin Enerji Etiketlemesine Dair Tebliğ	RG. 22.06.2012/28331 - Son Değişiklik T. 16.12.2015
Ev Tipi Çamaşır Makinelerinin Enerji Etiketlemesine Dair Tebliğ	RG. 22.06.2012/28331 - Son Değişiklik T. 16.12.2015
Televizyonların Enerji Etiketlemesine Dair Tebliğ	RG. 22.06.2012/28331 - Son Değişiklik T. 16.12.2015
Ev Tipi Soğutma Cihazlarının Enerji Etiketlemesine Dair Tebliğ	RG. 22.06.2012/28331 - Son Değişiklik T. 16.12.2015

2.3.4. Avrupa'da Enerji Verimliliği Yönetmelikleri

Türkiye bağlamında belirtilen kesin verilerin Avrupa çerçevesiyle karşılaştırılması amacıyla enerji verimli binalara ilişkin konulara uygun temel Avrupa direktifleri aşağıda sıralanmıştır:

- Enerji Verimliliği Direktifi
- Binalarda Enerji Performansı Direktifi
- Eko-Tasarım Direktifi ve Enerji Etiketleme Direktifi

2.3.4.1. Enerji Verimliliği Direktifi (EVD)

EVD Madde 5: Kamu binalarının örnek rolü: "1 Ocak 2014 itibarıyla her bir Üye Devlet, en azından 2010/31/EU sayılı Direktifin 4. Maddesinin uygulanmasında belirtmiş olduğu minimum enerji performans gerekliliklerini yerine getirecek şekilde merkezi hükümetinin mülkiyetinde ve kullanımında bulunan ısıtılan ve/veya soğutulan binaların toplam taban alanının %3'ünün yenilenmesini sağlayacaktır."

EVD Madde 8 (4): Üye Devletler, 5 Aralık 2015 tarihine kadar KOBİ olmayan işletmelerin bağımsız ve maliyet etkin olarak nitelikli ve/veya akredite uzmanlar tarafından uygulanan veya ulusal mevzuat kapsamında bağımsız makamlar tarafından uygulanan ve denetlenen bir enerji etüdüne tabi tutulmasını ve son enerji etüdü tarihinden itibaren en az her dört yılda bir bu uygulamanın tekrarlanmasını sağlayacaklardır.

EVD Madde 9: Üye Devletler, teknik olarak uygulanabilir, mali olarak makul ve potansiyel enerji tasarrufları ile orantılı olduğu sürece, elektrik, doğalgaz, bölgesel ısıtma, bölgesel soğutma ve Kullanım sıcak suyunun nihai tüketicilerinin doğru olarak gerçek enerji tüketimlerini yansıtan ve gerçek kullanım saatini gösteren, rekabetçi fiyata sahip ayrı sayaçlara sahip olmalarını sağlayacaklardır.

2.3.4.2. Binalarda Enerji Performansı Direktifi

Üye Devletler, binaların büyük çapta yenilemeye uğramaları halinde, binanın veya yenilenen bina bölümünün enerji performansının teknik, işlevsel ve ekonomik olarak uygulanabilir olduğu sürece Madde 4'e uygun olarak düzenlenen minimum enerji performans gerekliliklerini yerine getirecek şekilde iyileştirilmesini sağlamak üzere gerekli tedbirleri alacaklardır.

Üye Devletler, bu minimum enerji performans gerekliliklerinin Madde 4'e uygun olduğunu belirleyeceklerdir.

Madde 4: Minimum standart, maliyet uygunluğu hesaplamalarına dayalı olarak belirlenmelidir.

Madde 9: 2019 yılından itibaren tüm yeni kamu binalarında NZEB gerekliliği (ulusal NZEB planları / ulusal bina yönetmeliklerinin minimum enerji performans gerekliliklerinde belirlenen ulusal NZEB tanımlarına dayalı)¹⁶

Bina kiralandığında veya satıldığında veya yeni yapıldığında enerji kimlik belgesi alma zorunluluğu; aynı zamanda binanın enerji performans değerlendirmesinin yapılmasını gerektirmektedir. (BEPY, Madde 11, 12 13).

Anma çıkışı > 20 kW ve iklimlendirme sistemleri (Madde 15) > 12 kW olan ısıtma sistemleri için düzenli muayene (Madde 14) gereklilikleri bulunmaktadır.

2.3.4.3. Eko-Tasarım Direktifi ve Enerji Etiketleme Direktifi

Aydınlatma, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, TV seti, buzdolabı, klima, kurutma makinesi, vb. gibi ev aletlerinin belirli bir enerji etiketi olmalıdır.

Bu konu Eko-Tasarım ve Enerji Etiketleme Direktifleri kapsamında yer almaktadır. Eko-tasarım kapsamında enerjili ürünlerin (diğer bir deyişle, enerji tüketen veya pencere gibi enerji kullanımını dolaylı olarak etkileyen ürünlerin (teorik olarak henüz düzenlemeye tabi değildir)) iyileştirilmesine yönelik programları kapsamaktadır. Minimum Eko-tasarım gereklilikleri, üretimine izin verilen en düşük verim gerekliliğine karşılık gelmektedir.

¹⁶ Daha fazla bilgi için bkz. Madde 2 – Tanımlar: 'Neredeyse sıfır enerji bina' Ek I'e göre belirlendiği üzere çok yüksek enerji performansına sahip binayı ifade etmektedir. Ek I paragraf 2'de şu şekilde ifade edilmektedir: "Bir binanın enerji performansı, şeffaf bir biçimde belirtilecektir ve ulusal veya bölgesel olarak yıllık ağırlıklanmış ortalamalar veya yerinde üretim için belirli bir değere dayalı olabilecek enerji taşıyıcısı başına birincil enerji faktörlerine dayalı olan bir enerji performans göstergesi ve birincil enerji kullanımının sayısal gösterimini kapsayacaktır. Binaların enerji performansının hesaplanmasında kullanılan metodoloji çerçevesinde Avrupa standartları dikkate alınacak ve bu, 2009/28/EC sayılı Yönetmelik dahil olmak üzere ilgili Birlik mevzuatıyla tutarlı olacaktır."

3

BİNA SEKTÖRÜ VE TEKNOLOJİLERİ MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

3.1 Mevcut Bina Stoku

Mevcut bina stoku sayılarının bulunması için birkaç farklı veri seti kullanılmıştır. Kullanılan veri setinin ilki 2000 yılındaki Bina Sayımı istatistikleridir. 2000-2001 yılları arasındaki ve 2002-2017 yılları arasındaki yapı kullanım izinleri ise TÜİK istatistiklerinden alınarak kullanılmıştır.

Bu çalışmada aşağıdaki bina tiplerine göre toplam bina sayısı verilmiştir:

- Tek Haneli Konut
- Çok Haneli Konut
- Ofis
- Eğitim
- Kamu
- Hastane
- Diğer

Çalışmanın geri kalanındaki analizler bu bina tiplerine ve elde edilen sayılara göre gerçekleştirilmiştir.

İstatistiki veri setlerinde bina kategorizasyonu olduğundan, aşağıdaki varsayımlar yapılarak farklı bina tipleri için toplam bina sayılarına ulaşılmıştır:

- Tek Haneli Konut: 2000-2001 datusındaki "Ev" kategorisi + 2002-2017 datusındaki "TekHaneliKonutlar" + İkiHaneliKonutlar + 1970-2000 datusındaki "Konut" kategorisi
- Çok Haneli Konut: 2000-2001 datusındaki "Apartman" + 2002-2017 datusındaki "Üç ve Daha Fazlı Haneli Konutlar" + 1970-2000 datusındaki "Çoğunluğu Konut" kategorisi
- Ofis: 2000-2001 datusındaki "Ticari Diğer" + "Ticari_Dükkan-mağaza-pasaj" + 2002-2017 datusındaki "Office" + 1970-2000 datusındaki "Ticari" Kategorisi
- Eğitim: 2000-2001 datusındaki "Kültürel yapılar_Okul ve ilgili tesisler" + 2002-2017 datusındaki "Okul, Üniversite ve Araştırma Binaları " + 1970-2000 datusındaki "Eğitim" Kategorisi

- "Kamu: 2000-2001 datasındaki ""İdari Yapılar"" + ""Dini Yapılar"" + ""Kültürel Yapılar-Diğer"" + ""Kültürel yapılar, Spor tesisleri"" + ""Sihhi sosyal yapılar, Diğer"" + Sıhhi yapılar + Sosyal yapılar" + 2002-2017 datasındaki "Kamu Eğlence Binaları" + İbadet veya dini faaliyetler için kullanılan binalar + İletişim binaları, istasyonlar, terminaller ve ilgili binalar + Müzeler ve kütüphaneler + Sporsalonları + Su depoları, silolar, depolar + Tarihi ve koruma altındaki abideler + 1970-2000 datasındaki "Resmi Daire" + Dini + Kültür + Sosyal + Spor
- 2011 ve sonrası binalar yeni bina, öncekiler mevcut bina olarak adlandırılmıştır.
- İklim bölgeleri için gelen her veri setindeki iller iklim bölgesine göre sınıflandırılmış. Sonrasında, illerinden farklı iklim bölgesinde yer alan ilçeler düzeltilerek doğru rakam bulunmuştur
- Genel toplam kolonu, burada verilen 6 kategori dışındaki binalar ile birlikte toplam sayıyı verir.
- Veri setlerinde "eğitim" kategorisi altında verilen toplam bina sayısının (yaklaşık 28 bin) eksik olduğu anlaşılmıştır. Bir kısım eğitim binalarının bu veri setlerinde "kamu" binaları kategorileri altında belirtildiği varsayılmıştır. Dolayısı ile Milli Eğitim Bakanlığı istatistikleri kullanılarak eğitim binası sayısı tekrar hesaplanmıştır. TÜİK tarafından sağlanan istatistikler ile aradaki fark, Kamu Binaları sayısından çıkarılmıştır.

Bu kabullere göre iklim bölgeleri ve bina tipine göre mevcut bina sayıları aşağıdaki gibidir:

Tablo 3-1: Türkiye mevcut bina stoğu

	Mevcut				
	Tek Haneli Konut	Çok Haneli Konut	Ofis	Kamu	Diğer
1. İklim Bölgesi	1.156.277	224.549	78.160	10.154	92.287
2. İklim Bölgesi	2.131.329	501.932	148.931	23.789	191.390
3. İklim Bölgesi	1.179.912	232.566	86.491	17.802	149.409
4. İklim Bölgesi	418.630	55.436	45.941	6.407	51.332
Genel Toplam	4.886.148	1.014.483	359.523	58.152	484.417

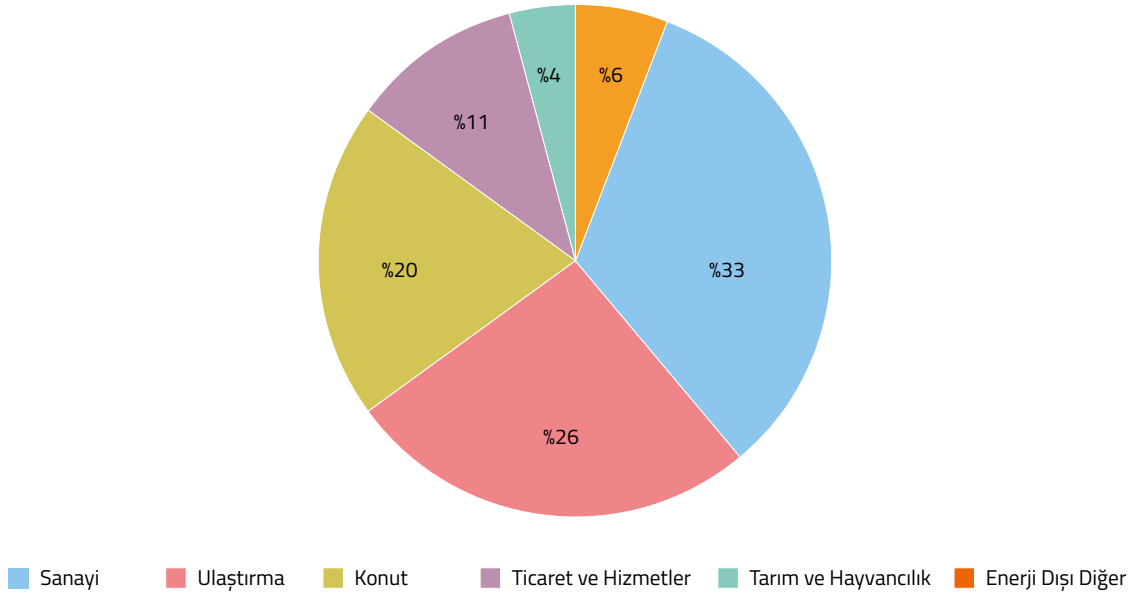
	Yeni				
	Tek Haneli Konut	Çok Haneli Konut	Ofis	Kamu	Diğer
1. İklim Bölgesi	89.672	87.279	3.103	2.297	20.049
2. İklim Bölgesi	122.851	214.766	6.624	4.968	36.685
3. İklim Bölgesi	71.385	100.948	3.527	3.912	20.502
4. İklim Bölgesi	16.767	19.718	995	751	13.422
Genel Toplam	300.675	422.711	14.250	11.929	90.659

	Yeni & Mevcut Toplam							
	Tek Haneli Konut	Çok Haneli Konut	Ofis	Eğitim	Kamu	Hastane	Diğer	GENEL TOPLAM
1. İklim Bölgesi	1.245.949	311.828	81.263	8.998	8.186	253	112.083	1.768.560
2. İklim Bölgesi	2.254.180	716.698	155.555	25.879	14.594	880	227.195	3.394.982
3. İklim Bölgesi	1.251.297	333.514	90.018	12.573	18.014	440	169.471	1.875.327
4. İklim Bölgesi	435.397	75.154	46.936	9.410	923	198	64.556	632.574
Genel Toplam	5.186.823	1.437.194	373.773	56.860	41.717	1.770	573.306	7.671.443

3.2 Bina Sektörü Enerji Tüketimi

ETKB tarafından hazırlanan 2018 enerji denge tablosuna göre Bina Sektörü Konut ve Ticaret & Hizmetler kategorilerinin toplamı olarak, toplamda %31'lik pay ile Sanayi Sektörlerinin arkasından gelmektedir. Tekil olarak sektörlere bakıldığında ise en yüksek tüketimin konut sektöründe olduğu görülmektedir. Aşağıdaki şekil, ETKB tarafından açıklanan 2018 nihai enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımını vermektedir.

Nihai Enerji Tüketimi 2018



Şekil 3-1: Sektörlere göre nihai enerji tüketimi kırılımı

Aynı istatistiklere göre, 2018 yılı konut sektörü toplam enerji tüketimi 21,3 Milyon TEP, Ticaret ve Hizmetler sektörünün tüketimi 12 Milyon TEP olarak gerçekleşmiştir¹⁷.

¹⁷ <https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari>

3.3 Bina Sektörü Enerji Tüketimine Etki Eden Sistemlerin Pazar Araştırması

Bina sektörü için hedeflerin doğru ve gerçekçi belirlenebilmesi için mevcut durumu, şartları ve gelişmeleri analiz etmek çok önemlidir. Mevcut pazar büyüklükleri ve değişimleri, kanun koyucular için daha daha gerçekçe hedefler belirlenmesi yönünde en önemli bileşenlerden biridir.

Bu doğrultuda, binaların enerji performansını etkileyen aşağıdaki teknolojiler için pazar analizi yapılmıştır:

- Bina Yalıtım Sistemleri
- Pencere Sistemleri
- Mono ve Multi Split Klima Sistemleri
- VRF Sistemleri
- Klima Santralleri
- Sıcak Su Kazanları
- Aydınlatma Sistemleri
- Bina Otomasyon ve Yönetim Sistemleri
- Güneş Enerjili Sıcak Su Sistemleri
- Kojenerasyon/Trijenerasyon Sistemleri
- Isı Pompaları
- Fotovoltaik (PV) sistemleri

Pazar analizi, her bir teknoloji için aşağıdaki başlıklar özelinde yapılmıştır:

- Mevcut Pazar Büyüklüğü ve Eğilimleri: Bu bölümün altında mevcut pazar büyüklüğü, toplam ekipman satışı, ihracat ithalat değerleri yıllara göre analiz edilmiş ve değişimler raporlanmıştır.
- Teknolojik Gelişmeler ve Mevcut En İyi Sistem: Bu başlık altında ilgili teknolojide pazarda mevcut en iyi sistem ve henüz ticarileşmemiş olan ve gelecekte uygulanması beklenen sistemler incelenmiştir.
- SWOT Analizi: Bu bölümde ilgili teknolojinin pazarının güçlü ve zayıf yönleri ile daha verimli olanlarının yaygınlaşması doğrultusunda fırsatlar ve engeller incelenmiştir.
- Gelecek Beklentileri: Bu başlık altında, yakın gelecekte teknolojide nasıl bir beklenti olduğu değerlendirilmiştir.

3.3.1. Isı Yalıtım Sistemleri

Isı yalıtım sistemleri, inşaat sektöründe meydana gelen gelişmeler ile direkt ilgilidir. Dolayısı ile inşaat sektöründeki büyüme veya daralmalar, aynı şekilde ısı yalıtım malzemeleri sektörünü de etkilemektedir.

İnşaat malzemesi sektörünün çatı kuruluşu Türkiye İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği (Türkiye İMSAD) tarafından hazırlanan 'Şubat 2020 Sektör Raporu'nda şu tespitler yer almıştır.¹⁸ :

İnşaat sektörü 2019 yılında **%8,6 daraldı**. Böylece 2018 yılındaki %2,1 küçülmenin ardından İnşaat sektörü 2019 yılında da küçüldü. İnşaat sektörü en son 2008 ve 2009 yıllarında küresel krizin etkileri ile iki yıl üst üste küçülmüştü.

Geçmiş yıllarda inşaat sektörü büyümesi ile ekonomideki genel büyüme arasında doğrusal ve yakın bir ilişki bulunuyordu. İnşaat sektörü, büyümesi ile genel ekonomik büyümeye önemli ölçüde katkı sağlıyordu. Bu ilişki en son 2017 yılında yarılandı. 2018 ve 2019 yıllarında ise bu ilişki koptu. 2018 yılında ekonomi %2,8 büyürken inşaat sektörü %2,1 küçüldü. 2019 yılında ise ekonomi %0,9 büyüme gösterirken inşaat sektörü %8,6 daraldı. İnşaat sektörünün kendi iç dinamiklerinden kaynaklanan sorunlar ile karşı karşıya olması nedeniyle ekonomideki genel iyileşme inşaat sektörüne yansımada.

İnşaat sektöründe yeniden büyümenin, sektörün iç dinamiklerinden kaynaklanan sorunların çözümü ile mümkün olacağı görüldü.

Tablo 3-2: İnşaat Sektörü ve GSYİH arasındaki büyüme ilişkisi

YILLAR	İNŞAAT	GSYİH
2010	17,1	8,6
2011	24,7	11,1
2012	8,4	4,9
2013	14,0	8,5
2014	5,0	5,2
2015	4,9	6,1
2016	5,4	3,2
2017	9,0	7,5
2018	-2,1	2,8
2019	-8,6	0,9

Toplam inşaat harcamaları 2019 yılında 581 milyar TL olarak gerçekleşti. İnşaat harcamaları 2019 yılında cari fiyatlarla %9,8 daraldı. Buna bağlı olarak inşaat malzemeleri iç pazarı 2019 yılında 378 milyar TL oldu.

¹⁸ https://www.imsad.org/Uploads/Files/Turkiye_IMSAD_Subat2020_Sektor_Raporu.pdf

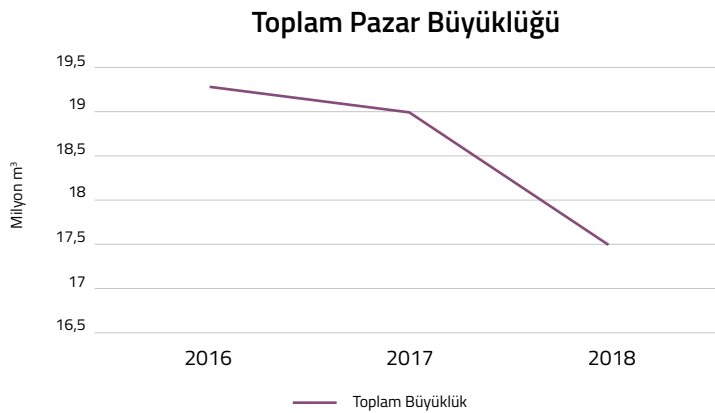
İnşaat malzemeleri sanayi üretimi 2019 yılında 2018 yılına göre %13 geriledi. Aralık ayında sanayi üretimi %7 ile yılın tek aylık büyümesini gösterdi. Buna rağmen 2019 yılı genelinde inşaat malzemeleri sanayi üretimi önemli bir daralma yaşadı. Bu daralmada iç pazardaki keskin küçülme etkili oldu. İhracattaki miktar artışı ise üretim kaybını telafi edemedi. 2019 yılında 22 alt sektörün 21'inde üretim bir önceki yıla göre düştü. 2019 yılında düz cam imalatı %2,8 artış ile üretimi geçen yıla göre artan tek sektör oldu. 2019 yılında üretimde en yüksek gerilemenin yaşandığı üç sektör %38,8 fırınlanmış kilden inşaat malzemeleri, %37,6 ile hazır beton sektörü ve %23,4 ile inşaat amaçlı beton ürünleri oldu. 2019 yılında iki sektörde üretim gerilemesi %30'un, bir sektörde %20'nin ve 10 sektörde ise %10'nun üzerinde gerçekleşti. Tek haneli gerileme yaşanan sektör sayısı ise 8 olarak gerçekleşti. Bu 8 sektör musluk ve vanalar, boyalar, merkezi ısıtma radyatörleri, kilit ve menteşe imalatı, metal yapı ve yapı parçaları, seramik sağlık gereçleri, soğutma ve havalandırma donanımları ile elektrikli aydınlatma ekipmanları oldu. 2019 yılında inşaat sektöründe yaşanan %8,6 daralmaya bağlı olarak inşaat malzemeleri sanayi üretimi de 2008 yılından bu yana en sert daralma ile karşı karşıya kaldı.

a) Pazar Büyüklüğü ve Yönelimleri

İZODER Türkiye Isı ve Su Yalıtım Pazarı Raporu'na göre, 2018 yılında ısı ve su yalıtımı pazarının toplam büyüklüğü 19,6 milyar TL olarak gerçekleşti.

Bu çerçevede 2018 yılında hizmetler ve yardımcı malzemeler dahil ısı yalıtımı pazarının büyüklüğü 12 milyar TL, su yalıtımı pazarının büyüklüğü 7,6 milyar TL seviyesinde gerçekleşti. Türkiye'de ısı yalıtımı amacıyla kullanılan ürünlerin toplam tüketimi, ihracat hariç, 2018 yılında 17,5 milyon m³ olarak gerçekleşti. Buna göre kişi başı ısı yalıtım malzemesi tüketimi 0,213 m³ oldu. 2018 yılında 270 milyon m³ ısı yalıtım ürünlerinin kullanıldığı Avrupa Birliği'nde ise kişi başı tüketim 0,526 m³ olarak gerçekleşti. Yani AB'de kişi başına tüketim, ülkemizdeki kişi başına tüketimin 2,5 kat üstünde gerçekleşti¹⁹.

Toplam ısı yalıtım malzemeleri pazar büyüklüğünün yıllara göre değişimi aşağıdaki gibidir:



Şekil 3-2: Yalıtım malzemeleri - yıllara göre pazar büyüklüğü

¹⁹ İzodergi – Şubat 2020 Sayısı, <https://www.izoder.org.tr/dergiler/izoder-141-e-dergi/izodergi-141.pdf>

Türkiye’de iç pazarda kullanılan 17,5 milyon m³ ısı yalıtım ürünlerinin %90’ı binaların yalıtımında, kalanı ise tesisat yalıtımında kullanıldı. Genel olarak 2016 yılı ile mukayese edildiğinde 2018 yılında ısı yalıtımında %9, su yalıtımı pazarında ise %6 oranında küçülme yaşandı. İnşaat sektöründe yaşanan durgunluk, alım gücü eksikliği, yeni inşaat sayısında azalma, mevcut inşaatların tamamlanamaması bu küçülmede etkili oldu.

Pazardaki daralmalar nedeniyle, Türkiye’de son yıllarda ısı, ses ve yangın yalıtım ürünlerinde yeni yatırımcılar piyasaya girmekten çekinmiş, üretici sayısı ya aynı kalmış ya da azalmıştır. Aşağıda yıllara göre üretici sayısı değişimi gösterilmiştir:

Tablo 3-3: Yalıtım malzemeleri - yıllara göre üretici sayısı²⁰

	2014	2015	2016	2017
Bitümenli Karışımlar	43	43	54	41
Çatılarda Su Yalıtımı için Kullanılan Bitümenli Rulolar, Membranlar	25	23	24	24
Su Yalıtımı için Kullanılan Bitümenli Diğer Ürünler (Çatı Kiremiti vs.)	13	11	15	14
Su Yalıtımı	81	77	91	79
Taş Yünü	9	11	10	11
Polistren Yalıtım Levhaları EPS, XPS Paneller	58	64	66	65
Poliüreten Yalıtım Levhaları vs.	32	33	29	31
Kauçuk Yalıtım Levhaları vs.	13	12	15	14
Cam Liflerden (Cam Yünü Dahil) Tül	3	2	1	1
Cam Liflerden (Cam Yünü Dahil) Örtü Şilte ve Paneller	1	1	1	1
Camyünü ve Cam Liflerden Keçeler	3	3	4	3
Perit	6	4	2	2
Isı Ses Yalıtım Malzemeleri	21	19	17	17
Isı Ses ve Yangın Yalıtımı	146	149	145	145
YALITIM MALZEMELERİ TOPLAM	227	226	236	224

Özellikle yukarıda verilen ürünler cinsinden yerel üretim, iç talebi karşılamakta yeterlidir. Hatta ülkemizin yıllık tüketim kapasitesinin oldukça üzerinde olan bu üretim kapasitesi nedeni

²⁰ 2018 Türkiye İMSAD Yapı Sektörü Raporu - Yalıtım Malzemeleri

ile ihracat yapılması tüm üreticiler tarafından oldukça gündemde olan bir konudur. Özellikle Ortadoğu ülkelerindeki üreticilerin ürünlerindeki kalite sorunları ve Türk malzemelerinin kaliteli olması algısı üreticilere bu konuda ciddi avantaj sağlamaktadır.

Kapasite itibari ile, Ortadoğu, Bağımsız Devletler Topluluğu (CIS) ülkelerinin tamamı ve Batı hatta Orta Avrupa'nın tamamına hitap edebilecek bir üretim kapasitesi bulunmaktadır. Ancak yalıtım malzemelerinin hacim açısından yüksek, ağırlık açısından düşük olması nedeniyle oluşan nakliye maliyetleri, üreticilerin daha uzaktaki coğrafyalara ürünlerini ulaştırmada oldukça zorlamaktadır.

Buna rağmen Türkiye son 10 yılda yalıtım malzemelerinde üretim kapasitesini genişleterek artan oranda ihracat da yapmaya başlamıştır. İhracat miktar olarak 2016 ve 2017 yıllarında yükselmiştir. 2018 yılında ihracat miktar olarak %28,5 artmış ve 149.504 ton ihracat gerçekleşmiştir.

Üretimin artması ve artan üretim kalitesi ile Türkiye'nin yalıtım malzemeleri ithalatı durağanlaşmaya başlamıştır. 2017 yılında 161,9 milyon dolar değerinde 89.848 ton yalıtım malzemesi ithalatı yapılmıştır. 2018 yılında ise ithalat 83.424 tona gerilemiş ancak döviz kurlarındaki artış nedeniyle değer olarak ise yine artarak 173,2 milyon dolar olmuştur²¹.

İç pazardaki talebin, malzeme cinsinden kısımları ile ilgili en yakın resmi veri 2013 yılına aittir. Buna göre, iç pazardaki talebin yaklaşık %50'si EPS, %20'si cam yünü, %12'si XPS ve geri kalanı ise taş yünü, poliüretan ve diğer malzemeler şeklinde idi²². Geçen 7 yılda, yangın yönetmeliğindeki gelişmelerin ardından, EPS kullanım oranının azaldığı, bunun yerine XPS ve Taş yünü kullanım oranının arttığı düşünülmektedir. Bu varsayımın en temel dayanağı, son yıllarda hızla artan taş yünü ve XPS üretim kapasitesidir.

Malzeme tipine göre iç talep kısımlarına bakıldığında, son yıllara ait resmi bir veri olmaması nedeniyle 2019 yılı İzocam firması faaliyet raporu incelenmiştir. Buna göre, Türkiye'nin önemli üreticilerinden olan İzocam'ın üretim kapasiteleri aşağıdaki gibidir:

- 55 bin ton/yıl Cam yünü
- 75 bin ton/yıl Taş yünü
- 6.000 ton/yıl EPS
- 720.000 m³/yıl XPS (ortalama 30 kg/m³ densite ile yaklaşık 21.600 ton/yıl)
- 4.000.000 m²/yıl panel²³

²¹ 2018 Türkiye İMSAD Yapı Sektörü Raporu - Yalıtım Malzemeleri

²² ITO Yalıtım Malzemeleri Piyasası Çalışması, 2014

²³ Taşyünü Panel, Trapez ve Poliüretan Panel çatı - cephe kaplamaları ile Soguk Depo Paneli ürünleri

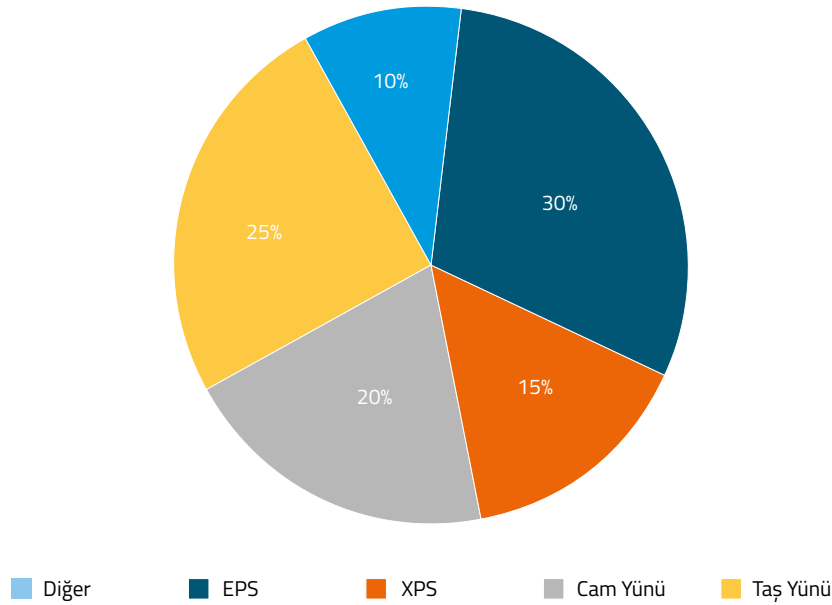
Aşağıda ayrıca toplam üretim miktarları da verilmiştir: ²⁴

Tablo 3-4: İzocam üretim miktarları

ÜRETİM GÖSTERGELERİ	KAPASİTE KULLANIM ORANI (%)		ÜRETİM	
	2019	2018	2019	2018
Mineraller Yünler (ton)	51	73	66.594	95.159
Panel ürünler (bin m ²)	55	37	1.409	937
Plastikler (m ³)	34	35	395.025	404.250

İzocam üretim kapasitesi ve taleplerinin Türkiye genelini temsil ettiği varsayılırsa, ton cinsinden kırılımı aşağıdaki gibi bir tahmin yapmak mümkündür:

Malzeme cinsine göre iç pazar talebi kırılımı

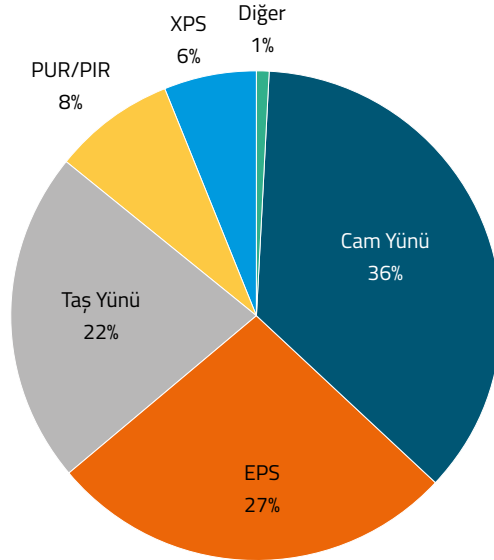


Şekil 3-3: Yalıtım malzemeleri - toplam iç talep kırılımı

Sektörün lider üreticilerine bakıldığında, hepsinin son yıllarda XPS ve taş yünü kapasitelerini arttırdıkları görülmüştür. Dolayısı ile gelecekte, XPS ve taş yünü malzemelerin, özellikle EPS'nin kullanım oranını daha da düşüreceği öngörülmektedir. Bu dağılım AB ortalaması ile karşılaştırıldığında (Şekil 3), XPS kullanımının daha az olduğu bunun yerine taş yünü malzemenin kullanımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Gerçekten de, yeni yatırımlar, taş yünü kapasitesini arttırmaya yönelik olduğundan, ileriki dönemde, taş yünü kullanımının artması beklenmektedir.

²⁴ İzocam 2019 Faaliyet Raporu, <https://www.izocam.com.tr/userfiles/files/yatirimci-iliskileri/faaliyet-raporlar/2019/2019-yili-faaliyet-rapor.pdf>

AB Malzeme tipine göre kullanım oranı



Şekil 3-4: AB malzeme tipine göre kullanım oranı²⁵

Piyasada oluşan genel geçer kalınlık hesabı kabullerine göre, özellikle bina stokunun %44'ünü barındıran 2. İklim bölgesinde 5 cm kalınlık (EPS veya XPS) daha ılıman olan ve toplam bina stokunun %23'ünü bulunduran 1. İklim bölgesinde 4 cm, yine toplam bina stokunun %24'ünü barındıran 3. İklim bölgesinde 6 cm (EPS ve XPS), son olarak bina stokunun %8'ini barındıran 4. İklim bölgesinde ise 8 cm en çok satılan kalınlıklar olarak belirtilmiştir²⁶. Buna rağmen aslında TS825 hesapları yapıldığında, bu kalınlıklar gereken U değerlerinden daha yüksek U değeri sağlayabilmekte dolayısı ile yönetmeliklere aykırı uygulamalar oluşabilmektedir.

Bu malzemelerin dışında, ayrıca gazbeton malzemeler de yüksek ısı yalıtkanlıkları, A1 sınıfı yanmazlığı ve hafifliği sayesinde binalarda üstün bir yapı malzemesi olarak kullanılması önerilen malzemelerden biridir.

Türkiye İstatistik Kurumu 23.61.12.00.04 üretim NACE kodu ile gazbeton yapı elemanları istatistiklerini açıklamaktadır. 2018 yılı verilerine göre Türkiye'de 14 gazbeton üreticisi tesis bulunmaktadır. Gazbeton üretim verileri Türkiye İstatistik Kurumu tarafından ton olarak açıklanmaktadır ve üretim 2018 yılında %6,0 düşerek 2,37 milyon tona gerilemiştir. Tüketim ise 2018 yılında %7,0 gerileyerek 2,37 milyon tona inmiştir.

²⁵ Pavel, C. C., Blagoeva, D. T., Competitive landscape of the EU's insulation materials industry for energy-efficient buildings, <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108692/kj1a28816enn.pdf>

²⁶ http://www.yapi.com.tr/haberler/iste-turkiyenin-isi-yalitim-kalinligi-haritasi_117550.html

Aşağıda üretici sayıları ile iç pazar üretim sayıları verilmiştir:

Tablo 3-5: Gazbeton üretici sayısı, üretim ve tüketim miktarları²⁷

Yıllar	Tesis Sayısı	Üretim (Ton)	Tüketim (Ton)
2014	11	2.477.859	2.469.349
2015	13	2.516.337	2.509.401
2016	13	2.607.049	2.568.391
2017	13	2.523.312	2.543.728
2018	14	2.371.915	2.365.660

Bunun dışında yine hafif, gözenekli agrega yapısı nedeniyle ısı yalıtımına katkıda bulunan ısı yalıtım sıvaları ile ilgili belirli bir satış veya talep olmamasına rağmen, bu malzemelerin de yer aldığı yapı kimyasalları sektörüne genel bir bakış atıldığında, inşaat sektöründe yaşanan çeşitli dalgalanmalara karşın yapı kimyasalları ürünlerine olan talep artış eğilimini sürdürmektedir. Bu çerçevede 2015, 2016 ve 2017 yıllarında artan yapı kimyasalları ürünleri üretimi 2018 yılında %7,5 daralarak 4,54 milyon tona inmiştir. Yapı kimyasallarında üretim yapan firma sayısı da son iki yılda gerileme göstermiştir²⁸.

Uygulama kolaylığından ve maliyet avantajlarından dolayı, piyasada hem gaz beton hem de yalıtım sıvası kendine rahatça yer bulabilmektedir. Ancak burada özellikle dikkat edilmesi gereken husus, yönetmeliklerde verilen U değerlerine ulaşılmasıdır. Özellikle yalnızca yalıtım sıvaları ile ince uygulanmaları nedeniyle, ilgili U değerlerine ulaşılması güçtür.

b) Teknolojik Gelişmeler ve Mevcut En İyi Sistem (BAT)

Isı yalıtım malzemeleri için, temel olarak kalınlık arttıkça ısı yalıtım performansları da artmaktadır.

Yukarıda belirtilen en yaygın ısı yalıtım malzemelerinin farklı kalınlıkları üretilebilmektedir. Lider üreticilerin teknik dökümanları incelendiğinde, EPS, XPS ve taşıyıcı için 10 cm kalınlığa, cam yünü için ise 14 cm kalınlığa kadar ürünlerin bulunması oldukça mümkündür.

Ancak, malzemenin ısı iletkenlik değeri (μ), malzemenin ısı yalıtım performansını etkileyen en önemli parametredir. Düşük ısı iletkenlik değerine sahip malzemeler kullanılarak daha düşük kalınlıklarda bile yönetmeliklerde verilen yasal değerlere ulaşmak mümkündür.

Son yıllarda, uygulama kolaylığı sağlayan, aynı zamanda oldukça düşük ısı iletkenlik değerine sahip ürünler ortaya çıkmıştır. Bunlardan ilki, aslında uzun bir süredir piyasada bulunan ancak yüksek fiyatın nedeniyle Türkiye’de oldukça sınırlı kullanım alanına ulaşabilen Poliüretan köpük malzemelerdir. İletkenlik değeri olarak 0,02-0,03 W/mK değerine ulaşan PUR malzemeler oldukça iyi ısı yalıtıktır.

²⁷ 2018 Türkiye İMSAD Yapı Sektörü Raporu

²⁸ 2018 Türkiye İMSAD Yapı Sektörü Raporu

Bunun yanında kullanım alanı neredeyse henüz hiç bulunmayan aşağıdaki malzemeler, bina ısı yalıtımlarının geleceği olarak görülebilir:

Vakum ve Gaz Yalıtımlı Malzemeler (VIM&GIM): Silis (silica) temelli bu malzemelerde açık gözenekli silika birkaç metalize polimer tabaka ile kaplanmıştır ve tabakaların araları vakumlanmıştır. Isıl iletkenlik değeri 0,03 ile 0,04 W/mK arasındadır. Vakum yerine daha az iletken argon/kripton gibi gazlar doldurularak ise bu ısı yalıtım değeri 0,02 W/mK mertebesine çekilebilir. Ancak en büyük dezavantajı, yıllar geçtikçe ısı iletkenlik değerinin yükselmesidir.

Aerogel Malzemeler: Oldukça potansiyelli olan bu malzemeler aktif karbon ve silikanın ısı işlemleri ile üretilebilmektedir. Saydam veya yarısaydam olarak da üretilebilmelerinden dolayı dış cephe uygulamasında esnek bir kullanım sunar. Isıl iletkenlik değeri 0,08 W/mK civarındadır. Ancak üretim aşamalarında farklı prosesler ile 0,04 W/mK'e indirilebilir. Ancak üretimi halen çok pahalıdır.

Faz Değiştirebilen Malzemeler: Aslında termal yalıtım malzemeleri olmamalarına rağmen, soğuk havalarda sıvı fazdan katı faza geçip ekzotermik reaksiyonlar sonucu ısıyı depolayıp ortama verebildiğinden özellikle bina iç ısıtma ve soğutma yüklerinin düşürülmesine yardımcı olur²⁹.

c) Sektörün SWOT Analizi

Sektörün güçlü, zayıf yanları ile sektördeki fırsatların ve tehditlerin incelendiği SWOT analizi aşağıdaki gibidir:



Şekil 3-5: Yalıtım Sistemleri - Sektörün SWOT analizi

²⁹ Jelle, B, Gustavsen, A, Time, B, Skogstad, H, Dalehaug, A, Properties, Requirements and Possibilities for Traditional, State-of-the-Art and Future Thermal Building Insulation Materials and Solutions, 2011

Türkiye, ısı yalıtım malzemeleri açısından küresel bir üretici konumundadır ve en azından konvansiyonel malzemelerin üretimi ile ilgili yüksek bir bilgi birikimine sahiptir. Ayrıca mevcut binalar düşünüldüğünde pazarın büyüme potansiyeli oldukça yüksektir.

Bunun yanında, halen yanlış malzeme seçimi ve yanlış uygulamalar devam etmektedir. Bu tür uygulamalar, maalesef güveni zedelemektedir. Ayrıca denetlenmeyen yanlış uygulamalar haksız rekabete sebep olmaktadır. Ancak özellikle büyük üreticilerin uygulayıcı sertifikasyon programları ve eğitimleri sonuç vermektedir.

Sektör ile ilgili en önemli tehdit, doğal olarak daralan ekonomi ve özellikle inşaat sektörüdür. İnşaat sektörü tekrar büyümeye geçmeden, ısı yalıtımı malzemeler sektörünün de büyümeye geçip ek yatırımlar yapılması çok mümkün değildir.

d) Gelecek Beklentileri ve Öneriler

Ülkedeki üretim kapasitesi tüm yerel talebi karşılamasının dışında, aynı zamanda ihracat bile yapabilecek durumdadır. Dolayısı ile yeni inşaat sayısının azaldığı noktada, talebin mevcut binaların iyileştirilmesi yönüne kaydırılması piyasayı toparlayacaktır. Bu aşamada , özellikle mevcut binaların yenilenmesi konusunda daha ciddi adımlar atılması ısı yalıtımı sektörü için faydalı olacaktır.

Zaten yapılan yatırımlardan da görüleceği üzere, taş yünü üretim kapasitesi son yıllarda çok artmıştır. Dolayısı ile üretici firmaların da desteği ile önümüzdeki yıllarda kullanımının daha da artması beklenmektedir. Basma dayanımı, yanma özellikleri ve ısı iletkenlik özellikleri açısından oldukça uygun bir malzeme olan taşyünü, binaların ısı performansına da pozitif etki yapacaktır. Ayrıca PUR malzemelerin de özellikli binalarda kullanımı yaygınlaşması beklenmektedir. Bu iki malzeme, yakın gelecekte ısı yalıtımı için temel malzeme olma potansiyeline sahiptir.

Doğaldır ki, inşaat sektörü tekrar belli bir seviyeye yükselmeden, yalıtım malzemeleri sektörünün yine tam kapasite ile çalışması oldukça zordur. Dolayısı ile kentsel geri dönüşüm aktivitelerine geri dönülmesi gerekmektedir. Mevcut durumda, Türkiye'nin yaklaşık %50'den fazlası dönüştürülmesi gerçeği göz önünde bulundurulursa, aslında, potansiyel çok büyüktür ancak finansal zorluklar da aynı şekilde oldukça kısıtlayıcı etkenler yaratmaktadır.

Bir önemli husus da yapı denetimlerinin daha iyi uygulanmasıdır. Aksi takdirde, haksız rekabete yol açan, daha az maliyetle yapılan ancak yanlış uygulamalar, sektöre yön verir hale gelmektedir.

3.3.2. Pencere Sistemleri

a) Pazar Büyüklüğü ve Yönelimleri

Isı yalıtım sistemlerine benzer şekilde, pencere sistemleri de inşaat sektörü ile paralel gelişen bir sektördür. Dolayısı ile ısı yalıtım sistemlerinde verildiği gibi, büyümesi duran, hatta gerileme içerisinde olan inşaat sektörü, pencere sektörünü de olumsuz etkilemektedir. Bu daralmaya rağmen, inşaat malzemeleri sektörleri için 2019 yılında büyüme sağlayan tek sektör düz cam sektörü olmuştur. 2019 yılında 22 alt sektörün 21'inde üretim bir önceki yıla göre düşüş göstermiştir. 2019 yılında düz cam imalatı %2,8 artış ile üretimi geçen yıla göre artan tek sektör olmuştur. 2019 yılında üretimde en yüksek gerilemenin yaşandığı üç sektör %38,8 fırınlanmış kilden inşaat malzemeleri, %37,6 ile hazır beton sektörü ve %23,4 ile inşaat amaçlı beton ürünleri olmuştur³⁰. Ancak burada önemli bir husus, düz camlar sadece pencere sistemlerinde değil, aynı zamanda otomotiv sektörü, beyaz eşya, hatta fotovoltaik (PV) panel ve güneş kolektörü içinde kullanılmaktadır. Dolayısı ile düz cam pazarında artış, tamamen pencere sektöründeki artış anlamına gelmemektedir.

Pencere sistemleri, iki temel bileşen içerdiğinden, bu iki bileşen ayrı ayrı incelenmelidir. Türkiye cam sektörü, girdilerinin tamamına yakınına yurtiçinden temin eden, ihracatçı, ülke ekonomisine net katma değer yaratan, büyümesini sürdürmek için çaba harcayan ve Türkiye'nin lokomotif sektörlerine girdi veren önemli ve başarılı bir sektördür. Sadece Türkiye'nin değil, dünyanın önde gelen üreticilerinin yer aldığı Türkiye cam sektörü 4,8 milyon ton/yıl cam üretimi ile (Türkiye ve yurtdışı) dünyada önemli bir konuma sahiptir. Türkiye cam sektörünün en büyüğü olan şişecam üretimde -cam ev eşyasında- Avrupa'da 2'nci, Dünya'da 3'üncü, düzcamda Dünya'da 5'inci, Avrupa'da 1'inci ve cam ambalajda Dünya'da 5'inci durumdadır³¹.

Yalıtımlı cam üretiminin yaklaşık %90'ının sağlayan Şişecam Düzcam (Trakya Cam) verilerine göre mimari cam üretimleri aşağıdaki şekildedir:

Tablo 3-6: Mimari cam üretimi³²

Yıllar	Mimari Cam Üretimi (Bin Ton)
2017	2.509
2018	2.507
2019	2.477

İç piyasadaki daralma dolayısı ile Trakya Cam ihracata yönelmiş ve kurlardaki artışlar dolayısı ile de %40'a yakın artış gösteren ihracat oranları nedeniyle karını arttırmıştır³³.

³⁰ https://www.imsad.org/Uploads/Files/Turkiye_IMSAD_Subat2020_Sektor_Raporu.pdf

³¹ Şişecam 2019 Faaliyet Raporu

³² Şişecam Düzcam 2019 Faaliyet Raporu

³³ Şişecam Düzcam 2019 Faaliyet Raporu

Çerçeve açısından ise plastik ve alüminyum çerçeve tipleri kullanılmaktadır. İMSAD 2018 yapı sektörü verilerine göre, pencere ve kapı için plastik ve alüminyum çerçeve üretim miktarları aşağıda verilmiştir ³⁴.

Tablo 3-7: Plastik çerçeve üretimi

Tip	2015	2016	2017	2018
Kapı, Pencere ve bunların kasaları ile pervazları ve kapı eşikleri (adet)	75.510.097	95.039.878	101.218.999	94.660.300
Kapı, Pencere ve bunların kasaları ile pervazları ve kapı eşikleri (ton)	392.653	494.192	523.727	489.789
TOPLAM (ton)	2.463.011	2.596.350	2.813.990	2.588.870

Tablo 3-8: Alüminyum çerçeve üretimi

Yıllar	Firma Sayısı	Üretim Adet	Üretim Ton
2014	215	24.154.736	289.859
2015	260	29.190.784	349.693
2016	307	35.115.234	421.396
2017	319	33.991.794	407.907
2018	310	27.193.435	326.328

Özellikle profil ve cam, adet olarak az sayıdaki kurumsal firmalar tarafından üretildiği için üretim rakamlarını bulmak daha kolaydır. Ancak son ürün olan pencere, daha küçük boyutlu ve sayıca fazla tesis tarafından üretilmekte ve piyasaya sunulmaktadır. Dolayısı ile iç piyasa talebini, pencere cinsi bakımından detaylandırmak için gerekli istatistiki veri bulunmamaktadır. Ancak, Pencere ve Kapı Sektörü Derneği (PÜKAD)'nin 2017 yılında yayınladığı raporda bu konudaki yaklaşımı ve varsayımları aşağıdaki gibidir. 2020 yılında da aynı oranların söz konusu olduğu tahmin edilmektedir:

- Konut üretiminde pencerelerin yaklaşık %94'ü PVC, %5'i Alüminyum, %1'i ise ahşap ve sair malzemelerdendir.
- Konut dışı binalarda bu oranlar ise şöyledir: PVC %35, Alüminyum %64, sair malzeme %1
- Toplam PVC üretimin yaklaşık yarısı yenileme, yarısı ise yeni binalarda kullanılmıştır.
- Toplam PVC çerçeveli pencerelerin %90'ı konut için, %10'u konut dışı binalar için üretilmiştir.

³⁴ 2018 Türkiye İMSAD Yapı Sektörü Raporu

- Pencere sektörü için üretilen camların %95'i çift cam üniteli, %4'u tek camlı (cam balkon ve kapı için), %1'i 3 cam ünitelidir.

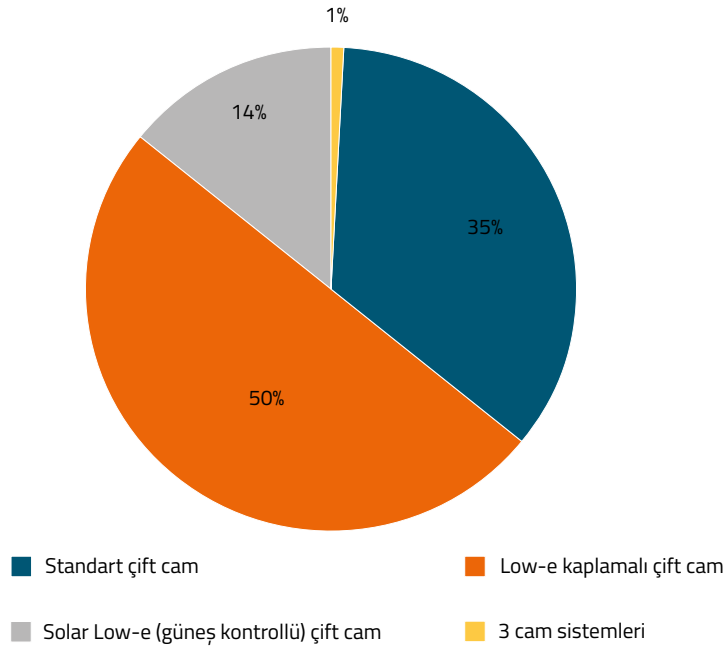
Yukarıdaki değerler, resmi istatistikler değil, PÜKAD'ın yaptığı varsayımlara dayalıdır. Dolayısı ile tartışmaya açıktır. Ancak üretim miktarları ile uyusmaktadır ³⁵.

Şişecam Düzcamlar'ın yalıtım camları ürün gamına bakıldığında ise 4 ana tip cam tipinin olduğu görülmektedir. Bu tiplerin içinde birçok varyasyon olmasına rağmen temelde:

- Standart çift cam
- Low-e kaplamalı çift cam
- Solar Low-e (güneş kontrollü) çift cam
- 3 cam sistemleri

Bunlar için yine bir satış kırılımı verisi olmamasına rağmen, sözlü olarak şöyle bir kırılım elde edilmiştir. Ancak buradaki veriler resmi değildir ve tartışmaya açıktır:

AB Malzeme tipine göre kullanım oranı



Şekil 3-6: İç Piyasa talebi, yalıtım camları satış kırılımı³⁶

³⁵ PUKAD – 2016 Yılı Pencere Ve Cam Pazarı Raporu <http://pukad.org/wp-content/uploads/2017/02/2016-yili-turkiye-pencere-ve-cam-pazari-raporu.pdf>

³⁶ Şişecam Düzcamlar satış birimi mülakatı

Low-e kaplamalı camlar ile standart camlar arasında fiyat olarak, aynı aralık ve cam kullanımında oldukça az bir fark vardır (yaklaşık %15). Ayrıca, Şişecam'ın son dönemlerde gözlenen yeni yatırımlarına ve her sene artan low-e kaplamalı cam arzına bakarak, eğilimin, low-e kaplamalı camların kullanılması olduğu kesinlikle söylenebilir. Nitekim, özellikle Orta ve Kuzey Avrupa ülkelerinde, ilgili yönetmeliklerde belirtilen pencere U değerlerine ancak low-e kaplamalı camlar ile ulaşabilmektedir. Hatta Kuzey Avrupa'da maksimum pencere U değerleri 1,3 W/m²K civarındadır. Güney Avrupa'da ise bu değerler 2,8 W/m²K'e kadar çıkabilmektedir. Dolayısı ile şu anda TS825'e göre maksimum 2,4 W/m²K olan pencere U değerleri güncellenerek özellikle yeni binalar için 1,8 W/m²K seviyelerine düşürülebilir.

b) Teknolojik Gelişmeler ve Mevcut En İyi Sistem (BAT)

Şişecam Düzcam ürün portföyündeki yalıtım camlarının performansı aşağıdaki gibidir:

Tablo 3-9: Şişecam Düzcam ürün portföyü cam ısı yalıtım performansı³⁷

Ürün		Geçirgenlik	Dışa Yansıtma	Gölgeleme Katsayısı	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	
		%	%		Hava W/m ² K	Argon W/m ² K
Standart Çift Cam	4+12+4	80	14	0,86	2,9	2,7
	4+16+4				2,7	2,6
Isıcam Sinerji (Isı kontrol Kaplamalı)	4+12+4	79	12	0,64	1,6	1,3
	4+16+4				1,3	1,1
Isıcam Konfor (Isı ve güneş kontrol kaplamalı)	4+12+4	71	10	0,51	1,6	1,3
	4+16+4				1,3	1,1
Isıcam Konfor 3+ (Üç cam)	4+9+4	63	13	0,45	1,2	0,9
	4+12+4				0,9	0,7
	4+16+4				0,7	0,6

Pencere geneline bakıldığında ise, farklı konfigürasyonlar ile farklı U değerleri elde edilebilir. Türkiye'de satılan farklı konfigürasyonlara sahip PVC çerçeveli pencere tipleri için ortalama U değerleri aşağıdaki gibidir:

Tablo 3-10: PVC pencereler için ortalama U değerleri³⁸

	Standart Çift Cam (w/m2)			Isı kontrol Kaplamalı (w/m2)			Isı ve güneş kontrol kaplamalı (w/m2)		
	9 mm	12 mm	16 mm	9 mm	12 mm	16 mm	9 mm	12 mm	16 mm
3 odalı	3	2,8	2,7	2,2	2,1	1,9	1,4	1,2	1
4 odalı	2,8	2,7	2,6	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	0,9
5 odalı	2,5	2,4	2,2	1,7	1,6	1,3	1,1	0,9	0,8
6 odalı	2,3	2,2	2,1	1,5	1,3	1,1	1	0,9	0,8

³⁷ <http://www.isicam.com.tr/tr/profesyoneller-icin/profesyoneller-icin-urun-katalogu>

³⁸ Uzman değerlendirme

Şişecam'ın seri olarak ürettiği en performanslı yalıtım pencere camı 4-16-4-16-4 low-e kaplamalı ve argon doldurulmuş camlardır. U değeri yaklaşık olarak 0,6 W/m²K'dir. Ancak piyasada 3 cam satışı toplam pazarın %1'i civarındadır ve özellikle argon içeren camlar özel uygulamalar dışında piyasada görülmemektedir.

PVC pencere açısından ürün performanslarına bakıldığında, 6 ve 7 odacıklı 3 cam sistemler için üretilen yüksek yalıtımlı profiller mevcuttur. Bu profiller ile birlikte en performanslı 3 cam sistemler kullanılırsa, toplam pencere U değeri 0,8 W/m²K civarında olacaktır. Argon yerine hava kullanılsa bile U değeri yine 1,0 W/m²K değerinden düşük olacaktır.

Alüminyum ise malzeme olarak plastik kadar ısıl yalıtkan değildir. Dolayısı ile alüminyum pencerelerin U değerleri, PVC pencerelerden daha yüksektir. En iyi sonucu almak için alüminyum profilde termal bariyer kullanılmalıdır.

Argon, camlar arasındaki boşluklarda kullanıldığında oldukça efektif bir gazdır ve ısı yalıtım performansına önemli miktarda katkıda bulunur. Daha yenilikçi bir ürün olarak ise ara boşluklarda bir gaz değil vakum kullanıldığı görülmektedir. Vakum oldukça iyi bir yalıtandır ve pencerenin performansını argondan daha da iyi hale getirir.

Yine yenilikçi ürünlere bakıldığında, pazarda bulunması çok kolay olmayan, ancak en çok gelecek vadeden sistemler şu şekilde sıralanabilir:

- Dinamik aktif camlar: Bu camlar, elektrik akımı ile aktive olan polimer bir katmana sahip, manuel veya otomatik olarak geçirgenliği ayarlanan camlardır. Ofis ve toplantı odaları kullanımı dışında, özellikle cephe uygulamalarında ve daha sıcak bölgelerde, gündüz geçirgenliğin azaltılması ile soğutma yükünün azaltılması sağlanabilir.
- En büyük potansiyele sahip camlar ise PV içeren cam teknolojileridir. İnce film teknolojisinin çift cam uygulamalarıyla üretilen ve piyasada bulunan ticari ürünlerin saydamlık oranı yaklaşık olarak %50'den daha fazladır. Bu yarı geçirgen a-Si PV cam teknolojisi, c-Si PV camlarla kıyaslandığında, iç mekânı gün ışığı ile aydınlatmada daha başarılı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, a-Si³⁹ PV camın U değeri c-Si⁴⁰ PV camın U değerinden yaklaşık olarak % 10 daha düşüktür. Dolayısı ile burada en büyük potansiyel, yarısaydam ince film teknolojisinin özellikle cam cephe uygulamalarına entegre edilmesidir. Böylece hem bina soğutma yükü azalacak, hem de bina için elektrik üretimi yapılabilecektir. Piyasada farklı ürünler olmasına rağmen, a-Si içeren yarı saydam ince film camların U değeri 1,2-1,4 W/m²K civarında, elektriksel güçleri ise yaklaşık 100 W/m² civarındadır ⁴¹.

³⁹ Amorf silikon

⁴⁰ Kristal silikon

⁴¹ Cuce, P, Guclu T, Beşir, A, Cuce, E, Enerji Verimli Binalar İçin Sürdürülebilir Ve Çevre Dostu Pencere Ve Cam Teknolojileri: Son Gelişmeler Ve Uygulamalar, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 24, Sayı 3, 2019

c) Sektörün SWOT Analizi

Sektörün güçlü, zayıf yanları ile sektördeki fırsatların ve tehditlerin incelendiği SWOT analizi aşağıdaki gibidir:



Şekil 3-7: Pencere Sistemleri - Sektörün SWOT analizi

Isı yalıtım sektörü ile benzer koşullara sahip pencere sektöründe, Türkiye, önemli bir küresel üretici konumundadır ve yalıtım camları veya ilgili profillerin üretiminde gerekli bilgi birikimine sahiptir. Ayrıca gerek iç pazar, gerekse çevredeki gelişen pazarlar, sektörün güçlü kalmasını sağlamak ve yeni fırsatlar yaratmaktadır. Buna rağmen, proseslerin özellikleri gereği, işletmeler tam kapasite ile sürekli çalışmak zorundadırlar. Dolayısı ile talep daralması durumunda kayıpları daha yüksek olmaktadır. Yine ısı yalıtım sistemlerine benzer olarak, piyasada düşük kaliteli ürünler veya yanlış uygulamalar, son kullanıcıya fiyat avantajı sağlayarak haksız rekabete sebep olmaktadır.

d) Gelecek Beklentileri ve Öneriler

Yakın gelecekte, low-e kaplamalı camlar kullanan pencerelerin kullanımının daha da artması beklenmektedir. Şişecam'ın da yeni yatırımlarının önemli bir kısmı low-e kaplamalı camların üretiminin artırılmasına yöneliktir.

Özellikle kentsel dönüşüm aktiviteleri ile yenileme pazarı oldukça daralmıştır. Son kullanıcılar, pencerelerini hatta binanın herhangi bir bölümünü yenilemek yerine, yıkılıp yeniden yapılmasını beklemektedir. Bu da asıl yüksek potansiyele sahip, mevcut binaların yenilenmesi pazarının oldukça durgunlaşmasına neden olmuştur.

Devlet satın alma garantili dövizde endeksli fiyatlamalar sayesinde, Solar PV sektörü hızla gelişmiştir. Aynı hızda bir gelişme PV camlar için beklenmese de gelecekte, fiyatların daha da aşağıya çekilmesi ile özellikle ticari kullanımlarda, yarı saydam ince film PV teknolojisinin kullanımı oldukça büyük potansiyel içermektedir.

Cam üretimi dünyanın en önemli üreticilerinden birinin neredeyse tek elindedir. Ayrıca yaklaşık 10 adet kurumsal profil üreticileri yine piyasaya yüksek kalitede ürün sağlamaktadır. Ancak

bu iki bileşenin bir araya getirilip son ürün olan pencerenin piyasaya arzı, daha küçük, çok da kurumsal olmayan ve adet olarak da çok fazla olan firmalar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu hatalı uygulamaların veya düşük kaliteli ürünlerin de arzını arttırmaktadır. Bu yönde, özellikle konut sektöründeki uygulamalar için denetimlerin artarak sürmesi sektörün beklentisidir.

3.3.3. İklimlendirme Sistemleri

3.3.3.1. Mono ve Multi Split Klimalar

a) Pazar Büyüklüğü ve Yönelimleri

Oldukça dinamik bir şekilde gelişen split klima pazarında, 2000 yılında Türkiye’de klima üretilmiyorken, son 18 yılda küresel pazardaki 4 markanın da üretime başlaması ile Avrupa’nın tüm gereksinimini karşılayacak bir kapasiteye ulaşılmıştır.

Split klima pazarı, tüm iklimlendirme pazarı içinde (kombi hariç) adet olarak %63, değer olarak yaklaşık %50’lik bir paya sahiptir.

Ev tipi klima sektöründe, genelde çokuluslu şirketler pazara yön verir durumdadır. Bunun yanında, dünyanın önde gelen ulusal beyaz eşya firmaları da pazarda önemli paya sahiptir. 7 büyük tedarikçi piyasanın yaklaşık %60’ından fazlasını elinde bulundurur.

Sektör 2018 yılında genel olarak inşaat sektöründeki daralmadan yüksek oranda etkilenmemiş ancak aynı zamanda büyüyememiştir de. 2018 yılında, bir önceki yıla oranla yaklaşık %2’lik bir küçülme ile toplamda 2 milyon iç ve dış ünite iç pazarda satılmıştır. Üretilen ürünlerin yaklaşık %76’sı iç pazarda satılmış, kalan miktar ise ihraç edilmiştir. 2014 yılı ile karşılaştırıldığında ise hem üretim hem de iç talep yaklaşık %40 artmıştır. Aşağıdaki tablo İSKİD istatistiklerinde yıllara göre iç pazar satış rakamlarını göstermektedir.

Tablo 3-11: Split Klima üretim, iç talep ve ihracat rakamları⁴²

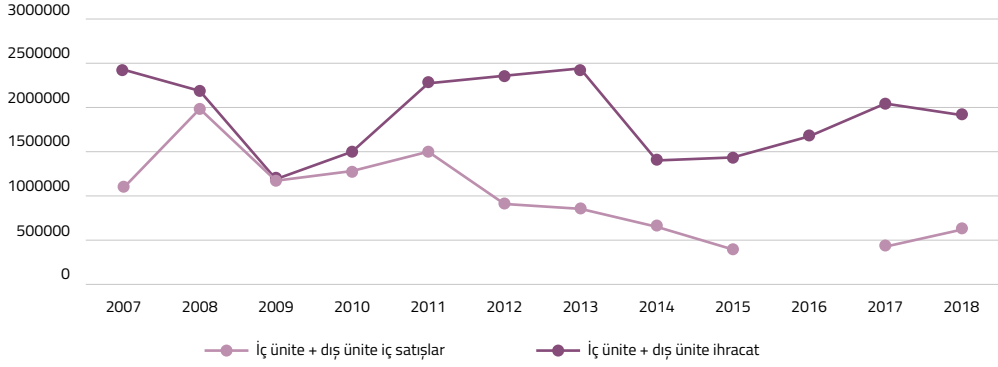
YILLAR	Split Klimalar (İç Ünite)				Split Klimalar (Dış Ünite)			
	GİRİŞ		ÇIKIŞ		İÇ SATIŞ		İHRACAT	
	İMALAT	İTHALAT	İÇ SATIŞ	İHRACAT	İMALAT	İTHALAT	İÇ SATIŞ	İHRACAT
2007	1.321.965	532.437	1.216.340	586.528	1.319.072	516.078	1.201.698	584.270
2008	1.665.840	468.261	1.112.009	982.619	1.663.042	447.036	1.093.587	981.108
2009	934.876	218.053	614.919	586.600	928.774	209.301	603.598	585.482
2010	1.035.997	275.365	743.621	623.180	1.027.545	258.483	722.207	619.769
2011	1.328.971	440.026	1.147.592	726.291	1.374.463	420.419	1.122.788	725.498
2012	1.108.890	523.539	1.187.718	440.598	1.094.929	506.576	1.160.053	440.547
2013	1.309.920	587.292	1.241.718	407.172	1.295.030	571.114	1.216.404	402.442
2014	449.922	338.992	698.481	301.432	442.260	305.045	666.865	296.443
2015	470.962	337.511	711.236	176.150	459.962	312.103	678.248	173.587
2016	Veri Yoktur		839.371	Veri Yoktur	Veri Yoktur		796.824	Veri Yoktur
2017	Veri Yoktur		1.028.475	216.703	Veri Yoktur		968.825	215.796
2018	814.358	582.219	1.01.185	303.988	797.704	530.530	942.539	303.298

⁴² <https://iskid.org.tr/istatistikler-ve-raporlar/>

Ancak, 2019 yılı raporları henüz hazır olmamasına rağmen, bir önce yıla oranla çift haneli bir daralma olduğu belirtilmiştir ⁴³.

Aşağıda, iç ünite ve dış ünite toplam iç satış rakamlarının grafiği verilmiştir:

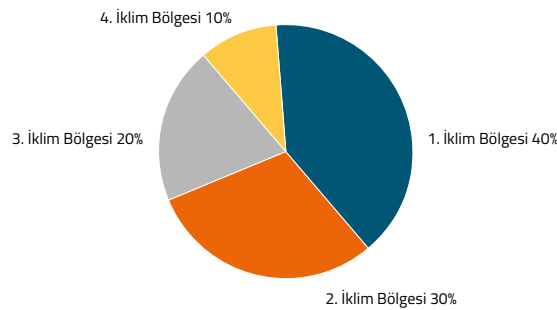
Tablo 3-12: Split klima iç ve dış ünite toplam iç pazar ve ihracat rakamları



Bölgesel olarak bir satış verisi olmamasına rağmen, önde gelen bir internet satış sitesinin paylaştığı verilere göre klima satışlarının yüzde 40'ı Türkiye'nin güneyinde yer alan Soğutma gün sayısının(CDD) görece yüksek olduğu Adana, Hatay, Muğla, Antalya, Diyarbakır, Şanlıurfa, Mersin, Mardin ve Gaziantep şehirlerine yapılmıştır. Zonguldak, Karabük, Sinop, Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon ve Rize gibi Soğutma gün sayılarının görece düşük olduğu şehirler ise toplam satışlardan yüzde 3 ile en düşük payı almıştır. Satışlarda, İstanbul, İzmir ve Ankara yüzde 30'luk paya sahip olurken, yüzde 27'lik dilim ise diğer şehirler arasında dağıldı. Adet bazında en çok klima satın alınan şehirler sırasıyla İstanbul, İzmir, Antalya, Adana, Mersin, Hatay, Şanlıurfa, Mardin, Muğla ve Bursa oldu⁴⁴. Bu veriler, genel istatistiki bir veri olmamasına rağmen, geneli de yaklaşık olarak temsil ettiği düşünülmektedir. Bu varsayım ile iklim bölgelerine göre satışların dağılımı tahmini olarak şu şekilde verilebilir

Aşağıdaki grafik satışların bölgesel dağılımını göstermektedir.

İklim Bölgelerine Göre Split Klima Satış miktarları Tahmini



Şekil 3-8: Split Klima, iklim bölgelerine göre satış yüzdeleri tahmini

⁴³ <https://www.iklimlendirme.tv/iklimlendirme-haberleri/iklimlendirmenin-uncusu-formdan-2019-degerlendirmesi/>

⁴⁴ Online Satış Kanalları – Basın açıklamaları

Yine aynı basın bildirisine göre toplam satışların %46'sı 12,000 BTU/h (3,5 kW); %23'ünün 18,000 BTU/h (5,2 kW) termal kapasiteye sahip olduğu belirtilmiştir. Bu değerlerin konut sektörü özelinde satışlar için yine geneli temsil ettiği kabul edilebilir.

Yukarıda verilen rakamlar resmi rakamlar olmasa da özellikle konut sektörü ortalamalarını yansıttığı düşünülmektedir. Özellikle yeni konut projelerinde müteahhit firmalar tarafında ayrılmaz bir bütün olarak görülen klimalar nedeniyle, split klimalarda en büyük pazar konut sektörüdür, sonrasında ise oteller ve ticarethaneler gelmektedir. Her ne kadar ülkemizde soğutma ihtiyacı hesabıyla ilgili ısıtma ihtiyacı için olan TS825 gibi bir standart olmamasına rağmen özellikle 1. ve 2. iklim bölgelerinde soğutma yükünün daha fazla olması ve bunun klimalar ile sağlanması önem arz etmektedir. Ayrıca 1. iklim bölgesinde ılıman geçen kış aylarında klima ile ısıtma da yapıldığı göz önüne alındığında klima sektörünün toplam iklimlendirme sektöründe önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir."

Verim sınıflarına göre satışlar hakkında yine resmi bir istatistik mevcut değildir. Ancak, pazar lideri üreticilerin ürün gamı incelendiğinde, yoğunlukla A ile A+++ sınıfı arasında, en çok da A++ sınıfında ürünler olduğu görülmektedir ⁴⁵. Dolayısı ile satışların en çok bu verim sınıflarından olduğunu tahmin etmek zor değildir.

Özellikle küresel ısınmanın etkileri her zaman klima sektörü için büyüme fırsatı sunmaktadır. Geçtiğimiz yıllarda ortaya çıkan önemli krizler ve arkasında gelen satın alım gücünün azalması, pazarda daralmaya neden olmuştur. Ancak bu krizlerin son bulması ile split klima sektörünün hızla tekrar yükselişe geçmesi beklenmektedir.

b) Teknolojik Gelişmeler ve Mevcut En İyi Sistem (BAT)

AB etiketleme yönetmeliği ile paralel bir şekilde yayımlanan Eko Tasarım yönetmelikleri, split klimalar için, mevsimsel COP ve EER değerlerine göre A+++ ile D sınıfı arasında enerji verimliliği sınıflaması yapmaktadır. Önemli üreticilerin ürün gamına bakıldığında, birçok farklı kapasite için en verimli sınıf olan A+++ sınıfı split klima modellerinin olduğu görülmektedir. Aşağıdaki tabloda, verim sınıflarının mevsimsel verimleri görülmektedir.

Tablo 3-13: Enerji verimliliği sınıflarına göre mevsimsel verimler

Enerji Verimlilik Sınıfı	SEER	SCOP
A+++	SEER ≥ 8,50	SCOP ≥ 5,10
A++	6,10 ≤ SEER < 8,50	4,60 ≤ SCOP < 5,10
A+	5,60 ≤ SEER < 6,10	4,00 ≤ SCOP < 4,60
A	5,10 ≤ SEER < 5,60	3,40 ≤ SCOP < 4,00
B	4,60 ≤ SEER < 5,10	3,10 ≤ SCOP < 3,40
C	4,10 ≤ SEER < 4,60	2,80 ≤ SCOP < 3,10
D	3,60 ≤ SEER < 4,10	2,50 ≤ SCOP < 2,80

⁴⁵ Arçelik, Vestel, Daikin, Samsung, ve İklimsa internet siteleri ürün gamı

Bunun yanı sıra, AB mevcut 20/20/20 politikasının küresel ısınmayı sınırlayacak AB düşük karbon yol haritası 2050 hedefini sağlamakta yeterli olmayacağı görülünce 2014'te yeni F-Gaz Regülasyonu'nun yayımlanmasının ardından alternatif akışkan arayışları hız kazandı. Klima üreticileri, yaptıkları araştırmalar sonucunda, düşük küresel ısınma potansiyeline sahip alternatif akışkanlar arasından R32'nin en dengeli çözüm olduğu sonucuna vardı. AB'nin öncülüğünde uzak doğu firmaları da artık tüm yeni tip split klima modellerinde R32 tipi soğutucu akışkana yer vermeye başlamıştır ⁴⁶.

c) Sektörün SWOT Analizi

Sektörün güçlü, zayıf yanları ile sektördeki fırsatların ve tehditlerin incelendiği SWOT analizi aşağıdaki gibidir:



Şekil 3-9: Split Klima Sistemleri - Sektörün SWOT analizi

Türkiye AB için split klima üretim merkezlerinden biridir. Dolayısı ile güçlü bir üretim altyapısına sahiptir. Aynı zamanda, sektör oldukça büyük büyüme potansiyeline sahiptir. Akdeniz ülkelerinde ev tipi klimaların kullanımı %20-50 aralığında iken bu oran ülkemizde henüz %10 civarında hesaplanmaktadır. Bu çerçevede, Türkiye'de ev tipi klimalarının kullanımının özellikle 1. iklim bölgesinde ısıtma içinde kullanıldığı göz önünde bulundurulduğunda giderek artacağı beklentisi öne çıkmaktadır.

Buna rağmen, özellikle motor, kontrol sistemi gibi katma değer yüksek teknoloji ara ürünler ithalata dayalıdır. Bu tür yüksek teknoloji ürünler hem tasarım olarak hem de üretim olarak ithalat ile karşılanmaktadır. Dolayısı ile kur değişimlerine de karşı hassastır.

Yine de hem gelişen pazara yakınlığı hem de kur nedeniyle azalan üretim maliyetleri, pazar için önemli ihracat fırsatları sunmaktadır.

⁴⁶ Arçelik, Vestel, Daikin, Samsung, ve İklimsa internet siteleri ürün gamı

d) Gelecek Beklentileri ve Öneriler

Split klimalar, düşük kapasiteleri dolayısı ile daha çok küçük çaplı bağımsız birimlerin iklimlendirilmesinde kullanılmaktadırlar. Her ne kadar daha eski tip ofis ve otel gibi binalarda yer yer kullanılıyor olsa da, bu düşük kapasiteleri nedeniyle split ünite pazarı çok büyük oranla hitap eder haldedir.

Daha yüksek verimli ekipmanların kullanımının yaygınlaşması ise tamamen konut sektöründeki satın alma gücü ile ilgilidir. Satın alma gücü artıktıkça, son kullanıcılar ürünleri bir miktar daha pahalı olan küresel üreticilerin ürünlerine kayacak, küresel üreticiler de hali hazırda zaten sadece yüksek verimli ürünler üretmeleri dolayısı ile piyasaya daha yüksek verimli ürünlerin arzı hızlanacaktır.

3.3.3.2. VRF Sistemleri

a) Pazar Büyüklüğü ve Yönelimleri

VRF sistemleri, temelde tek bir dış üniteye bağlı birkaç iç ünitelerden oluşan klima sistemleridir.

VRF'lerin mono, multi ve kanallı tiplerinin toplam iç üniteleri 2007 yılındaki yaklaşık 34 bin adet iç ünite ve 6 bin adetlik dış ünite yurt içi satış miktarında iken sonrasındaki yıllar içinde sürekli (sadece 2016 hariç) artış göstermiş ve 2018 yılında 222 bin adet iç ünite ve 37 bin adet dış ünite ulaşmıştır. (Tablo 3) Aradan geçen 11 yıllık süreç içinde sadece 2016 yılında toplam yurt içi satış miktarları iç üniteye %12'lik, dış üniteye ise %5'lik düşüş göstermesine karşın 2017 yılında yeniden yükselişe geçmiş, 2018 yılında artışını sürdürmüştür.

İç ünite satış miktarları 2007 yılından 2018 yılına kadar geçen 11 yıl içinde dış ünite satış miktarlarına göre birbirlerine yakın gerçekleşmiştir. İç üniteye dış ünite satış miktarları arasındaki farkların oranı genellikle 5 katı civarında olmuştur. Bu da bize iç ünitelerin her bir dış ünite için uygulanma miktarının değişmediğini göstermektedir. İç ve dış ünite satış miktarlarını ise 2007 yılından 2018 yılına kadar geçen 11 yıl içinde yaklaşık 6 katından fazla miktarda artış yapmıştır. Teknolojinin bu yıllar içinde geliştiği varsayılırsa bu normal bir durumdur. 2014 yılı ile karşılaştırıldığında ise 2018 yılında %20'lik bir artış görülmektedir. 2016 yılında küçülme gösteren satışlar 2017 yılında tekrar canlanmış ve genel olarak 2018 yılında ekonomik göstergeler ile birlikte önemli ölçüde gerileyen inşaat sektörüne rağmen, sunduğu birçok avantaj dolayısı ile VRF sistemleri küçük de olsa büyümesini sürdürmüştür.

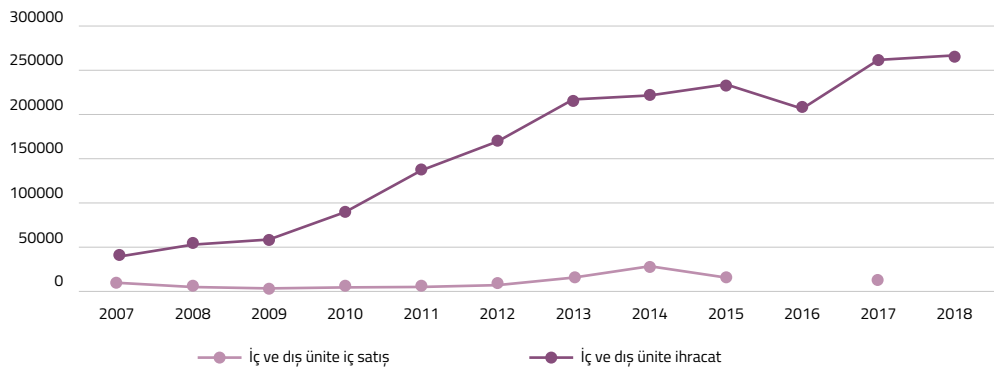
Aşağıda VRF sistemlerinin üretim ve talep değişimleri görülebilir:

Tablo 3-14: VRF, üretim, iç talep ve ihracat rakamları⁴⁷

YILLAR	VRF (İÇ Ünite)				VRF (DIŞ Ünite)			
	GİRİŞ		ÇIKIŞ		GİRİŞ		ÇIKIŞ	
	İMALAT	İTHALAT	İÇ SATIŞ	İHRACAT	İMALAT	İTHALAT	İÇ SATIŞ	İHRACAT
2007	40.538		33.889	3.935	7.108		5.858	699
2008	52.617		46.719	2.407	7.435		6.732	299
2009	54.741		46.497	2.509	8.898		8.004	284
2010	86.266		77.577	4.337	13.717		12.041	970
2011	129.451		117.430	3.611	20.542		17.935	517
2012	156.958		144.869	6.034	21.157		22.760	378
2013	219.656		184.493	14.667	32.957		28.050	2.139
2014	188.711		186.264	21.417	30.533		29.308	3.304
2015	215.277		194.831	13.665	33.645		32.923	2.253
2016	Veri Yoktur		171.947	Veri Yoktur	Veri Yoktur		31.177	Veri Yoktur
2017	Veri Yoktur		221.335	5.164	Veri Yoktur		36.791	960
2018	229.670		222.529	Veri Yoktur	38.926		37.240	Veri Yoktur

Yukarıdaki tablolar artış oranlarını açıkça göstermektedir. VRF sistemlerinde birçok iç ünitenin tek bir dış üniteye bağlı olabilmesinden dolayı dış ünite satışları iç ünite satışlarına göre düşüktür.

Yukarıdaki veriler yerli üretim ve ithalatı beraber vermesine rağmen, çoğunluğu yerli üretim değil ithalat oluşturmaktadır. Yerli üretim toplam üretimin %10'unu geçmeyen seviyelerdedir. Aşağıda, iç ve dış ünitelerin toplam iç satışları grafiksel olarak verilmiştir:



Şekil 3-10: VRF iç ve dış ünite toplam iç pazar satışı

⁴⁷ <https://iskid.org.tr/istatistikler-ve-raporlar/>

VRF tip klimaların ana kullanım alanı oteller, ofisler, kapalı alanı 500 m² den yüksek hastaneler ve büyük konut kompleksleridir. Bugün, toplam klima satışlarının yaklaşık %20'si VRF tip ünitelerdir. Benzer şekilde, toplam otel ve ticari ofis binalarının %10 kadarı da split ünite yerine VRF kullandığı tahmin edilmektedir.

Değişken debili soğutucu akış sisteminin asıl avantajı mekân yük koşullarındaki dalgalanmalara ayrı ayrı cevap verebilmesidir. Kullanıcı her odanın ortam sıcaklığını ihtiyaca göre ayarlayabilir ve sistem otomatik olarak ihtiyaca uygun soğutucu akışını ayarlar. VRF sisteminin bu uyum özelliği çeşitli alanlarda kullanılabilmesine olanak sağlar. VRF satışları özellikle alışveriş merkezleri ve büyük ticari ofis binalarının inşaatıyla beraber tavan seviyelere ulaşmıştır. Son yıllarda pazarın büyümesi yavaşlamış olsa da VRF'lerin satış miktarları ise sürekli artış eğiliminde olup, her geçen yıl daha yüksek miktarlarda gerçekleşmektedir.

Ticari işletmelerde tercih edilen bir sistem olduğundan, satışlar, yeni ticari yapı sayıları ile doğru orantılı olarak dağılmıştır. Bina sayıları istatistiklerinden yola çıkarak, konut harici yeni binaların yaklaşık %41'i 2. İklim bölgesinde, %24'ü 3. İklim bölgesinde, %22'si 1. İklim bölgesinde ve %13'ü 4. İklim bölgesindedir. VRF satışlarının da bölgesel olarak benzer bir orana sahip olduğu varsayımı uygun olacaktır.

b) Teknolojik Gelişmeler ve Mevcut En İyi Sistem (BAT)

VRF sistemleri de split klimalar ile aynı enerji verimlilik etiketine sahiptir ve verim seviyelerine aşağıda verilen değerlere uygun olarak sınıflandırılır.

Tablo 3-15: VRF üniteleri verim sınıfları ⁴⁸

Enerji Verimlilik Sınıfı	SEER	SCOP
A+++	SEER ≥ 8,50	SCOP ≥ 5,10
A++	6,10 ≤ SEER < 8,50	4,60 ≤ SCOP < 5,10
A+	5,60 ≤ SEER < 6,10	4,00 ≤ SCOP < 4,60
A	5,10 ≤ SEER < 5,60	3,40 ≤ SCOP < 4,00
B	4,60 ≤ SEER < 5,10	3,10 ≤ SCOP < 3,40
C	4,10 ≤ SEER < 4,60	2,80 ≤ SCOP < 3,10
D	3,60 ≤ SEER < 4,10	2,50 ≤ SCOP < 2,80

Türkiye'de yine en üst verim seviyesinden, yani SCOP'u 5,1 civarı, SEER'si ise 8,5'den büyük ürün bulmak mümkündür. VRF cihazlar görece daha yeni teknolojiler olduğundan, A verim sınıfının altında verimler piyasada yer almamaktadır. Ayrıca, split klima sistemleri ile karşılaştırıldığında merkezi yönetime sahip olduğundan VRF sistemleri daha verimlidir.

⁴⁸ Klimaların Enerji Etiketlemesine Dair Tebliğ (Sgm/2013-11)

Çoğunlukla inverter teknolojisine sahip ünitelerde tüketim, ihtiyaca göre kısmi yüklerde ya kademeli olarak ya da sonsuz kademe sağlayan modülasyonlu olarak ayarlanır. İki borulu sistemlerde, VRF üniteleri talebe göre aynı anda hem ısıtma hem soğutma yapabilirler.

VRF sisteminin en büyük avantajı tek bir dış üniteye bağlı olmasına rağmen farklı bağımsız alanların bağımsız kontrole sahip olabilmesidir. Yani aynı bina içinde farklı alanlar aynı anda ihtiyaca göre ısıtma veya soğutma yapılabilir (zoning). Bu özellik sayesinde, VRF kontrolü bir otomatik kontrolcüye (otomatik oda termostatları, bina otomasyon sistemleri gibi) bağlanarak her bir bölge için farklı parametreler otomatik olarak atanabilir. Örneğin bir ofis binasında toplantı odaları kullanılmadığında otomatik olarak iklimlendirme kapatılır. Odaya bir kişi girdiğinde ise sistem bunu otomatik algılayarak içerideki hava şartlarını uygun duruma getirebilir. Ayrıca özellikle aynı anda ısıtma ve soğutma yapıldığı durumlarda, ısı geri kazanımı sistem verimini oldukça artırır.

VRF üniteleri, ortamı sadece soğutmak veya ısıtmak için değil, ayrıca ortam hava kalitesini de ayarlamak için kullanılmaktadır. Burada, teknolojik olarak gelişen sadece sistemin kendi verimi değil, ayrıca merkezi olarak kontrol edilebilirliğinin de gelişmesidir. Merkezi olarak ayarlanan ortam parametrelerine göre iklimlendirme sistemi, iç hava kalitesini ayarlayacak şekilde otomatik olarak çalışabilir. Burada, hızla gelişen sistemlerin kendisinin yanında ayrıca kontrol teknikleridir. Daha önceki nesil bina otomasyon tekniklerinde, özellikle mekanik ve elektriksel sistemlerin açık-kapalı durumları ve mevcut sistem parametreleri uzaktan izlenerek operatörün yine uzaktan sistem parametrelerine müdahale etmesine olanak sağlarken; en yeni teknolojilerde artık kontrol sistemi, dış hava şartları, kullanıcı sayısı, iç hava parametrelerindeki değişimler gibi senaryolara bağlı olarak sistem parametrelerini uzaktan izlemenin yanı sıra, artık bir operatöre ihtiyaç duymadan bunları kontrol eder. Örneğin şu senaryo günümüz teknolojisinde oldukça ulaşılabilir seviyededir:

- Bina otomasyon sistemi dış havanın yeteri kadar soğuk/sıcak olduğu zamanlarda herhangi bir aktif soğutma/ısıtma yapmaz, "free-cooling" ile dış hava sıcaklığından yararlanır.
- Herhangi bir giriş kartı ile kullanıcı binaya giriş yaptığında ilgili ofisin iklimlendirmesi otomatik olarak açılır. Hareket sensörleri, ilgili ofiste herhangi bir hareket algılamaz ise iklimlendirme ve aydınlatma minimum seviyeye çekilir.
- Bir mahalde CO₂ seviyesi belirlenen seviyenin üstüne çıkarsa, iklimlendirme sistemi otomatik devreye girer. Soğutma gerekiyor ise öncelikle mevcut farklı mahallerdeki soğuk hava ısı geri kazanımı kullanılarak ilgili mahaldeki hava soğutulur.
- Mesai saatleri sonunda, sadece giriş kartlarını okutmamış olanların bölümlerinde iklimlendirme sistemi çalışmaya devam eder, diğer bölümler kapatılır.

Böylece, tüm bina için, tam istenen miktarda iklimlendirme en optimum şekilde sağlanır.

c) Sektörün SWOT Analizi

Sektörün güçlü, zayıf yanları ile sektördeki fırsatların ve tehditlerin incelendiği SWOT analizi aşağıdaki gibidir:



Şekil 3-11: VRF Sektörü - Sektörün SWOT analizi

Sektörün SWOT analizi için split ünitelerin SWOT analizinde verilenlere benzer şeyler söylenebilir. VRF ünitelerinde, split ünitelerinden de daha fazla bir dışa bağımlılık mevcuttur. Tüm tasarım ve ara mamullerin çoğu ithaldir. Dolayısı ile kur ataklarından etkilenmekte, fiyatlar hızla yükselmektedir. Zaten görece yüksek yatırım maliyetleri nedeniyle dezavantaja sahip VRF üniteleri, artan fiyatları dolayısı ile pazarda tercih edilmeleri riske girmektedir.

Bunun yanında sistemlerin yüksek verimi ve esnekliği teknolojinin en önemli avantajıdır. Her kapasitede uygulanabilir, ayrıca yeni modeller artık düşük sıcaklıklarda bile çalışmasını sürdürebilmektedir. Dolayısı ile her iklim bölgesinde, her türlü uygulamada kullanılabilirler.

Zaten bu sayede, diğer birçok pazarın daralmasına rağmen VRF pazarı, küçük de olsa büyümesini sürdürmüştür.

d) Gelecek Beklentileri ve Öneriler

Daha önce belirtildiği gibi, VRF sistemleri oldukça esnek ve verimli yapısı sayesinde neredeyse her tür ticari binalar için uygun durumdadır. Ancak borulama ihtiyaçları nedeniyle, mevcut binalar için yenileme yapmak çok mümkün değildir veya masraflıdır. Dolayısı ile inşaat aşamasında kurulumunun yapılması daha uygundur. Bu yüzden inşaat sektörüne bağımlıdır. Pazar; yeni ofis, hastane, AVM, kamu binası veya otel gibi ticari binaların yapım sayısına bağlı olarak gelişecektir.

3.3.3.3.Klima Santrali

a) Pazar Büyüklüğü ve Yönelimleri

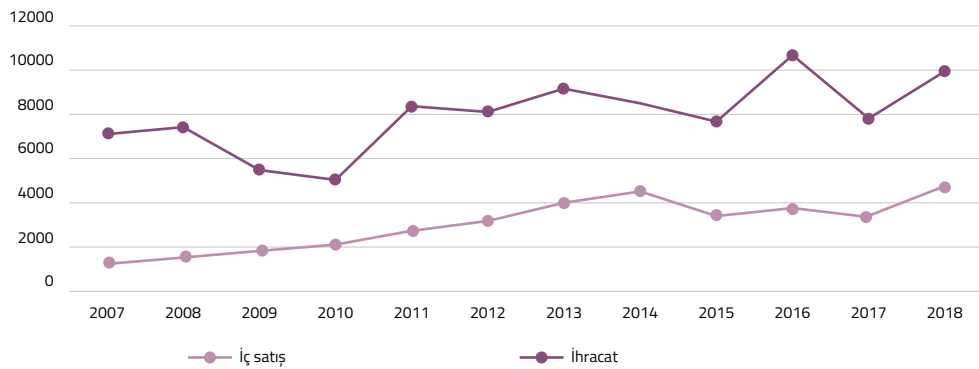
Temelde ortam iç hava kalitesini sağlamak için gerekli temiz hava çevrimini sağlayan klima santralleri, iklimlendirme sistemleri ile birlikte çalışarak ortamın gerekli hava kalitesi ile ısıtılmasını veya soğutulmasını sağlarlar. Yerel üretim, iç pazarın yaklaşık %85'ini sağlayabilir. Aşağıda, klima santralleri üretim, iç pazar talebi ve ithalat değerleri görülebilir.

Tablo 3-16: Klima Santralleri, üretim, iç talep ve ihracat rakamları ⁴⁹

YILLAR	GİRİŞ		ÇIKIŞ		YILLAR	İÇ SATIŞ		YILLIK DEĞİŞİM	
	İMALAT	İTHALAT	İÇ SATIŞ	İHRACAT		MİKTARI	İNDEKS	FARK	ORAN
2007	7.209	1.250	7.135	1.329	2007	7.135	100		
2008	8.416	660	7.403	1.683	2008	7.403	104	268	3.8%
2009	7.129	141	5.429	1.832	2009	5.429	76	-1.974	-26.7%
2010	7.198	62	5.261	1.939	2010	5.261	74	-168	-3.1%
2011	10.550	169	8.210	2.510	2011	8.210	115	2.949	56.1%
2012	10.956	144	8.132	2.965	2012	8.132	114	-78	-1.0%
2013	12.467	252	8.889	3.832	2013	8.889	125	757	9.3%
2014	12.492	205	8.428	4.273	2014	8.428	118	-461	-5,2
2015	10.520	578	7.739	3.351	2015	7.739	108	-689	-8.2%
2016	13.766	545	10.659	3.703	2016	10.659	149	2.920	37.7%
2017	10.519	579	7.738	3.420	2017	7.738	108	-2.921	-27.4%
2018	14.187	368	9.829	4.731	2018	9.829	138	2.091	27.0%

Klima santrallerinin 2007 ve 2008 yıllarındaki yaklaşık 7.000 adet üzerindeki yurt içi satış miktarları sonrasındaki 2009 yılında %27'lik azalış göstererek 5.500 adet altına inmesinden sonra 2010 yılında da bu düzeyde kalmasına karşın, 2011 yılında %56'lık artış ile 8.210 adetlik satışa ulaşılmıştır. Sonraki beş yıl bu düzeylerde süren satış miktarları 2016 yılında %38'lik büyük bir sıçrama yaparak 10.659 adet ile zirve gerçekleştirmiştir.

Ancak 2017 yılında 2009 yılında olduğu gibi %27'lik önemli bir oranda azalış ile yurt içi satış yeniden 8.000 adet değerinin altına düşerek 7.738 adet satış olmuşsa da 2018 yılında %27'lik artış ile bir yıl önceki değere yaklaşmıştır. Aşağıda bu değişimin grafiği verilmiştir:



Şekil 3-12: Klima santrali iç satış ve ihracat rakamları

⁴⁹ <https://iskid.org.tr/istatistikler-ve-raporlar/>

Pazarın ana müşterileri hastaneler, alışveriş merkezleri ve büyük ofis binalarıdır. Yaklaşık olarak tüm hastaneler ve kapalı alanı 10.000 m² den daha fazla olan alışveriş merkezleri klima santrali kullanmaktadır. Dolayısı ile iç talebin bölgesel dağılımı da bu tip projelerin olduğu büyük şehirlerde yoğunlaşmaktadır. Ayrıca, özellikle şehir hastanesi yatırımları da kamu tarafında önemli bir iç pazar yaratmıştır.

Eurovent verim sınıfları aşağıda verilmiştir.

Tablo 3-17: Eurovent klima santralleri verim sınıfları

Sınıf	Hız V _{class} [m/s]	Isı Geri Kazanım Verimi		Fan Verimi NG _{ref-class} [-]
		η _{class} [%]	Δp _{class} [Pa]	
A+	1.4	83	250	64
A	1.6	78	230	62
B	1.8	73	210	60
C	2.0	68	190	57
D	2.2	63	170	52
E	Hesaplama gerekli değil			Gerekli değil

2016'da yenilenen yukarıdaki verim sınıflamasına göre, piyasada yer alan ürünlerin:

- %1'i A+ sınıfında
- %5'i A sınıfında
- %15'i B sınıfında yer almaktadır⁵⁰.

Türkiye'de Eurovent sertifikasyonuna sahip ürünler üreten firma sayısı Mart 2020 itibari ile 20'dir⁵¹. Eurovent sertifikasına sahip olan firmaların sayıca az olmasına rağmen, en önde gelen üreticiler olduğu düşünüldüğünde bu bu firmaların, toplam pazarın %50'den fazlasına sahip olduğu düşünülmektedir.

Bu varsayım ile Eurovent internet sitesinde yer alan verime göre ürün dağılımının da yaklaşık olarak Türkiye için uygun olduğu sonucuna varılabilir.

b) Teknolojik Gelişmeler ve Mevcut En İyi Sistem (BAT)

Yukarıda verildiği üzere, en iyi verim seviyesine sahip klima santralleri A+ sınıfındadır. Bu tip santraller yüksek verimli ısı geri kazanım sistemleri ve frekans kontrollü yüksek verimli elektrik motoru içeren fanlar kullanır. Bunun dışında genel olarak herhangi bir iklimlendirme sisteminin verimini en çok etkileyen parametrelerden biri de uygun boyutun veya kapasitenin seçilmesidir. Gereğinden büyük seçilen sistemler, gerekenden yüksek enerji harcamakta veya düşük verimde düşük yük faktöründe çalışmaktadır.

⁵⁰ https://www.eurovent-certification.com/sites/default/files/201811/1455873924_New_ECP_Energy_Efficiency_Label_for_Air_Handling_Units.pdf

⁵¹ <https://www.eurovent-certification.com/en/search-engine#/?program=5217235>

Klima santrallerinde, sistemin kendisinin teknolojik olarak gelişmesinden çok, sistemin bina otomasyon sistemi ile ne kadar entegre çalışabildiği konusu daha hızlı gelişme göstermektedir.

Klima santrali imalatında pazar eğilimi cihazların özel kontrol cihazları ile donatmak yönünde ilerlemektedir. Günümüzde pek çok üretici ürünlerini dijital kontrol sistemleri, vana damper motorları ve sensörler ile donatmaktadır. Yeni nesil cihazlar, tüm bu otomatik kontrol sistemlerini içermesinin yanı sıra, aynı zamanda haberleşebilir ve uzaktan kontrol edilebilir özelliklere sahiptir. Bu da bina otomasyon sistemlerine en yüksek düzeyde entegrasyonu sağlayarak, sistemlerin devamlı optimum çalışma parametrelerinde çalıştırılması sağlar. Ayrıca, sistem ile ilgili tüm performans izlenmesi ve uzaktan servis ve bakım hizmetlerinin verilmesi bulut tabanlı çevrimiçi sistemler ile yapılabilir.

c) Sektörün SWOT Analizi

Sektörün güçlü, zayıf yanları ile sektördeki fırsatların ve tehditlerin incelendiği SWOT analizi aşağıdaki gibidir:



Şekil 3-13: Klima Santrali - Sektörün SWOT analizi

Klima santrali sektöründeki en güçlü yan, yerli üretimin iç talebe cevap verebiliyor oluşudur. Pazarın genelde yabancı sermayeli firmaların elinde olsa da, yurt içinde üretilen ürünler, her türlü ihtiyacı karşılayacak yöndedir.

Bunun yanında, her geçen gün artmasına rağmen hala uluslararası sertifikasyona sahip firma sayısı halen düşüktür. Bunun sonucu olarak ihracat rakamları, yüksek potansiyelin altında kalmaktadır. Ayrıca, klima santrali, diğer bireysel iklimlendirme sistemlerinin aksine sistem dizaynı sırasında önemli mühendislik hesapları içerir. Bu noktada özellikle yetişmiş ara elemanın azlığı, sektör tarafından sıkça dile getirilen bir dezavantajdır.

d) Gelecek Beklentileri ve Öneriler

Klima santrali pazarı, diğer iklimlendirme sistemleri gibi inşaat sektörüne bağlıdır. Sektörün tam kapasitede üretime tekrar başlayabilmesi için inşaat sektörünün büyümeye geçmesi gerekir. Dolayısı ile bir süre daha sektörün düşük büyüme göstereceği beklenmektedir.

Bunun yanında, özellikle yeni binalarda her geçen gün daha verimli ürünler talep edilmektedir. Bu yönden, daha düşük verimli ürünler üreten, belli sertifikalara sahip olmayan daha küçük firmalar yerine, en üst düzey ürünler üreten firmaların pazar hakimiyetinin daha da belirgin olması beklenmektedir.

3.3.3.4. Soğutma Grupları

a) Pazar Büyüklüğü ve Yönelimleri

Soğutma gruplarının 2007 ve 2008 yıllarındaki yaklaşık 2.200 adet üzerindeki yurtiçi satış miktarları sonraki yıllarda 2011 yılına kadar azalış göstermiş ve 2011 yılında neredeyse iki katı kadar artış yaşanarak 3.153 adete sonra da 2012 yılında 3.775 adete ulaşarak zirve yapmıştır.

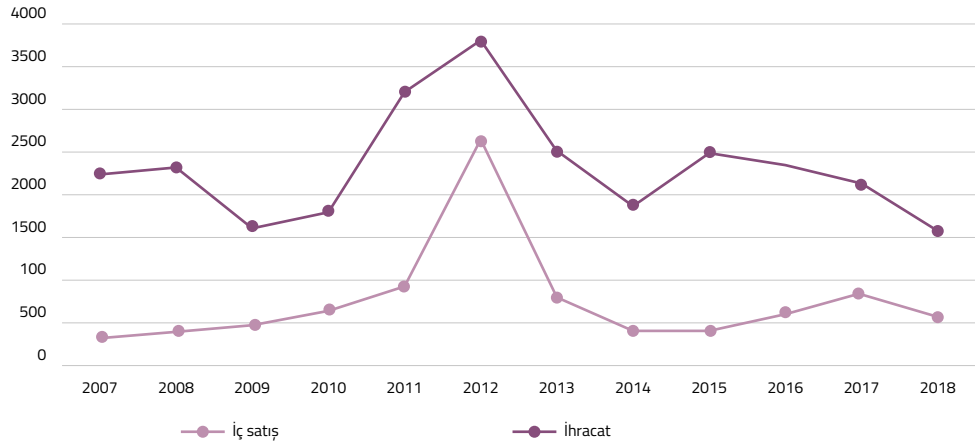
Sonraki 2 yıl boyunca %35, sonra da %24'lük azalmalarla yeniden 2010 yılı değerlerine yaklaşmış fakat 2011 yılında yaşanan %31'lik artış ile 2.434 adetlik satış değeri yakalanmıştır. Ancak 2016 ve 2017 yıllarında küçük oranlardaki azalmalarla 2.111 adete düşerek 2007 yılı değerlerine geri dönmüştür. 2018 yılında ise 1.534 adet ile 2009 yılındaki en düşük miktar olan 1.580 adetlik satış miktarına geri dönmüş olduğu dikkat çekmektedir.

Tablo 3-18: Soğutma grupları, imalat, ithalat ve iç pazar talep rakamları ⁵²

YILLAR	GİRİŞ		ÇIKIŞ		YILLAR	İÇ SATIŞ		YILLIK DEĞİŞİM	
	İMALAT	İTHALAT	İÇ SATIŞ	İHRACAT		MİKTARI	İNDEKS	FARK	ORAN
2007	688	1.835	2.202	310	2007	2.202	100		
2008	547	2.173	2.302	412	2008	2.302	105	100	4.5%
2009	499	1.651	1.580	568	2009	1.580	72	-722	-31.4%
2010	1.020	1.393	1.738	675	2010	1.738	79	158	10.0%
2011	2.477	1.741	3.153	903	2011	3.153	143	1.415	81.4%
2012	2.218	4.565	3.775	2.621	2012	3.775	171	622	19.7%
2013	1.159	2.074	2.443	749	2013	2.443	111	-1.332	-35.3%
2014	673	1.579	1.863	401	2014	1.863	85	-580	-23.7%
2015	1.530	1.385	2.434	410	2015	2.434	111	571	30.6%
2016	1.543	1.424	2.337	623	2016	2.337	106	-98	-4.0%
2017	1.707	1.197	2.111	795	2017	2.111	96	-226	-9.7%
2018	945	1.091	1.534	502	2018	1.534	70	-577	-27.3%

⁵² <https://iskid.org.tr/istatistikler-ve-raporlar/>

Aşağıda bu değerlerin grafik üzerinde gösterimi verilmiştir:



Şekil 3-14: Soğutma grupları iç satış ve ihracat rakamları

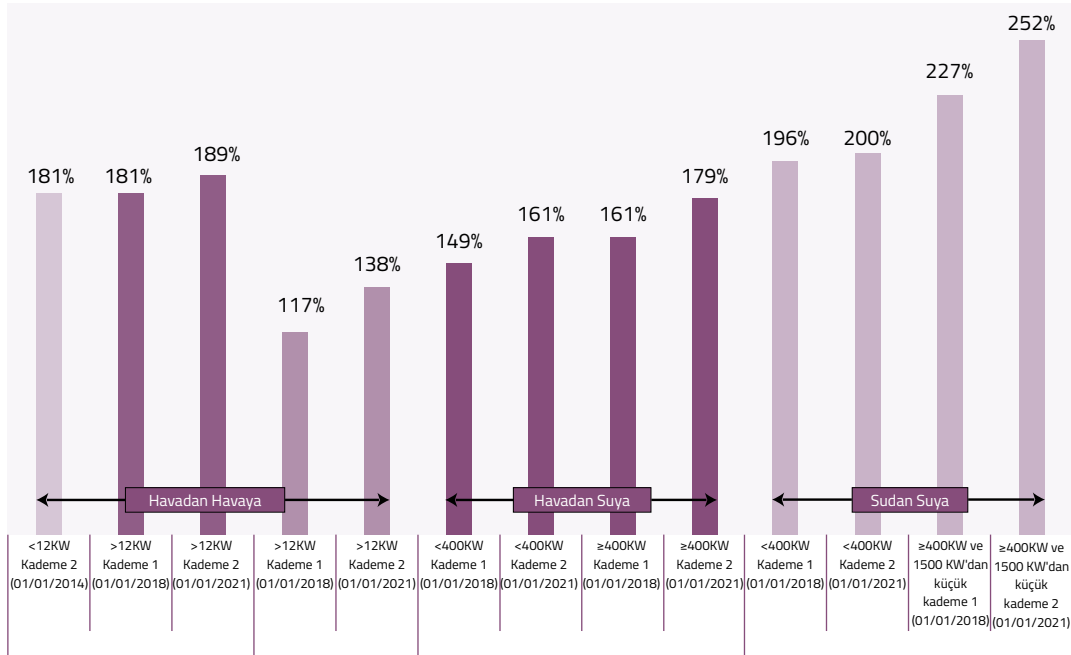
Endüstriyel ve proses soğutma sistemleri bir kenara bırakıldığında, ortam soğutma gruplarının ana hedef sektörü büyük ortak alana sahip hizmet binaları olduğu gözükmektedir. Özellikle yeni yapılan hastane, büyük ölçekli kamu binaları (adliye salonları gibi) ve AVM'ler, soğutma gruplarının ana hedef sektörleridir. Toplam alanı büyük olmasına rağmen, bağımsız farklı bölümleri olan ofis ve otel binalarında VRF üniteleri gitgide daha çok tercih edilmektedir.

Su ve hava soğutmalı olarak ikiye ayrılan soğutma grupları tiplerinden, su soğutmalı olanlar daha yüksek verim seviyesine ulaşabilirler ve daha sessiz çalışırlar. Ayrıca verimleri, ortam sıcaklığı ve yükseklik gibi koşullardan minimal etkilenir. Ancak önemli miktarda bakım gerektirirler. Su eksilmesi, antifiriz eklenmesi, sudaki kireç nedeniyle sistem parçalarının etkilenmesi, kule ve fanlar için gereken ekstra bakımı ve binalar için daha önemlisi durgun suda oluşabilecek bakteriler nedeniyle, su soğutmalı sistemlerin binalarda kullanımı hava soğutmalı sistemlere göre daha azdır. Tüm bu bakım yükü nedeniyle su soğutmalı sistemler sanayide ve proseslerde daha çok tercih edilir hale gelmiştir.

Soğutma gruplarında, kondenser gibi ara elemanların üretimi Türkiye'de yeterince olmasına rağmen, özellikle AB kriterlerini sağlayan konfor soğutma gruplarında iç talep halen ithalata bağlıdır.

b) Teknolojik Gelişmeler ve Mevcut En İyi Sistem (BAT)

2018 yılında güncellenen AB Eko Tasarım Direktifleri gereğince, iklimlendirme sistemleri için minimum gereklilikleri sürekli arttırmaktadır. Aşağıda, ilgili direktifler uyarınca, farklı iklimlendirme sistemlerinde istenen minimum verimin nasıl değiştiği gösterilmektedir.



Şekil 3-15: AB Eko Tasarım Direktiflerine göre minimum verim seviyelerinin değişimi⁵³

Bu minimum standartları dışında, Eurovent ayrıca, aşağıda detayları verilen verimlilik sınıflandırma kategorilerini açıklamıştır. Ancak bu kategoriler resmi değil, gönüllü firmaların katıldığı verimlilik kategorisi ve etiketlemesidir.

Tablo 3-19: Euro-Vent Soğutma grubu enerji sınıflaması⁵⁴

EER Sınıfı	Soğutma Modu					
	Hava Soğutmalı	Hava Soğutmalı (kanallı)	Hava Soğutmalı (Döşeme)	Su Soğutmalı	Su Soğutmalı (Döşeme)	Ayrık Kondenserli
A	≥ 3,1	≥ 2,7	≥ 3,8	≥ 5,05	≥ 5,1	≥ 3,55
B	2,9 - 3,1	2,5 - 2,7	3,65 - 3,8	4,65 - 5,05	4,9 - 5,1	3,4 - 3,55
C	2,7 - 2,9	2,3 - 2,5	3,5 - 3,65	4,25 - 4,65	4,7 - 4,9	3,25 - 3,4
D	2,5 - 2,7	2,1 - 2,3	3,35 - 3,5	3,85 - 4,25	4,5 - 4,7	3,1 - 3,25
E	2,3 - 2,5	1,9 - 2,1	3,2 - 3,35	3,45 - 3,85	4,3 - 4,5	2,95 - 3,1
F	2,1 - 2,3	1,7 - 1,9	3,05 - 3,2	3,05 - 3,45	4,1 - 4,3	2,8 - 2,95
G	< 2,1	< 1,7	< 3,05	< 3,05	< 4,1	< 2,8

⁵³ <https://www.enerjivetesinat.com/tesisat/hvac/6498-daikin-12-kw-buyuk-cihazlar-eko-tasarim-yo-netmelig-i-teknik-makale>

⁵⁴ <http://mmoteskon.org/wp-content/uploads/2014/09/2013-51.pdf>

Eurovent sitesinde sertifikalandırılmış ürünlere bakıldığında, Mart 2020 itibari ile sadece iki adet soğutma grubu üreticisinin listede olduğu görülmüştür. Bunun yanında, Türkiye’de de üretimi bulunan ya da Türkiye satış ofisleri bulunan çok uluslu bazı şirketlerin farklı ülkelerdeki oluşumları üzerinden bu sertifikaya sahip olduğu görülmüştür⁵⁵.

Yine Eurovent’e göre, A seviyesine sahip olan sertifikalandırılmış ürünler toplam sayı içinde %5’ten az, B sınıfı %15’ten az, C sınıfı %30’dan az ve D ve E sınıfı geri kalan %50 civarındadır⁵⁶.

Bir soğutma grubunun verimini etkileyen en önemli birim kompresördür. Son yıllarda üretici firmalar, yenilikçi çözümleri ile kompresörlerin hem enerji tüketimlerini hem de bakım ihtiyaçlarını oldukça düşürmüşlerdir. Bu çözümlerden ilki verimli elektrik motoru kullanmaktır. Sıklıkla kullanılan asenkron motorlar için verim sınıfları IE1 (standart verim) ile IE4 (Premium verim) arasında değişmektedir. Son yıllarda IE4 sınıfı asenkron motor kullanan kompresörler piyasaya sürülmüş olsa da kompresör sistemleri olarak bakıldığında bunlar çok yaygın değildir. Bunu yerine yine oldukça verimli olan IE3 sınıfı motor kullanan kompresör sistemleri daha yaygındır.

Bunların dışında yine elektrik motoru olarak kalıcı mıknatıslı senkron motorların (direct drive permanent magnet) da kullanımı oldukça yaygınlaşmaktadır. Bu tip motorlar kayıplarının daha az olması dışında, farklı bir hareketi aktarmak için farklı bir dişli sistemine ihtiyaç duymazlar, hareket eden daha az parça olduğu için verim artar ve bakım gereksinimi azalır. Ayrıca bu motorların en önemli özelliği hız kontrolünün oldukça basitçe yapılabilmesidir. Motorlar, her hızda çalıştırılabilir ve bina otomasyon sistemlerine oldukça kolay entegre edilebilir. Bu tip motorlar kademeli olarak (yani %20’lik aralıklarla vs.) değil teorik olarak sonsuz kademeli olarak hız ve güç ayarı kontrolüne olanak sağlarlar. Böylece sistemler, tam olarak ihtiyaç kadar soğuk su hazırlar ve enerji tüketimi optimize edilir.

Bunun yanında yine kompresörün sıkıştırma aksamı üzerinde de farklı teknikler ile yüksek verimlere ulaşabilmektedir. Bu tür yüksek verimli kompresörler, yıllar geçtikçe verim düşümüne neden olan soğutucu yağ içermezler (oil-free compressors).

Ayrıca, yine farklı üreticilerin kullandığı kademeli tek vidalı kompresörler, çift kademeli aksenal kompresörler ve bunların daha da gelişmiş versiyonu olan dönen rotorlu “Swing” tipi kompresörler, daha düşük enerji tüketerek daha yüksek sıkıştırma sağlamaktadır.

Ayrıca, kompresörler yüksek sıcaklık üreten birimler olduğu için, yine üretici firmalar, soğutma grubu sistemlerine entegre ısı geri kazanımı birimleri de sağlayarak, kompresörde üretilen yüksek ısının geri kazanılması ile sistem veriminin daha da yükseltilmesi hedeflenir.

Yine en önemli gelişmeler, bina otomasyon sistemleri sayesinde gerçekleşmektedir. Daha önceki otomasyon sistemlerinde iklimlendirme sistemlerin tüketimleri, çalışma parametreleri

⁵⁵ https://www.eurovent-certification.com/en/search-engine#/?product_type=48612

⁵⁶ <https://www.eurovent-certification.com/sites/default/files/2020-02/2020-02%20Certification%20Manual%20Ed16.pdf>

uzaktan görülebilir ve kontrol edilebilir iken, en yeni nesil otomasyon sistemleri artık nesnelerin interneti (IoT) prensibi ile sistem kontrolcüsü, yapay zeka sayesinde optimum çalışma şartlarını kendisi anlık olarak ayarlayabilmektedir. Ayrıca bu sistemler bulut tabanlı bağlantıları sayesinde devamlı olarak öğrenebilmektedir ve bu sayede daha hassas optimizasyon yeteneğine sahip olurlar. Çalışma parametreleri anlık olarak kontrol edilir ve önleyici bakım ile herhangi bir arıza oluşmadan sistem bakıma alınabilir.

c) Sektörün SWOT Analizi

Sektörün güçlü, zayıf yanları ile sektördeki fırsatların ve tehditlerin incelendiği SWOT analizi aşağıdaki gibidir:



Şekil 3-16: Soğutma Grupları - Sektörün SWOT analizi

Türkiye'nin iklimlendirme sistemleri açısından merkez ülke olarak kabul edilmesi dolayısı ile en önemli üreticiler ya üretimlerini ülkemize kaydırmıştır ya da ülkemizi çevre bölgeleri kontrol eden bir merkez haline getirmişlerdir. Bu yüzden, sektör birçok firma ile güçlü bir şekilde desteklenmektedir. Buna rağmen, özellikle konfor soğutma gruplarında ithalata bağımlılık yüksektir. AB direktifleri gereğince minimum verim seviyeleri arttırılan yüksek verimli soğutma grupları, çok yüksek oranda ithal edilmektedir. Dolayısı ile fiyatlarda da kur etkisi dolayısı ile hızlı bir yükseliş söz konusudur. Türkiye'deki üretim daha çok endüstriyel soğutma grupları tarafında yoğunlaşmıştır.

Planlanan büyük ölçekli kamu ve özel sektör yatırımları, sektör için yeni fırsatlar yaratmaktadır. Ancak mevcut ekonomik zorluklar bu yatırımların hayata geçmesini ertelemektedir. Aynı zamanda, özellikle çoklu bağımsız alana sahip ofisler ve oteller, genelde VRF ünitelerini kullanmaya başlamışlardır. Bu da soğutma gruplarının binalar özelinde pazarını daraltmaktadır.

d) Gelecek Beklentileri ve Öneriler

Her ne kadar, şu ana kadar büyümesini neredeyse sabit bir şekilde devam ettirebilmiş olsa da kurlara endeksli olarak özellikle AB minimum performans kriterlerini sağlayan yüksek verimli ürünlerini fiyatlarındaki hızlı artış dolayısı ile yeni nesil cihazların piyasaya arzının artış hızı oldukça yavaştır. Aynı zamanda farklı çözümler de soğutma gruplarının kullanım alanlarının daha da azalmasına neden olmuştur. Bu çözümlerin arasından, daha önce bahsedildiği gibi esnekliği ve yüksek verimi sayesinde VRF üniteleri, özellikle orta büyüklükteki binalarda daha çok tercih edilmeye başlanmıştır.

Teknolojik anlamda ise, diğer tüm iklimlendirme elemanlarına benzer şekilde daha çok kontrol edilebilen, hatta yapay zeka ile optimum çalışma noktalarını kendisi belirleyebilen sistemlerin piyasada kullanımları artacaktır. Burada tabii ki sistemlerin özellikle elektronik altyapısının gelişmesi ile birlikte bina otomasyon sistemlerine entegrasyonu da hızlanacaktır.

3.3.3.5. Kombi ve Sıcak Su Kazanları

a) Pazar Büyüklüğü ve Yönelimleri

İnşaat sektöründeki küçülmeden dolayı kombi ve kazan sektörü de diğer iklimlendirme sistemleri gibi 2018 ve 2019 yıllarında çift haneli olarak küçülmüştür. Ancak ondan öncesinde, 2018 yılına kadar hızlı bir büyüme içinde bulunmuştur. Aşağıda, yıllara göre kombi ve kazan üretimleri ile aynı sektördeki diğer üretim miktarları görülebilir:

Tablo 3-20: Isıtma Sistemleri yıllık üretim miktarları (adet) ⁵⁷

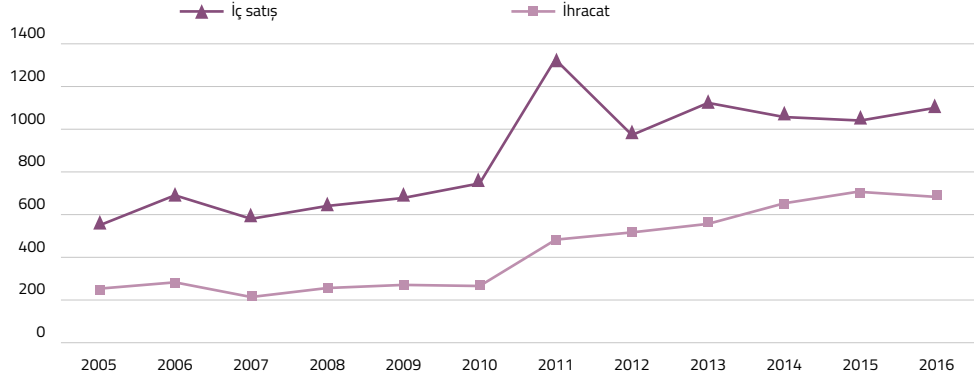
Yıllar	2014	2015	2016	2017
Merkezi ısıtma ve soğutma cihazları	41.368	46.889	47.321	89.826
Kazanlar için yardımcı üniteler	2.156.458	7.727.496	5.799.161	3.401.140
Merkezi ısıtma kazanları (elektrikli, kombi vb. sistemler)	1.757.575	1.702.768	1.747.102	2.165.950
Elektrikli su ısıtıcıları	2.305.547	2.859.205	4.319.005	4.168.836
Ocak brülörleri	16.064	33.611	41.460	44.240

Adet olarak bakıldığında, doğaldır ki toplam pazarın %95'inde fazlası kombi, yaklaşık %5'i kazan satışlarıdır. Toplam pazar büyüklüğüne bakıldığında ise yine toplam pazar büyüklüğünün %90'nını kombi pazarı oluşturmaktadır. Doğalgaz kullanımının tüm ülkede yaygınlaşmasından sonra katı/sıvı yakıtlı ısıtma sistemleri kullanımı oldukça azalmış ve toplam ısıtma sistemi pazarında binalar özelinde oldukça az bir paya sahiptir. Ayrıca Kat Mülkiyeti Kanunu 42. Maddesi ile birlikte merkezi ısıtma sisteminden bireysel(kombi) kullanımına geçiş sayısında

⁵⁷ İMSAD 2018 Yapı Sektörü Raporu - https://www.imsad.org/Uploads/Files/Turkiye_IMSAD%20_Yapi_Sektoru_Raporu_2018_web.pdf

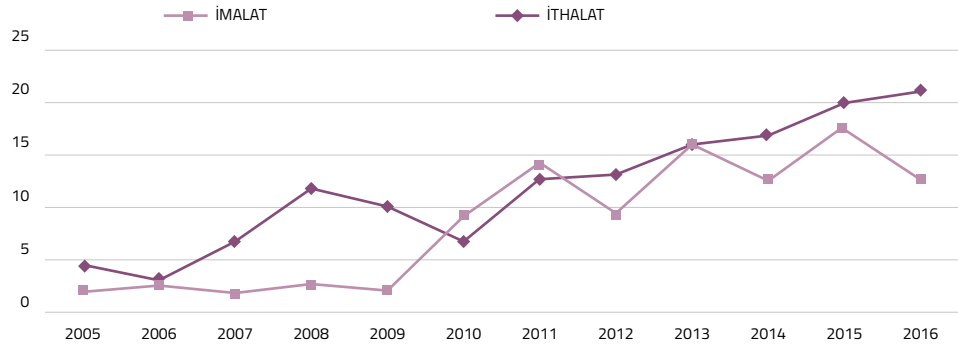
epeyce fazladır. Aşağıda adet olarak kombi ve kazan üretimlerinin ve ihracatlarının değerleri gözükmemektedir:

Kombi İç Satış-Ihracat Miktarları (Adet) Bin



Şekil 3-17: Kombi iç satış ve ihracat miktarları ⁵⁸

Kazan İmalat-İthalat Miktarları (Adet) Bin



Şekil 3-18: Kazan iç satış ve ihracat miktarları

Dünyada satılan kombi adetlerine göre Türkiye; Çin, Güney Kore ve İngiltere'den sonra dördüncü sırada yer almaktadır. Avrupa'da ise İngiltere, Almanya ve İtalya'dan sonra Türkiye üretimde de ilk dört ülke arasındadır. Dünyanın önemli markaları ısıtma ve kombi pazarında Türkiye'yi "üretim üssü" olarak konumlandırmış durumdadır. Kombi pazarının aktörleri, ihracatta da önemli başarılarla imza atarken, başta Avrupa Birliği ülkeleri, Çin, Rusya, Türki Cumhuriyetler olmak üzere dünyanın birçok ülkesine kombi, panel radyatör, şofben gibi yüksek katma değerli ürünlerini ihraç etmektedir ⁵⁹.

⁵⁸ TOBB – İklimlendirme Meclis Raporu - https://www.tobb.org.tr/Documents/yayinlar/2018/Tobb_iklimlendirme%20çalışmaları_baskı.pdf

⁵⁹ <http://www.dunyainsaat.com.tr/haber/turkiye-hvac-sektoru-kuresel-liderlige-oyunyor/29709>

Avrupa'da Kasım 2009 tarihinde Ekodizayn-EuP Direktifi, yerini ErP Direktifine (2009/125/EC) bırakmıştır. Eski direktif sadece enerji kullanan ürünleri kapsarken (çamaşır makinaları, bilgisayarlar gibi), yeni direktif eski direktifin kapsadığı ürün gruplarına ilave olarak dolaylı yoldan enerji tüketimine etkisi olan ürün gruplarını da çatısı altına almış ve "Enerji Kullanan Ürünler" kapsamından "Enerji İlişkili Ürünler" kapsamına genişlemiştir. Böylece CE işareti ürün güvenliğinin yanında enerji verimliliği gerekliliklerini güvence altına almakta ve karşılamaktadır.

ErP Direktifinin HVAC sektörü ile ilgili çeşitli ürün kategorileri (çeşitli LOT'lar) mevcuttur. LOT1: Mahal Isıtma cihazları/kombine cihazlar, LOT2: Su ısıtıcıları ve boylarlar, LOT11: bağımsız ve ürünlere entegre salmastrasız devridaim pompaları, tanımlanmış ürün gruplarından bazılarıdır. Isıtma sektörünü direkt olarak etkileyen ErP LOT1 ve LOT2'nin, LOT11 ile beraber Türkiye'de Nisan 2018'den itibaren yürürlüğe girmiştir.

LOT 1'in Avrupa'daki en büyük etkisi, Eylül 2015 itibarıyla gaz yakan fanlı konvansiyonel (klasik) tipte cihazların pazara sunulmasının durdurulması olmuştur. Türkiye'de de benzer şekilde kombi pazarında 2018 yılı itibarı ile sadece yoğunmalı kombilerin üretimine izin verilmiştir. 2018 yılından önce üretilmiş ürünlerin ise piyasaya arzında bir engel yoktur^{60 61}. Dolayısı ile kombi pazarına, 2019 yılı itibarı ile önde gelen üreticilerin yıl sonu değerlendirme raporlarına göre, yoğunmalı kombi satışları, 2018 yılına göre yaklaşık %35 büyümüş ve toplam satışlar içinde resmi olmayan rakamlara göre toplam satışların %30'unu geçmiştir. Konveksiyonel ürün stoklarının eritilmesi ile birlikte, 2019 ve 2020 yılında bu oranın çok daha hızlı yükselmesi beklenmektedir⁶².

Yine aynı üreticilerin yıl sonu raporlarına göre 2019 yılında gerçekleşen ürün satışlarının yaklaşık %35-40'ı yenileme pazarında gerçekleşirken %60-65'i ise inşaat sektöründeki ilk alımlardan meydana gelmiştir⁶³.

b) Teknolojik Gelişmeler ve Mevcut En İyi Sistem (BAT)

Türkiye'de 2018 yılında yürürlüğe giren Mahal Isıtıcıları ve Kombine Isıtıcılar İle İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklilerine Dair Tebliğ'ine (SGM:2018/3) göre, ısıtma sistemleri A+++ ile G kademeleri arasında verimlerine göre kategorize edilmiştir. Bu tebliğ emisyon ve verim kriterleri dolayısı ile 2018 yılı itibarı ile artık yarı yoğunmalı veya konveksiyonel kombi ve kazanların da üretilmesini yasaklamıştır.

⁶⁰ http://www.dogalgaz.com.tr/yayin/794/erp-direktifi-lot-1-ve-lot-2-hakkinda-genel-bilgilendirme_23620.html#.XndB2C2B3Uo

⁶¹ BEP Yönetmeliği 13. Madde dördüncü fıkrası: "Kullanım alanı 250 m² ve üstünde olan bireysel ısıtma sistemine sahip gaz yakıt kullanılan binalarda bağımsız bölümlerde veya müstakil binalarda; yoğunmalı tip ısıtıcı cihazlar veya entegre ekonomizerli cihazlar kullanılır."

⁶² Baymak, Demirdöküm ve Vaillant yıl sonu raporları – ortalama değerler alınmıştır.

⁶³ Baymak ve Vaillant dergi röportajları - <https://www.fortuneturkey.com/vaillant-2019-finansal-sonuclarini-acikladi>

Aşağıda kombi ve kazanların mevsimsel verimlerine göre enerji sınıfları verilmiştir:

Tablo 3-21: Kombi ve kazan için enerji verim sınıfları ⁶⁴

Sezonsal Isıtma Verimlilik Sınıfları	Sezonsal Isıtma Verimliliği %'sel Olarak (η_s)
A+++	$\eta_s \geq 150$
A++	$125 \leq \eta_s < 150$
A+	$98 \leq \eta_s < 125$
A	$86 \leq \eta_s < 98$
B	$82 \leq \eta_s < 86$
C	$75 \leq \eta_s < 82$
D	$36 \leq \eta_s < 75$
E	$34 \leq \eta_s < 36$
F	$30 \leq \eta_s < 34$
G	$\eta_s < 30$

Mevcut yağışmalı kombiler genellikle A veya B seviyesindedir. Daha yüksek verim sınıflarına ulaşmak sadece sisteme bütüncül yaklaşarak toplam sistemini artırıcı yönde yeni ekipmanlar eklemek ile başarılabilir. Bu önlemlerden en önemlisi olan kontrol sistemleri yine aynı direktife göre şu şekilde sıralanmaktadır ve aşağıdaki ek puanları getirmektedir:

Tablo 3-22: Isıtma sisteminin verimini etkileyen kontrolcüler ⁶⁵

Sınıf	Sıcaklık kontrol cihaz sınıflarının tanımları	Bonus
I	On/Off oda termostadı	1
II	Modulasyonlu cihazlar için dış hava duyarlı kontrol cihazı	2
III	On/Off Kontaktlı ısıtma cihazları için dış hava duyarlı kontrol cihazı	1.5
IV	On/Off Kontaktlı ısıtma cihazları için TPI Oda termostadı	2
V	Modulasyonlu ısıtma cihazları için modulasyonlu oda termostadı	3
VI	Modulasyonlu cihazlar için oda termostadı dış hava duyarlı kontrol cihazı	4
VII	On/Off Kontaktlı ısıtma cihazları için cihazlar için oda termostatlı dış hava duyarlı kontrol cihazı	3.5
VIII	Modulasyonlu ısıtma cihazları için Multi-Sensor lü oda sıcaklık kontrol cihazı	5

⁶⁴ http://www.dosider.org/dosya/belgeler/2015calistay_mustafa_gungor_sunum.pdf

⁶⁵ http://www.dosider.org/dosya/belgeler/2015calistay_mustafa_gungor_sunum.pdf

Bunların dışında A+++ sınıfına ulaşmak için yüksek verimli boyler kullanımı ve ısı pompası veya güneş enerjisi gibi yenilenebilir teknolojiler ile entegrasyon neredeyse zorunludur.

AB'de ErP direktifleri 3 kademeli olarak yürürlüğe girmiştir. Türkiye'de ise AB ile aynı noktaya gelebilmek için 2018 yılında tek kademeli bir kriter konulmuştur ve minimum performans kriterleri hızlı bir şekilde arttırılmıştır. Bu duruma her ne kadar sektörün önde gelen üreticileri kendilerini hazırlamış olsalar da, yerelde üretim yapan firmalar için ciddi bir pazar kısıtlaması getirmiştir⁶⁶.

Önde gelen kombi üreticilerin ürün portföylerine bakıldığında, yüksek verimli tam yoğunmalı kazanlar ile modülasyonlu ısıtma sistemi kontrol sistemlerinin piyasaya arz edilebildiği görülmüştür.

Genel olarak iklimlendirme sistemleri için en yüksek verimi sağlamanın yolu, anlık olarak talebe göre enerji tüketimini ayarlayan sistemlerin kullanılmasıdır. Bu doğrultuda fosil yakıt kullanan ısıtma sistemleri arasında şu anda en yüksek verim, dış hava sıcaklığına göre otomatik modülasyonlu yoğunmalı kazan ve kombiler ile sağlanabilmektedir. Bu tip sistemler, dış hava kompanzasyonu ve oda sıcaklığını aynı algoritma ile işleyerek optimum yakıt miktarını ayarlayabilmektedirler. Büyük kapasiteler için tek bir büyük kazan yerine duvar tipi kaskad sistemler verimi oldukça arttırmaktadır.

Daha yüksek verimlere ulaşmak için ise ısı pompası, hatta güneş enerjisi destekli ısı pompaları kullanılması gerekmektedir. Isı pompaları temelde elektrik enerjisini kullanarak çevresel termal enerjiyi faydalı enerji olarak kullanabilen sistemlerdir. Ülkemizde henüz ısı pompaları pazarı yeteri kadar büyüyememiş olsa da özellikle AB'de gidişat ısı pompalarının daha yaygın olarak kullanılması yönündedir. Şu anda geçiş dönemi olarak ısı pompasının ve gaz yakıtlı kombilerin birlikte kullanıldığı hibrit sistemler gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu sistemlerde bir kontrolcü yardımı ile dış hava şartlarına göre en ucuz ve verimli sistem otomatik olarak seçilerek devreye alınmaktadır. Sonrasında hedeflenen solar termal veya solar PV destekli ısı pompası kullanımı ile sıfır emisyonlu ısıtma sistemlerine ulaşılmasıdır. Bu sistemler hali hazırda mevcut olmasına rağmen yüksek fiyatları dolayısı ile son kullanıcılar tarafından yaygın olarak tercih edilmemektedir.

Bunun dışında, yine gelecekte doğalgaz yerine hidrojenin yakıt olarak kullanılması oldukça tartışılan bir durumdur. Sıfır emisyonlu olarak kabul edilen hidrojenli kazanların doğalgaz kazanlarının yerine geçmesi ile emisyonun azaltılması olasıdır. Ancak hidrojenin üretilme zorluğu, yüksek yanıcı özellikleri ve iletilebilmesi için doğalgaz iletim hatlarının tam uygun olmaması gibi nedenler ile gelecek için yenilenebilir destekli ısı pompaları daha gerçekçi bir hedef olarak görülmektedir.

⁶⁶ http://www.dosider.org/dosya/belgeler/2015calistay_mustafa_gungor_sunum.pdf

c) Sektörün SWOT Analizi

Sektörün güçlü, zayıf yanları ile sektördeki fırsatların ve tehditlerin incelendiği SWOT analizi aşağıdaki gibidir:



Şekil 3-19: Kazan Sistemleri - Sektörün SWOT analizi

Şüphesiz ki Türkiye’de Dünya’ca bilinen kombi ve kazan üreticileri mevcuttur. Bu şirketlerin birçoğu, son yıllardaki iç pazardaki daralmaya karşın hızlı bir şekilde ihracatlarını arttırmış ve büyümeyi başarabilmiştir. Halen AB pazarı dahil, gelişmiş ülkelere, katma değeri yüksek, yeni teknoloji kombi ve kazan ihracatı artmaktadır. Dolayısı ile ülkedeki ısıtma sektörü, gerekli bilgi ve tecrübeye sahip güçlü bir sektördür. Buna rağmen özellikle ihracata yönelik uluslararası pazarlamaya daha çok önem verilmesi, sektörün daralan iç pazar şartlarına daha hızlı uyum sağlamasına yardımcı olur. Ayrıca, sektör, ErP direktiflerinden sonra oldukça önemli hale gelen kontrol sistemleri konusunda dışa bağımlı durumdadır ve genellikle yurtdışı kaynaklı patentler kullanılmaktadır.

Özellikle kurların etkisi dolayısı ile yerli üretimde üretim maliyetlerinin düşmesi ile Türk ürünlerinin rekabet kabiliyeti artış ve ihracat için yeni fırsatlar doğmuştur.

Bunun yanında, özellikle gelişmiş ülkelerde, elektrik temelli ısıtma sistemlerine yönelim sektörün gelişimini gelecekte için tehdit etmektedir.

d) Gelecek Beklentileri ve Öneriler

Önceki bölümlerde belirtildiği üzere, ısıtma sistemlerinin geleceği yenilenebilir destekli ısı pompalarıdır. Bu sistemlere entegre olacak gelişmiş kontrol sistemleri ile en yüksek verim elde edilebilir.

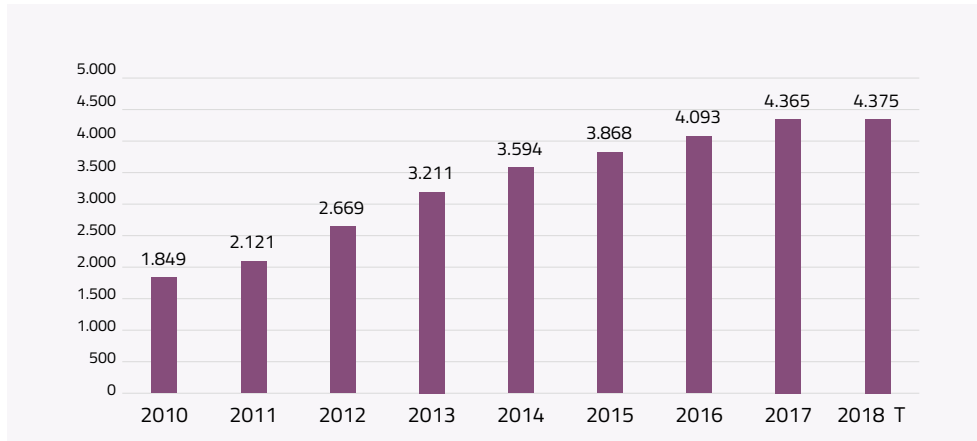
Özellikle doğalgazlı sistemler için ise, zaten hali hazırda yoğunlaşmalı sistem üretimi zorunlu

hale gelmiştir. Bunun yanında, özellikle modülasyonlu kontrol sistemlerinin kullanılmasının teşvik edilmesi ve hatta zorunlu tutulması, hem ülkede üreticiler için daha yüksek katma değerli kontrol sistemlerinin üretilmesi için gerekli desteği sağlayacak hem de bir fosil yakıtlı ısıtma sistemi ile sağlanacak en yüksek verimlere ulaşılabilecektir.

3.3.4. Aydınlatma Sistemleri

a) Pazar Büyüklüğü ve Yönelimleri

2010 yılı itibari ile sektörün yüksek karlılığı dolayısı ile elektrikli aydınlatma ekipmanları imalat sanayinde girişim sayısında hızlı bir artış yaşanmıştır. 2010 yılında 1.849 olan girişim sayısı 2016 yılında 4.093'e ulaşarak 2 kattan fazla artmıştır. 2017 yılında 4.356 adete yükselen girişim sayısı ise 2018 yılından itibaren başlayan ekonomik zorluklar nedeniyle artış hızını bir miktar kaybetmiştir. Girişim sayısındaki bu hızlı artış aynı zamanda sektördeki hızlı gelişmeyi de yansıtmaktadır.



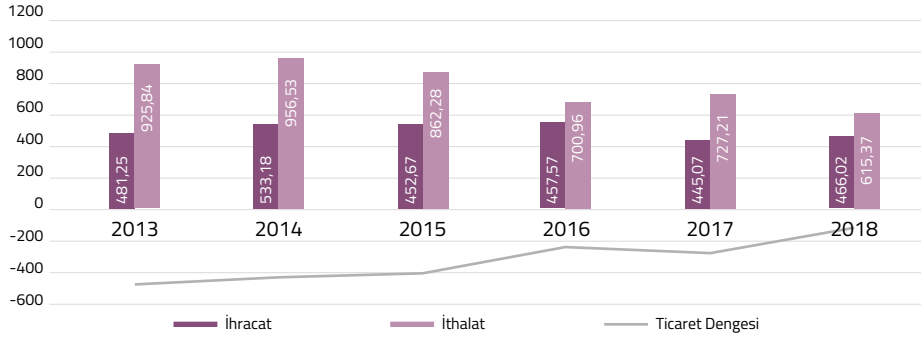
Şekil 3-20: Sektördeki girişim sayısı⁶⁷

Elektrikli aydınlatma ekipmanları dış ticaretinde ihracat, ithalat ve dış ticaret dengesindeki değişimler 2013-2018 dönemi için aşağıda verilmiştir. Buna göre yıllar itibariyle ihracat dalgalı bir seyir izlerken ithalatın sürekli bir azalma içinde olduğu görülmektedir. Her ne kadar, ithalat miktarı ihracatın üzerinde olsa da, bu fark gitgide kapanmaktadır.

Elektrikli aydınlatma ekipmanları ihracatı 2013 yılında 481,25 milyon dolar iken, 2014 yılında 533,18 milyon dolara yükselmiş ve yıllık en yüksek ihracat gerçekleşmiştir. 2015 yılında ihracat 452,67 milyon dolara inmiş 2016 ve 2017 yıllarında da benzer ihracatlar yapılmıştır. 2018 yılında ise ihracat yüzde 4,7 artış göstermiş ve 466,02 milyon dolara yükselmiştir.

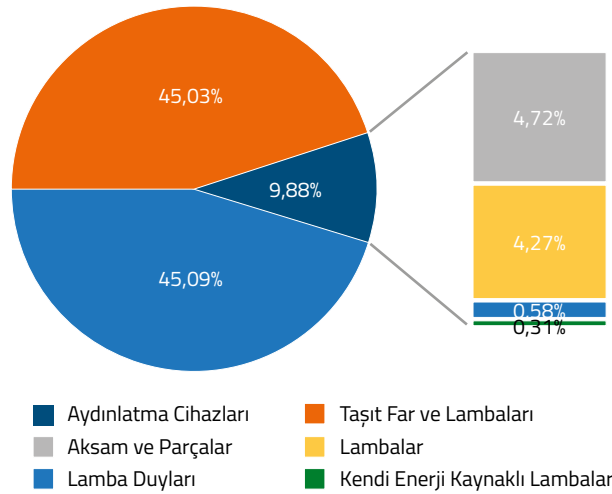
⁶⁷ Elektrikli Aydınlatma Ekipmanları İmalat Sanayi, ISO, 2019, <https://www.aydinlatma.org/wp-content/uploads/2019/03/Elektrikli-Aydinlatma-Ekipmanlari-Imalat-Sanayi-Sektor-Raporu.pdf>

Elektrikli aydınlatma ekipmanları ithalatı ise 2013 yılında 925,84 milyon dolar iken 2014 yılında 959,53 milyon dolar ile en yüksek yıllık seviyesine ulaşmıştır. 2015 yılında 862,28 milyon dolara gerileyen ithalat sonraki yıllarda da düşerek 2018 yılında 615,37 milyon dolara kadar gerilemiştir.



Şekil 3-21: Aydınlatma sektörü İthalat ihracat verileri⁶⁸

İhracat ürün kırılımı incelendiğinde ise sektördeki en yüksek üretimin ve dolayısı ile en yüksek ihracatın taşıt far ve lambaları ile aydınlatma cihazları olduğu görülmektedir. Aşağıdaki grafik, ihracat değerlerinin aydınlatma ürünleri cinsinden kırılımını göstermektedir.



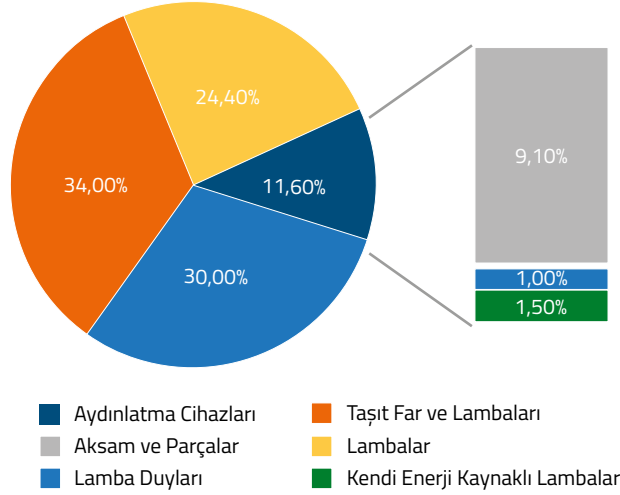
Şekil 3-22: Aydınlatma sektörü ihracat ürün kırılımı⁶⁹

Türkiye’de aydınlatma ekipmanları sanayi 2000’li yıllarda ilgili yasal altyapı nedeniyle şeffaf ampul imalatını bırakmak zorunda kalmış ve sonrasında sanayide elektronik uygulamaları esas alan armatür üretimi ağırlıklı bir yapıya geçmiştir. Ayrıca otomotiv sektörü için üretilen aydınlatma ekipmanları alanında hızla büyüme kaydedilirken, yüksek katma değerli işlevsel ve dekoratif aydınlatma gereçleri üretimine de ağırlık verilmiştir.

⁶⁸ Elektrikli Aydınlatma Ekipmanları İmalat Sanayi, ISO, 2019, <https://www.aydinlatma.org/wp-content/uploads/2019/03/Elektrikli-Aydinlatma-Ekipmanlari-Imalat-Sanayi-Sektor-Raporu.pdf>

⁶⁹ Elektrikli Aydınlatma Ekipmanları İmalat Sanayi, ISO, 2019, <https://www.aydinlatma.org/wp-content/uploads/2019/03/Elektrikli-Aydinlatma-Ekipmanlari-Imalat-Sanayi-Sektor-Raporu.pdf>

İthalat kırılımı incelendiğinde ise yine otomotiv sektörü için far imalatı en büyük kalemdir. Arkasından aydınlatma cihazları ve lambalar gelmektedir. Bir diğer deyişle, sektör, şu anda lamba ithal edip dekoratif armatür şeklinde iç piyasaya ve ihracata sunmaktadır. Aşağıdaki grafik bu kırılımı vermektedir:



Şekil 3-23: Aydınlatma sektörü ithalat ürün kırılımı ⁷⁰

İthalat için adetsel olarak veriler de mevcuttur. Buna göre, aşağıdaki tabloda, lamba tiplerine göre adetsel olarak lamba ithalatı görülmektedir. Buna göre, en yüksek ithalat miktarı adetsel bazda sıcak katotlu floresan lambalardadır.

Tablo 3-23: Lamba tipine göre ithalat adetleri ⁷¹

HS6	HS6 Adı	2013	2014	2015	2016	2017	2018
853910	Monoblok far üniteleri	1.194.078	89.535	79.850	117.161	105.298	76.830
853921	Tungsten flamanlı halojenli ampuller	61.505.490	55.074.017	68.231.503	71.857.801	68.418.239	48.427.672
853922	Flamanlı ampuller (güç<200w,gerilimi>100v)	32.839.994	23.022.772	19.944.353	17.239.972	18.078.292	12.002.826
853929	Flamanlı diğer ampuller	92.531.647	109.334.343	101.949.754	106.251.944	101.617.909	90.649.604
853931	Sıcak katotlu flüoresanlar	148.802.820	120.494.323	103.608.758	96.178.927	68.605.001	50.570.969
853932	Cıva ve sodyum buharlı ampuller	4.909.621	6.103.578	3.642.421	2.689.681	3.799.637	3.159.492
853939	Diğer deşarj ampulleri (mor ötesi ışınli ampuller hariç)	19.486.064	16.431.116	21.994.569	23.871.505	23.600.246	22.319.304
853941	Ark lambaları	30.486	40.548	44.875	129.423	82.165	63.468
853949	Mor ve kızıl ötesi ışınli lambalar	388.630	286.046	294.616	507.765	2.819.923	2.673.862
853950	LED lambalar					52.778.464	64.712.957
	Lamba Toplamı	362.408.830	330.876.278	319.790.699	318.844.179	339.905.174	294.836.984

⁷⁰ Elektrikli Aydınlatma Ekipmanları İmalat Sanayi, ISO, 2019, <https://www.aydinlatma.org/wp-content/uploads/2019/03/Elektrikli-Aydinlatma-Ekipmanlari-Imalat-Sanayi-Sektor-Raporu.pdf>

⁷¹ Elektrikli Aydınlatma Ekipmanları İmalat Sanayi, ISO, 2019, <https://www.aydinlatma.org/wp-content/uploads/2019/03/Elektrikli-Aydinlatma-Ekipmanlari-Imalat-Sanayi-Sektor-Raporu.pdf>

Türkiye tüm lamba ihtiyacını ithalat ile karşılamaktadır. İlgili yasal altyapı sayesinde özellikle haksız rekabete yol açabilecek düşük fiyatlı veya düşük kaliteli ürünlerin ithalatı azaltılmıştır. Ancak halen lamba konusunda dışa bağımlılık sürmektedir. Yukarıdaki tablodan görüleceği üzere adetsel olarak en büyük ithalat LED ve floresan ampullerde meydana gelmiştir. Değer olarak ise LED tipi lamba ithalatı 2017 yılı itibari ile en büyük kalem haline gelmiştir.

Türkiye’de aydınlatma ekipmanları imalat sanayi üretimde oldukça tecrübelidir ve aynı zamanda yüksek katma değerli üretimde rekabetçidir.

Sektör üretimde teknolojik gelişmeler ışığında mekanik ve elektrik altyapısını, elektronik altyapı ile değiştirmekte ve daha yüksek katma değerli ürünler ortaya çıkarabilmektedir. Sektörün tüm paydaşlarında bu geçiş yaşanmaktadır.

Yine İSO’nun hazırladığı Aydınlatma sektör raporuna göre aydınlatma ekipmanları iç pazarı 2013-2018 yılları arası göz önüne alındığında, 2016 ve 2018 yıllarında reel olarak küçülmüş diğer yıllarda ise reel olarak büyüme göstermiştir. 2014 ve 2017 yıllarında reel olarak büyüme oldukça yüksek gerçekleşmiştir.

İç pazarın dalgalı olmasının en büyük nedeni ise, pazar büyüklüğünü dolar cinsinden hesaplarken, TL’nin ilgili yıllardaki yüksek değer kaybının toplam büyüklüğü negatif olarak etkilemesidir. Bu eğer TL cinsinden hesaplandığında ise sürekli bir büyüme söz konusudur.

Yine aynı rapora göre 2013 yılında aydınlatma ekipmanları iç pazar büyüklüğü 2,45 milyar dolara 2014 yılında ise 2,59 milyar dolara ulaşmıştır. İç pazar büyüklüğü 2015 ve 2016 yıllarında reel olarak büyümüş olmakla birlikte dolar cinsinden küçülmüş ve 2016 yılında 2,19 milyar dolar olarak ölçülmüştür. 2017 yılında iç pazar hem reel olarak hızlı büyümüş hem de Türk Lirasının değer kaybına rağmen dolar cinsinden 2,31 milyar dolara yükselmiştir.

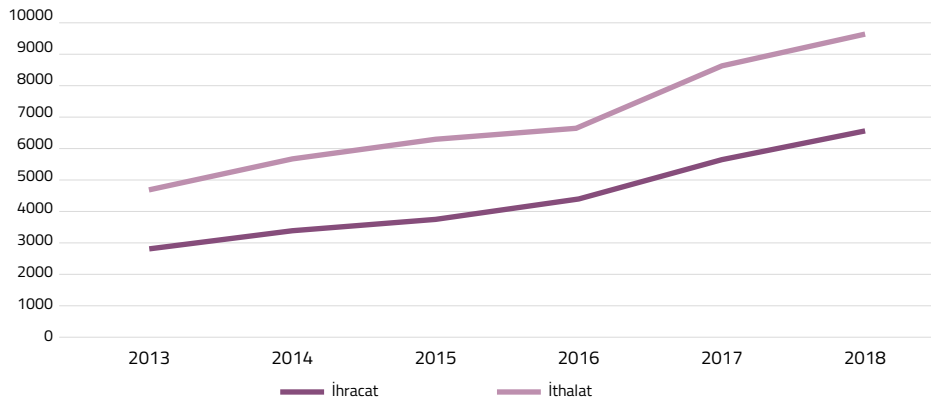
2018 yılında ise iç pazar reel olarak da küçülmüş ve dolar cinsinden 1,94 milyar dolara gerilemiştir.

Tablo 3-24: Aydınlatma sektörü üretim, ithalat ve iç pazar büyüklükleri⁷²

		2013	2014	2015	2016	2017	2018
I	Üretim Değeri Milyon TL	2.803	3.417	3.805	4.396	5.515	6.453
II	İhracat Milyon Dolar Milyon TL	481 919	533 1.118	453 1.232	458 1.383	445 1.624	466 2.313
III	İhracatın Üretim Değeri Milyon TL	835	1.016	1.120	1.257	1.476	2.100
(I-III)	İç Piyasa İçin Üretim Milyon TL	1.968	2.401	2.685	3.139	4.039	4.353
IV	İç Piyasa İçin Üretim Pazar (Satış) Değeri Milyon TL	2.558	3.120	3.490	4.080	5.250	5.660
V	İthalat Milyon Dolar Milyon TL	926 1.770	960 2.093	862 2.345	701 2.117	727 2.655	615 3.185
VI	İthalatın Pazar Değeri Milyon TL	2.124	2.510	2.814	2.540	3.186	3.822
(IV+VI)	Toplam İç Pazar Milyon TL Milyon Dolar	4.682 2.451	5.630 2.585	6.304 2.320	6.620 2.190	8.436 2.310	9.482 1.935
	Ortalama Dolar Kuru Türk Lirası	1,91	2,18	2,72	3,02	3,65	4,90

Aşağıdaki grafikte ise, toplam üretim ve iç pazar değerleri değişimi verilmiştir. Kur etkisi ve TL değer kaybı etkisi göz önünde bulundurulmaz ise, TL cinsinden iç pazarın 2018 yılına kadar düzenli bir büyüme gösterdiği görülmektedir. 2019 rakamları ise henüz yayınlanmamış olmasına rağmen, pazarın diğer tüm sektörler gibi daraldığı kesindir.

Aydınlatma Sektörü Üretim ve İç Pazar Değerleri

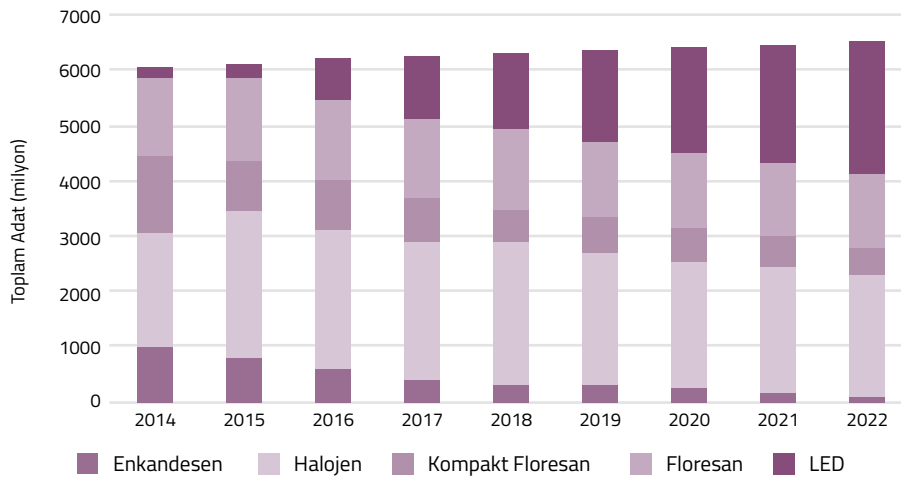


Şekil 3-24: Aydınlatma sektörü iç pazar ve üretim değeri

⁷² Elektrikli Aydınlatma Ekipmanları İmalat Sanayi, ISO, 2019, <https://www.aydinlatma.org/wp-content/uploads/2019/03/Elektrikli-Aydinlatma-Ekipmanlari-Imalat-Sanayi-Sektor-Raporu.pdf>

Küresel ölçekte aydınlatma sektörünün geleceği LED teknolojileri üzerine şekillenmektedir. Bu konuda Türkiye, aslında Dünya'nın geri kalanının da olduğu gibi Uzak Doğu ithalatına bağımlıdır. 2018 yılında, LED lamba ithalatı tüm lamba ithalat değerinin yaklaşık altı da birini oluştururken, lamba cinsinden LED'ler tüm ithalatın %10'u, LED'li armatürler de eklendiğinde tüm aydınlatma sektörü ithalatının yaklaşık %25'inden fazlasını oluşturmaktadır⁷³. 2018 yılı için bu yaklaşık 200 milyon dolar değerindeki LED'li armatür ve lamba ithalatını, yine 2018 yılındaki 1,9 milyar dolarlık toplam iç pazar büyüklüğü ile karşılaştırdığımızda otomotiv sektörü dahil toplam iç aydınlatma pazarının %10'u, otomotiv sektörü hariç toplam pazarın yaklaşık %15'ini LED bazlı sistemler oluşturmaktadır.

Lamba tipi cinsinde iç pazar kullanım miktarları ile ilgili olarak, Türkiye özelinde bir istatistik mevcut olmamasına rağmen, AB istatistikleri incelendiğinde, 2018 yılında halojen lambaların halen en yüksek paya sahip olduğu görülmektedir. Buna rağmen LED lambaların hızla payını yükselttiği ve 2022 yılı itibari ile en yüksek paya sahip olacağı tahmin edilmektedir. Aşağıda verilen kırılım grafiğinin yaklaşık olarak Türkiye için de doğru olduğu kabulü yapılabilir.



Şekil 3-25: AB iç satış lamba tipine göre kırılım ⁷⁴

Genel aydınlatma sektörü için son kullanıcı açısından bir kırılım verisi mevcut değildir. Ancak yine AB ve diğer bölgeler için yapılan çalışmalar incelendiğinde, toplam pazar büyüklüğünün yaklaşık %30'unu konut sektörünün, yine yaklaşık %35'ini ticari binalar için olduğu tahmin edilmektedir.

b) Teknolojik Gelişmeler ve Mevcut En İyi Sistem (BAT)

Elektrikli aydınlatma ekipmanları sanayinde yaşanan gelişmeleri ve eğilimleri büyük ölçüde teknolojiye gerçekleştirilen ilerlemeler belirlemektedir. Teknolojik olarak üç alanda büyük gelişme yaşanmaktadır. Bunlardan ilki lamba teknolojisidir. İkincisi genel aydınlatma teknolojisinde mekanik sistemlerden elektronik sistemlere geçiştir. Üçüncüsü ise dijitalleşme

73 AGİT sektör değerlendirme raporları

74 https://e3p.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/publications/jrc113302_status_of_led_lighting_world_market_in_2017_bertoldi_v3_no_identifiers-1.pdf

ile birlikte gelişen akıllı aydınlatma teknolojileridir. Sürdürülebilirlik yaklaşımı nedeniyle önemi artan enerji verimliliği ihtiyacı aydınlatma teknolojilerindeki gelişmelere ve buluşlara yön vermektedir.

2015 yılında yayınlanan Elektrik Lambaları Ve Aydınlatma Armatürlerinin Enerji Etiketlemesine Dair Tebliğ (SGM-2015/9) ile lambalar ve armatürler için aşağıdaki şekilde bir verimlilik sınıflaması getirilmiştir.

Tablo 3-25: Lamba ve armatürlerin enerji verim sınıfları

	Doğrusal olmayan lambalara ilişkin enerji verimlilik endeksi (EEI)	Doğrusal lambalara ilişkin enerji verimlilik endeksi (EEI)
A++ (en verimli)	$EEI \leq 0,11$	$EEI \leq 0,13$
A+	$0,11 < EEI \leq 0,17$	$0,13 < EEI \leq 0,18$
A	$0,17 < EEI \leq 0,24$	$0,18 < EEI \leq 0,40$
B	$0,24 < EEI \leq 0,60$	$0,40 < EEI \leq 0,95$
C	$0,60 < EEI \leq 0,80$	$0,95 < EEI \leq 1,20$
D	$0,80 < EEI \leq 0,95$	$1,20 < EEI \leq 1,75$
E (en az verimli)	$EEI > 0,95$	$EEI > 1,75$

2018 yılından itibaren ise AB'de D sınıfı ve altı halojen lambalar da yasaklanmıştır. Ancak perakende sektöründe sıkça kullanılan spot tipi yönlendirilmiş halojen lambalar ile masa lambası olarak kullanılan halojen lambalar kapsam dışı bırakılmıştır.

Aydınlatma sektöründe geleceğin LED teknolojileri olduğu şüphesiz bir gerçektir. LED'ler, halen bazı dezavantajlarına rağmen, diğer tüm lamba çeşitlerinin yerine geçebilecek duruma gelmeye başlamıştır. LED'lerin en önemli avantajları tabii ki verimleri (sınıflandırmada genelde A+++ ve A++) ve ömürleri olarak ortaya çıkmaktadır.

Lamba verimi ışık gücünün elektrik gücüne oranıdır (lm/W). Bu noktada, LED'ler açısından bakıldığında oldukça büyük bir skala ile karşılaşılmaktadır. Hali hazırda kullanılan LED lambalar 60 lm/W ile 180 lm/W aralığında ürünler mevcuttur. Ancak yine bu noktada LED'lerin en büyük dezavantajı olan noktasal ışık kaynağı olmalarından dolayı, aynı güçte en yüksek ışığı veren lambanın en iyisi olduğu görüşü yanlıştır. Özellikle genel aydınlatma söz konusu olduğunda, sadece ışık miktarı değil, bunun homojen bir şekilde yayılması ve kamaşmaya yol açmaması da beklenmektedir. Bu yüzden, amaç en yüksek aydınlık düzeyi sağlamak değil, doğru ve homojen aydınlatma düzeyini en düşük enerji ile sağlamaktır. Tüm bu nedenlerden ötürü, armatür verimi de hesaba katıldığında, doğru ve homojen bir ışık yayılımını yaklaşık 100 lm/W'lık bir verim ile sağlayabilmek oldukça iyi bir değerdir. LED'ler özellikle beyaz ışık için genelde daha düşük verimlere sahip olabilirler. Halojen lambalar için ise bu değer, en verimli halojenler için bile yaklaşık 40 lm/W civarındadır. Öte yandan, floresan lambalar günümüze kadar en verimli lamlalar olarak öne çıkmakta idi. Özellikle T5 tipi lineer floresan lambalar, 90 lm/W değerlerinin bile üstüne çıkabilen, doğrusal bir kaynak olduğu için homojenliğin sağlanması çok daha kolay olan ve kamaşmaya neden olmayan lamba tipleri olarak öne çıkmaktadır.

Fiyat performans olarak karşılaştırıldığında, T5 tipi lineer floresan lambalar, özellikle ofis tipi aydınlatmada halen en verimli ve en doğru aydınlatma tipidir. Kompakt floresan lambalar ise daha düşük verime sahiptir ve genelde konut sektörü için daha uygundur. Yaklaşık 50-60 lm/W verim değerleri ile LED lambaların gerisinde kalmalarına rağmen, LED lambaların konut sektörü için fiyatlarının halen yüksek olmasında dolayı sıklıkla tercih edilirler.

Bunun yanında bir aydınlatma sistemi için, ortalama faydalı ömür ve renksel geriverim de bir başka önemli parametrelerdir. LED lambalar, özellikle belirli kalite standartlarını sağlamaları koşulu ile (TS EN 12464-1, TS EN 12464-2, TS EN 15193-1, TS EN 13201-2, TS EN 12193) diğer tüm lamba çeşitlerinden (indüksiyon lambaları hariç) daha uzun ömürlüdür. Ancak yine T5 tipi floresan lambalar da 20,000 saate varan ömürleri ile özellikle ofis tipi aydınlatmada oldukça yeterlidirler. Renksel geriverim konusunda ise, LED'lerin bazı dezavantajları olmasına rağmen genel aydınlatma için %75 üstü bir renksel geriverim endeksini yakalamaları beklenir. Halojen lambaların en önemli özelliği %90 üstü renksel geriverim endeksine sahip olmalarıdır. Yine T5 lambalar ise, özel tipleri hariç, yaklaşık %80 renksel geriverim endeksini kolaylıkla yakalarlar.

LED lambaların en üstün özelliklerinden biri olan kontrol edilebilirliği sayesinde, aydınlatma kontrol sistemleri de hızlı bir gelişim göstermekte, akıllı aydınlatma sistemlerinin kullanımı hızla artmaktadır. Akıllı aydınlatma temel olarak iç mekanlarda ve ayrıca cadde, sokak ve parkları aydınlatmada kullanılan armatürlere bağlanan aydınlatma kontrol üniteleri aracılığı ile sağlanmaktadır. Aydınlatma kontrol ünitesi armatürlerin durumunu raporlamakta, belirlenen zaman veya durumlara göre açma/kapama veya kısma yapabilmekte, gelen açma kapama komutlarını uygulamakta, armatürün tükettiği enerjiyi ve kalan ömrünü tutarak veri kontrol ünitesine iletmektedir. Genelde her armatüre bir adet bağlanan aydınlatma kontrol ünitesi, veri kontrol ünitesi ile elektrik hattı üzerinden veya kablosuz teknolojiler ile haberleşebilmektedir. Floresan lambalar ise, dimleme veya otomatik kontrol için gelişmiş bir kontrolcüye ihtiyaç duyar. Ayrıca her floresan lamba buna uygun değildir. Halojen lambalar ise direk şebekeye bağlı olduklarından, herhangi bir kontrol yapabilmek için şebeke gerilimi ile halojen duyu arasına bir kontrol devresi eklemek gerekir ki bu çok kolay değildir. Başta da söylendiği gibi, LED lambaların gelecekte tüm lambalar yerine kullanılacak olmasının temel sebebi, bu lambaların her türlü kontrolünün oldukça kolay yapılabilmesidir.

Kontrol sistemlerinin gelişmesi ile birlikte artık yazılımlar da aydınlatma ekipmanları imalat sanayi için giderek vazgeçilmez bir unsur haline gelmektedir. Artık günümüzde her bir aydınlatma projesi beraberinde bir yazılım da gerektirmektedir. Yazılımlar ile projede veya üründe kullanılacak aksam ve parçaların uyumu da önemli olmaktadır. Aydınlatma sektöründe artık her armatür içine gömülü bir yazılım bulunmaya başlamıştır. Bu yazılımlar ile armatürler hem uzaktan kontrol edilebilir hale gelmekte hem de akıllı otomasyon sistemlerinin bir parçası olmaktadır.

Dolayısı ile aydınlatma sektörü, önümüzdeki yıllarda artık elektriksel değil, elektronik bir sektör haline gelecek, mekanik ve hatta şebeke gerilimine ihtiyaç duyan elemanlar yerini düşük gerilimde çalışan elektronik donanımlara ve yazılım altyapısına bırakacaktır.

Elektriksel aydınlatma sistemlerine alternatif olarak ayrıca gün ışığından yararlanılarak yapılan aydınlatmalarda da teknolojik gelişmeler yaşanmaktadır. İç mekânlar gün içerisinde ışık tüpleri ile aydınlatılabilmektedir. Örneğin fiber optik ışık tüpleri, çatıya yerleştirilmiş güneş ışınlarını toplayıcı bir çanağa bağlanarak, iç mekânlarda aydınlatma kaynaklı enerji giderlerini azaltmakta ve daha doğal bir aydınlatma yaratabilmektedirler.

Yine fiber kablolar, ışığı uzak mesafelere taşıyabildiği için sadece güneş ile değil, diğer ışık kaynaklarının ışığını taşımakta da kullanılabilir. Fiber aydınlatma ışığı, fiber kablolarla elektrik veya ısı enerjisinin olumsuz etkilerini barındırmaksızın taşıma olarak ifade edilen yeni bir aydınlatma tekniğidir. Fiber optik sistemlerde ışığın Ultraviyole(UV) ve infrared (IR) ışınları içermemesi nedeniyle değerli nesnelerin ve patlama riski yüksek yerlerin aydınlatılması için en iyi alternatiftir. Işık kaynağı ile armatürün farklı yerlerde olması, ulaşılması ve bakımı zor noktaların aydınlatılmasında kolaylık sağlar. Ayrıca efekt ve farklı modelleme seçenekleriyle tasarımda önemli bir yeri bulunmaktadır.

c) Sektörün SWOT Analizi

Sektörün güçlü, zayıf yanları ile sektördeki fırsatların ve tehditlerin incelendiği SWOT analizi aşağıdaki gibidir:



Şekil 3-26: Aydınlatma Sistemleri - Sektörün SWOT analizi

Türkiye, özellikle konveksiyonel tip aydınlatma teknolojilerinde oldukça önemli bir bölgesel üretici durumundadır. Sektör, günümüze kadar katma değeri yüksek aydınlatma elemanları üretebilmiş ve önemli miktarda ihracat yapabilir hale gelmiştir. Ancak önümüzdeki dönemde, LED bazlı, hatta "akıllı" otomasyon sistemlerinin baskın olacağı düşünüldüğünde, bu yönde Türkiye dışa neredeyse %100 bağımlı durumdadır. Bu durum, önemli bir dezavantaj yaratabilmektedir. Ürünlerin ithalatının yanı sıra, bu tip elektronik altyapıya sahip aydınlatma

sistemleri tasarımı için gerekli personel açığı da mevcuttur. LED sistemlerinin üretiminin ve yazılım altyapısının gelişmesi için doğaldır ki talebin oluşması gerekir. Bu noktada da özellikle kamu projelerinde istenen yüksek standartlar, sektöre yol göstermekte ve yönlendirmektedir.

Sektördeki en büyük tehlike ise düşük kaliteli ürünlerin ithalatı ve piyasaya arzıdır. Buna rağmen içeride haksız rekabet yaratan kayıt dışı ve kalitesiz üretim ile yine haksız rekabet yaratan kalitesiz ve fiyatı düşürülmüş ürünlerin ithalatı konularında iyileşmeler sağlanmaktadır. Bu konuda 2015 yılından itibaren başta %20 oranında anti-damping vergisi uygulaması olmak üzere piyasa denetimleri, gümrük vergileri ve ihtisas gümrükleri alanlarında ilerlemeler sağlanmıştır. Piyasada daha iyi bir ithalat ve iç pazar denetimi sağlanmaktadır. Kalitesiz nihai ürün ithalatı azalmıştır. Ayrıca Türk Standartları Enstitüsü ürün standartlarını arttırmıştır. Etkin piyasa denetimi ve gözetiminde gerekli olan ölçme, test ve kontrol altyapısında da iyileşmeler sağlanmıştır. Kamu ve aynı zamanda üniversiteler nezdindeki laboratuvar alt yapısı nitelik ve nicelik olarak gelişme göstermiştir. Birçok test uygulanabilir hale gelmiştir.

d) Gelecek Beklentileri ve Öneriler

Küresel aydınlatma sanayinde genel bir eğilim, standart armatürlerin talebinin azalması bunun yerine çok farklı ve tasarımla bütünleşmiş armatür tiplerinin talep edilmesidir. Ayrıca bu armatürlerin uzaktan kontrol edilebilmesi ve otomasyona bağlanabilmesi için tüm armatürler elektronik ve yazılım gömülü hale gelmektedir. Bu esnek talepleri şu anda karşılayan tek ışık tipi LED'lerdir. Bu nedenle LED tabanlı özel ve butik armatür üretimi öne çıkmakta olup Türkiye'de de alt sektörün bu alandaki yetkinliğini daha da artırması gerekmektedir. Örneğin İtalya'nın diğer büyük aydınlatma üreticilerine oranla oldukça düşük bir üretime sahip olmasının yanında, aydınlatma sektörü ihracatı Çin dışında neredeyse tüm diğer büyük üreticilere yakın olmasının nedeni, tasarım konusundaki yetkinlikleridir. Aydınlatma sistemleri binalar özelinde artık mimari tasarımın bir parçasıdır. Dolayısı ile mimari tasarıma hizmet eden armatür tasarımları daha çok talep ediliyor olacaktır.

Aydınlatma verimi konusunda yapılan çalışmalar, özellikle LED lambalar konusunda beyaz ışık teorik verimlerini 350 lm/W civarına taşımayı başarmıştır. Yakın gelecekte 200-220 lm/W aralında LED'ler standart haline gelecektir.

3.3.5. Bina Otomasyon Sistemleri

a) Pazar Büyüklüğü ve Yönelimleri

Tüm bina sistemleri arasında en hızlı gelişme gösteren sistemler otomasyon sistemleridir.

Bu hızlı gelişmenin altında yatan temel faktör ise yazılımsal gelişmelerdir. Özellikle "Nesnelerin interneti (IoT)" konsepti sayesinde, artık en küçük ampulden en gelişmiş iklimlendirme sistemine kadar ekipmanların her biri internete bağlanabilir hale getirilmiş, bu da bir otomatik kontrol sistemini, yalnızca hayal gücü ile sınırlı hale getirebilmiştir.

Tüm dünyada olduğu gibi gelişmiş bina kontrol ve otomasyon sistemlerinin ana hedef sektörü prestijli ticari binalar olmuştur. Bir otomasyon sistemi, paket bir ürün değil daha çok ölçüm cihazlarını, sensörleri, uzaktan haberleşme ünitelerini ve ilgili yazılımları içeren bir teknoloji bütünüdür. Aynı zamanda, otomasyon sistemleri sadece enerji sistemleri ile ilgili değil, güvenlik, yangın, CCTV ve seslendirme sistemlerini de içeren, neredeyse bir binadaki tüm sistemlere kontrol sağlayabilen sistemlerdir. Ayrıca, her otomasyon sistemi neredeyse benzersizdir ve her uygulamada farklı seviyededir. Dolayısı ile resmi rakamlar ile bir pazar payı belirtebilmek çok mümkün değildir.

Market Research Future Ekim 2018 de yayınlanan raporunda çeşitli ekonomik unsurlar göz önünde bulundurularak yapılan piyasa araştırmasına göre akıllı bina pazarının tüm dünyada 33 milyar dolarlık toplam hacme sahip olacağını öngörmüştür.

Başka bir yapılan araştırmada 2020 yılında Avrupa akıllı konut pazarının 14 milyar dolarlık bir büyüklüğe ulaşacağını ortaya koyuyor. Tüm dünyada beklenen rakam ise 51 milyar dolar olarak öngörülmektedir ⁷⁵. Global olarak tüm bina otomasyon sistemlerinin pazar büyüklüğü ise 2020 yılında 160 milyar doları aşması öngörülmektedir ⁷⁶. Otomasyon sistemleri pazarının ana hedef bölgeleri Ortadoğu ve Kuzey Amerika durumundadır. Aşağıdaki grafikte, küresel anlamda bina otomasyon sistemleri için, servis, ekipman ve yazılım kırılımında pazar büyüklükleri verilmiştir:



Şekil 3-27: Bina otomasyon sistemleri küresel pazar büyüklükleri ⁷⁷

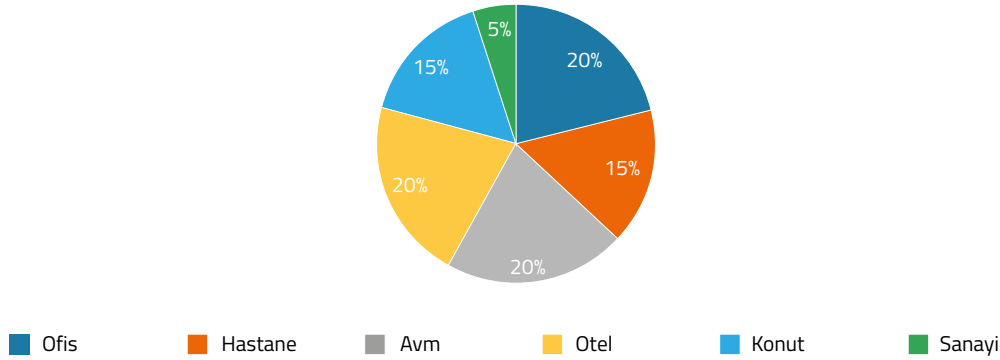
⁷⁵ <https://www.marketsandmarketsblog.com/intelligent-building-market.html>

⁷⁶ <https://www.marketwatch.com/press-release/at-121-cagr-building-automation-system-market-size-will-reach-16699-billion-usd-by-2026-2020-01-02>

⁷⁷ <https://www.marketsandmarketsblog.com/intelligent-building-market.html>

Küresel anlamda pazar incelendiğinde, bina otomasyon sistemlerinin en büyük pazarı ticari binalar olduğu görülmektedir. Buna rağmen 2020 yılı ile konut sektörünün de yaklaşık %20'lik bir pazar payına sahip olduğu tahmin edilmektedir. Aşağıda çeşitli pazar analizlerine göre bina otomasyon sistemleri pazarının sektörel dağılım tahminleri verilmiştir:

Bina otomasyon sistemleri pazar dağılımı



Şekil 3-28: Bina otomasyon sistemleri pazar dağılımı ⁷⁸

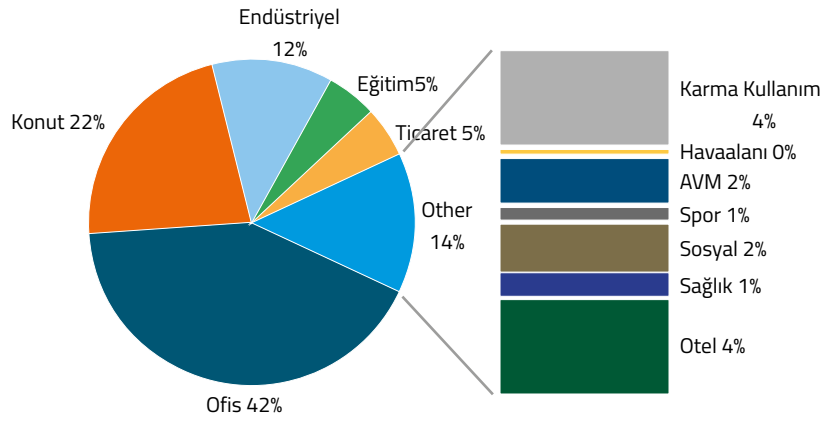
Türkiye’de ise, gelişmiş sistemler ile geç tanışmış olmasına rağmen dünya eğilimi takip edilmektedir. Toplam pazar büyüklüğü konusunda ise farklı tahminler mevcuttur. Gelişmiş bina otomasyon sistemleri için Türkiye pazarının yıllık yaklaşık 50 Milyon EUR olduğu tahmin edilmektedir ⁷⁹. Bu bina otomasyon sistemlerinin karmaşıklığının azaltılması ve artık yeni nesil birçok sistemin uzaktan kontrole uygun olması dolayısı ile konutlarda da bina otomasyon sistemlerinin yaygınlığı artmaya başlamıştır. Bu yüzden pazarın önümüzdeki yıllarda çok hızlı büyüme potansiyeli olmasına rağmen, inşaat sektöründeki dalgalanmalardan da oldukça etkileneceği aşikârdır.

Küresel pazar verileri ile paralel olarak, Türkiye’de de bina otomasyon sistemlerinin ana hedef sektörü ticari binalardır. Konut sektörü, toplam içinde henüz çok daha düşük bir paya sahiptir. Sektör lideri tedarikçilerin farklı röportajlarına göre, 2030 yılında tüm konutların yaklaşık %30’unun “akıllı” konut olacağı öngörülse de şu anda bina otomasyon sistemlerinin %90’ından fazlası Ofis, AVM ve Otel tipi binalarda kullanılmaktadır. Rakamsal olarak herhangi bir istatistik ise mevcut değildir. Buna rağmen, gelişmiş otomasyon sistemlerine sahip binaların uluslararası yeşil bina sertifikasyonlarına da dahil olduğu varsayılabilir. Bu noktada, Türkiye’de 2019 itibari ile 434 tane proje uluslararası yeşil bina sertifikasyonuna sahiptir.

⁷⁸ Marketresearchblog, marketsand markets, Statista, ve futuremarketinsights araştırmaları

⁷⁹ <http://www.dunyainsaat.com.tr/dergioku.php?haberid=1245>

Bunların en yaygın olanları LEED ve BREAM'dır. 2019 yılı itibari ile yeşil bina sertifikasyonuna sahip toplam alan 11 milyon m²'yi aşmıştır. Bina tipine göre sertifika almış yeşil binaların kırılımı aşağıdaki şekildedir:



Şekil 3-29: Türkiye'de sertifikalı yeşil bina projelerinin bina tipine göre kırılımı⁸⁰

Yukarıdaki kırılım, bina otomasyon sistemleri için de yaklaşık olarak doğru kabul edilebilir.

Ayrıca, 23.12.2017 tarih ve 30279 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Binalar İle Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Yönetmeliği kapsamında 2021 yılı içerisinde ülkemizde binalara ve yerleşmelere Yeşil Sertifika verilmesi başlanması planlanmakta olup bu yeşil sertifikaya sahip bina sayısının daha da artacağı düşünülmektedir.

b) Teknolojik Gelişmeler ve Mevcut En İyi Sistem (BAT)

Bina kontrol ve otomasyon sistemlerini 3 temel süreçte izlemek mümkündür:

- I. Geleneksel bir otomasyon sistemi özellikle binanın iklimlendirme sistemi üzerine yoğunlaşan ve bunların, sistemin belli noktalarına konulan sensör ve ölçüm cihazları ile çalışma parametrelerini denetleyip bir merkezi sistemi üzerinden yine insan ile kontrol edebilen sistemlerdi. Bir diğer deyişle, bu sistemlerde bir operatör, merkezi bir bilgisayar karşısında, anlık olarak sistem çalışma parametrelerini görebilmekte ve bunları uzaktan kontrol edebilmekteydi.
- II. Sonrasında bu geleneksel sistemler yazılım destekleri ile belli senaryolara karşı otomatik olarak sistem parametrelerini ayarlayabilir hale geldi. Örneğin, bir alanda CO₂ miktarı belirlenen değerin üzerine çıktığında taze hava alımı, bir operatöre gerek kalmadan otomatik olarak arttırılabiliyordu.

⁸⁰ ÇEDBİK

- III. En yeni nesil kontrol sistemleri ise artık işin içine “nesnelerin interneti kavramı” ve yapay zekâyı ekleyerek, makinelerin kullanıcı davranışlarını ve alışkanlıklarını öğrenerek en uygun çalışma noktalarını kendi belirleyen sistemler haline gelmişlerdir. Bu noktada, teknolojik gelişmeler sayesinde, neredeyse kullandığımız her cihaz çevrimiçi ağa bağlı duruma gelmiştir. Akıllı saatlerden başlayan ve akıllı şehirlere kadar uzanan bir çeşitlilikte, artık her cihaz birbiri ile haberleşebilir noktadadır. Bu sayede, kontrol ve otomasyon sistemlerinin tek sınırı hayal gücüdür. Dolayısı ile bir bina içindeki tüm sistemler de kullanıcılar ile yakinen ilişkidir, kullanıcıların davranışlarını ve alışkanlıklarını biliyor veya öğrenebiliyor durumundadır.

Mevcut durumda örneğin bir otomasyon sisteminde iklimlendirme kontrollerinin ve belirli senaryolara göre sistemlerin işletme noktalarının ayarlanmasından çok öte bir durum mümkündür. Örneğin bu iklimlendirme sistemleri bir AVM örneğinde kapılar ile iletişim halindedir ve içeride anlık olarak kaç kişi olduğunu ve mevcut sayıya göre iklimlendirme ihtiyacının en optimum ne olduğunu anlık olarak hesaplayarak sistem parametrelerini otomatik olarak ayarlama yeteneğine sahiptir. Dahası, bu sistemler dış etkenleri de hesaplar içine katabilirler. Örneğin dış hava sıcaklığına göre ne zaman “doğal soğutma” yapacağı anlık olarak sistemler tarafından karar verilebilir veya gün ışığına göre aydınlatma sistemlerini her bölgede ayrı ayrı kontrol edebilir. Ayrıca sistemlerin bakım zamanlarını yine sistem çalışma şartlarına göre otomatik olarak planlayabilirler ve tüm bunlar için herhangi bir operatöre ihtiyaç yoktur.

Bina otomasyon sistemlerindeki en büyük gelişme aslında bu bina sistemlerinin değil, neredeyse hayatımızdaki her cihazın birbiriyle iletişim halinde olabiliyor olmasıdır. Dolayısı ile akıllı saat veya akıllı telefonlar yoluyla öğrenilen kullanıcı alışkanlıkları otomatik olarak bina sistemlerinin de çalışma parametrelerine aktırılıp, örneğin bir ofis ortamında, her bir bağımsız bölümün kullanıcı davranışına göre iklimlendirilmesi, aydınlatılması veya güvenliğinin sağlanması oldukça mümkündür.

Başka bir örnek olarak, günümüzde otoparklarda kullanılan ve girişte “DOLU” veya “BOŞ” yazan tabelalar, Nesnelerin İnternetine ve oluşacak büyük veriye verilebilecek en ufak örneklerden biridir. Burada yer alan sensörler, otoparkın boşluk ve doluluk oranını algılar. Oran, günün saati ile analiz edildiğinde; otoparkın hangi saatlerde dolu veya boş olduğunu analiz etmemize yarayan bir veri oluşmaktadır. Bu, basit bir yazılım ile desteklenerek, o saatlerde kullanıcılar otomatik olarak boş otoparklara yönlendirilebilir ve zaman kaybı azaltılabilir.

Bu gibi örnekler sınırsızdır. Akıllı telefonlar ile anlık olarak izlenebilen ve trafik ışığından kullanılan araca kadar tüm sistemlerin birbiri ile iletişim halinde olduğu bir durumda, yapılabileceklerin sonu yoktur.

Bu noktada, en gelişmiş otomasyon sistemlerinde elde edilmek istenen şunlardır:

- Kullanıcı verimi – en az zaman kaybı ile kullanıcıların/çalışanların maksimum verimde olmasının sağlanması
- Enerji verimi – optimum çalışma noktalarının belirlenmesi
- Kişiselleştirme – tüm çevrenin kişisel hale getirilmesi

Yukarıda anlatılan en gelişmiş sistemlerin halen çok pahalı olduğu doğrudur. Bu yüzden de konut sektöründe halen büyük pazar payları elde edilememiştir. Ancak teknolojinin ne yönde ve hangi hızda geliştiği görüldüğünde, bu sistemlerin çok kısa bir süre içinde oldukça ulaşılabilir noktaya gelmesi kaçınılmazdır. Henüz birkaç sene önce, gün ışığına göre ışık akısını ayarlayabilen aydınlatma otomasyonlarının geri ödeme süreleri 5 yıl civarı olabilmekte iken, şu anda, ışık rengi ve şiddeti otomatik ayarlanan sistemler hem profesyonel hem ev tipi uygulamalar için görece uygun fiyatlara elde edilebilmektedir.

c) Sektörün SWOT Analizi

Sektörün güçlü, zayıf yanları ile sektördeki fırsatların ve tehditlerin incelendiği SWOT analizi aşağıdaki gibidir:



Şekil 3-30: Bina Otomasyon Sistemleri – Sektörün SWOT analizi

Otomasyon sistemleri sektörü incelendiğinde görülecek ilk şey pazarın müthiş büyüme potansiyelidir. Hem mevcut binalar hem de yeni binalar için fiyatların uygun duruma gelmesi ile birlikte otomasyon sistemlerine talebin hızla yükseleceği aşikârdır. Bunun yanında maalesef Türkiye bu tip teknolojilerin tedarikinde tamamen dışa bağımlıdır. Ayrıca uzman personel konusunda da dışa bağımlılık gittikçe derinleşmektedir.

Burada gelişmekte olan ülkeler için en önemli fırsat, daha önceki konvansiyonel sanayi tiplerinin tersine, eğitim dışında yüksek bütçeli yatırımlar gerektirmeyen yazılım sanayisidir. Yazılım günümüz dünyasının en kritik noktasıdır ve yazılım geliştirebilen ülkeler, yeni düzende ekipman üreticilerinin de önünde yer alacaktır.

Bunun yanında, birbiriyle entegre cihazlar gitgide büyük teknoloji şirketlerinin tek eline girmektedir. Büyük datayı toplayabilen sadece bu büyük teknoloji şirketleri olduğu için, bunu işleyebilen de sadece onlar olmaktadır. Bu nedenle diğer tüm üretici ve uygulayıcı şirketlerin önemi gitgide azalmaktadır.

d) Gelecek Beklentileri ve Öneriler

Ülkemizde de BEP yönetmeliği altında, otomatik kontrol başlığında yeni binalar için aşağıdaki hususlarda bir otomatik kontrol uygulanması zorunlu tutulmuştur:

- Kazanlarda yanma kontrolü
- Konut dışı binalarda merkezi ısıtma soğutma cihazları için her mahalde bağımsız sıcaklık kontörü
- Merkezi ısıtma sistemli konutlar gidiş suyu kontrolü ve dış hava kompanzasyonu
- Merkezi iklimlendirme sistemi olan binalarda otomatik kontrol sistemi ile ticari binalarda zaman kontrolünün sağlanması
- Konut dışı binalarda aydınlatma kontrolü
- 10.000 m² üzeri binalarda bilgisayar destekli bina otomasyon sistemi
- Yeni binalarda, ısıtma, soğutma, sıhhi sıcak su tüketimlerinin ayrı ayrı izlenmesi ve ölçülmesi

Dolayısı ile zaten yönetmelikler ile geleneksel otomasyon sistemlerinin kurulması zorunlu tutulmuştur. Bu nedenle, yeni binalar, özellikle iklimlendirme sistemlerini kontrol edecek otomatik sistemleri ihtiva etmek zorundadırlar. Bu durum, iç pazarda hızlı bir talep artışına ve yenilikçi sistemlerin pazara entegrasyonuna katkı sağlayacaktır.

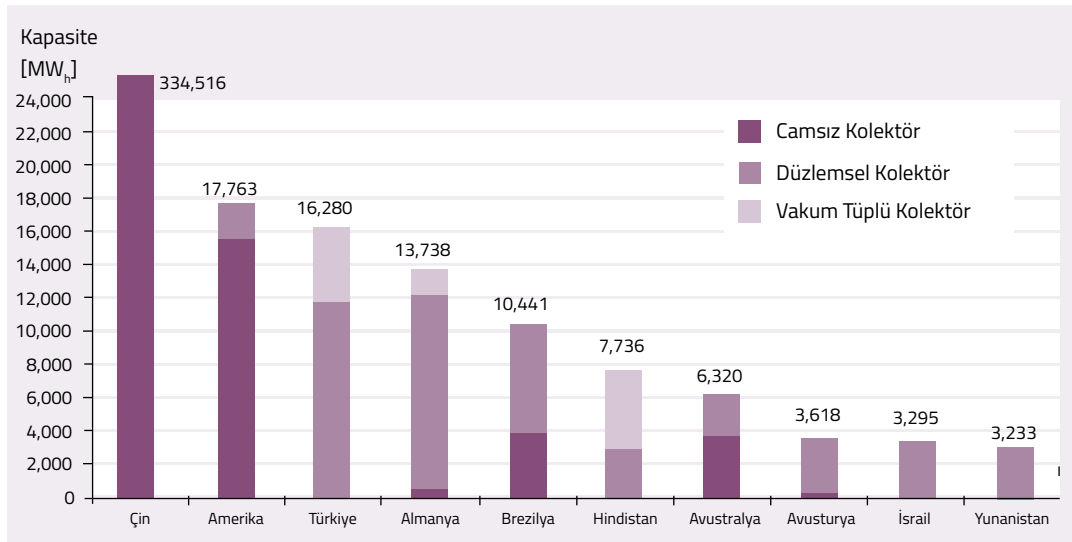
Teknolojinin gidişatı, sadece bina içinde bir otomasyon değil, tüm şehrin birbiri ile iletişimde olduğu akıllı şehirlerdir. Dolayısı ile gelecek için, ekipmanların ne kadar verimli olduklarından çok, çevrimiçi olarak ne kadar entegre olacağı oldukça önem kazanacaktır. Bir binada bulunabilecek yeni nesil tüm iklimlendirme, aydınlatma, güvenlik, yangın ve diğer tüm sistemler birbiriyle iletişim halinde bulunacak, uzaktan kontrol edilebilecek ve kullanıcı alışkanlıklarına ve taleplerine göre çalışma şeklini ayarlayabilecektir. En önemlisi, bu tip sistemler şu an olduğu gibi sadece prestijli binalar için değil, olağan durumlar haline geleceği için en basit konutlarda bile kullanılıyor olacaktır.

3.3.6. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri

Türkiye, güneş enerjili su ısıtma sistemleri konusunda aslında önemli bir başarı hikayesi yaratmıştır. Özellikle son kullanıcı tarafında devlet tarafından çok önemli bir teşvik sistemi olmamasına rağmen, ilk profesyonel çalışmaların başladığı 1975 yılından itibaren, Türk Halkı tarafından teknoloji benimsenmiş ve özellikle güney bölgelerde oldukça yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu hızlı ve doğal olarak gelişen pazar sayesinde, oldukça fazla üretici ortaya çıkmış ve Türkiye güneş enerjili su ısıtma sistemleri açısından dünyada önde gelen bir üretici haline gelmiştir.

a) Pazar Büyüklüğü ve Yönelimleri

Türkiye'nin toplam kolektör alanı ve kurulu güç bakımından dünyadaki yeri aşağıdaki verilmiştir:

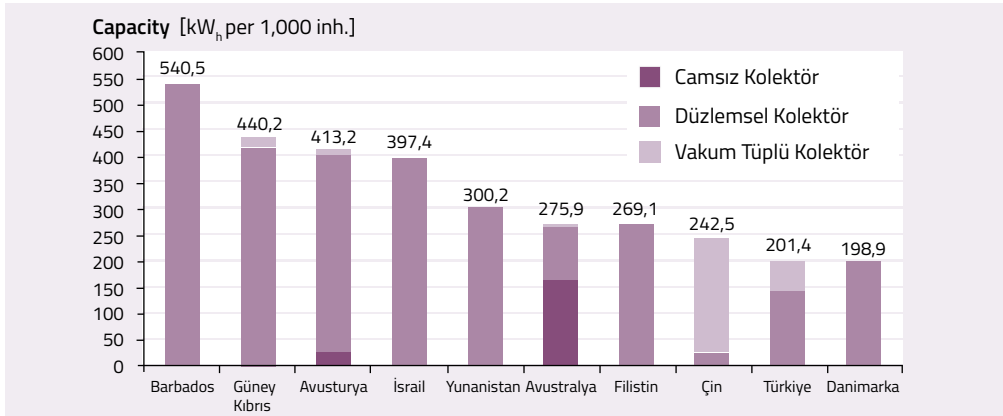


Şekil 3-31: En yüksek kapasiteye sahip 10 ülkenin görünümü ⁸¹

Toplam kurulu güce bakıldığında, Türkiye, ABD ve Çin'in ardından üçüncü sırada yer almaktadır. 2017 sonunda toplamda 16,280 MWh kurulu güce ulaşılmıştır. Bu kurulu gücün çok önemli bir kısmını düzlemsel kolektörler oluşturmaktadır. Yaklaşık %30'unu ise vakum tüplü kolektör tipi oluşturmaktadır. Bu sistemler sonraki bölümde daha detaylı incelenecektir.

⁸¹ W.Weis, Spörk, M, Solar Heat Worldwide, 2019, p37

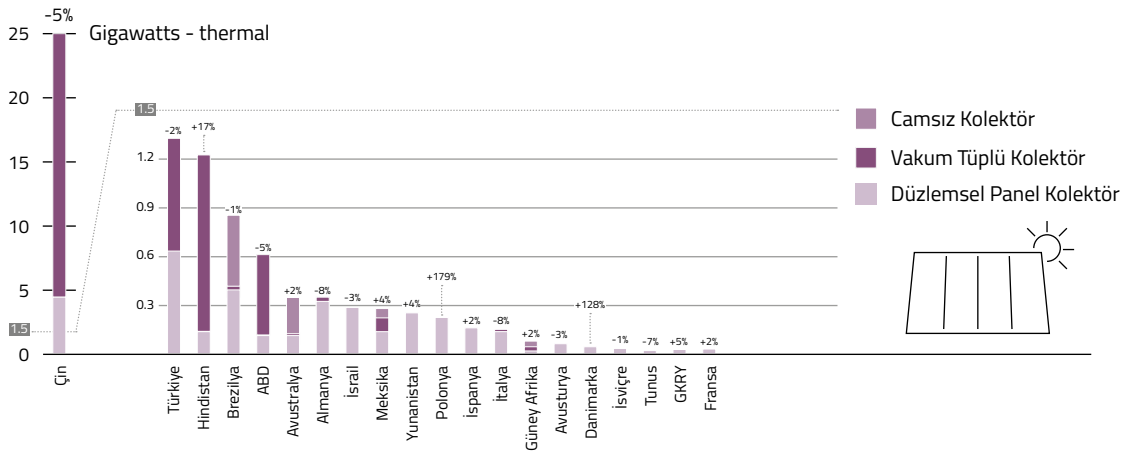
Kişi başına kurulu güce bakıldığında ise aşağıdaki grafik ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3-32: Kişi başına en yüksek kapasiteye sahip 10 ülkenin görünümü⁸²

Kişi başına kurulu güç rakamlarında da Türkiye, 1000 kişi başına 201.4 kWth saatlik toplam kurulu gücü ile ilk 10 ülke arasındadır. Herhangi önemli bir teşvik olmadan bu rakamların yakalanması önemli bir başarıdır.

Son yıllardaki market eğilimine baktığımızda, Türkiye’de son yıllarda pazar büyüme hızı azalmıştır. 2016’da yakalan %4’lük büyümenin arkasından, kurulu güç artış yüzdesi 2017 ve 2018 yılında %2’ye kadar düşmüştür.



Şekil 3-33: 2018 yılı kurulu güç artış eğilimleri⁸³

Burada en dikkat çeken artış %179 ile Polonya’dadır. Polonya, devreye soktuğu emisyon azaltım programı finansal teşvikleri sonucunda, sonucunda pazar tüm zamanların rekorunu kırarak %179 yükselmiştir. Ancak pazardaki fiyatların oldukça sübvansede edildiği göz önünde bulundurulduğunda, bunun sürdürülebilir bir büyüme olmadığı ortadadır.

⁸² W,Weis, Spörk, M, Solar Heat Worldwide, 2019, s37

⁸³ Renewables 2019 Global Status Report, Bölüm 3, https://www.ren21.net/gsr2019/chapters/chapter_03/chapter_03/#sub_7

Türkiye'ye dönüldüğünde ise pazardaki büyümenin oldukça yavaşlamasının birkaç nedeni vardır. En önemlisi tabii ki 2017 yılı ile başlayan genel anlamdaki ekonomik daralmadır. 2018'de yapı izinleri sayısı bir önceki yıllara göre %48 civarında düşmüş ve buna bağlı tüm sektörlerde önemli daralmalar meydana gelmiştir. Bunun yanında, önemli üreticilerden bazıları 2017 yılı itibari ile faaliyetlerine son vermişlerdir. Bu da iç pazar talebini ithalata yöneltmiştir. Döviz kurlarındaki önemli değişiklikler sonucunda ise sistem fiyatları yükselmiş ve cazibesini yitirmiştir.

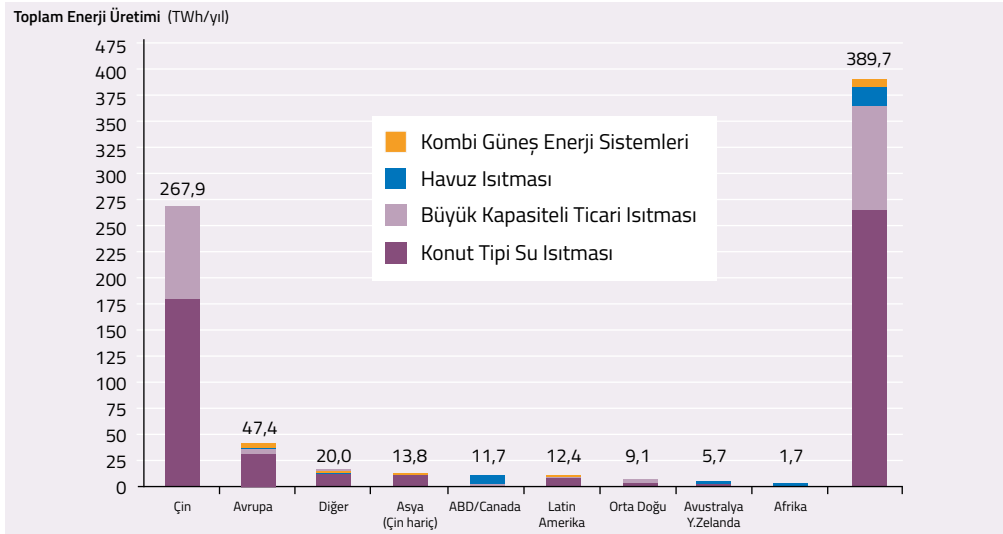
İç pazarın ithalata yönelmesi, aynı zamanda kullanılan sistem tipinde de bir farklılık yaratmıştır. Önceki yıllarda kurulumların büyük çoğunluğu düz kolektör tipinde gerçekleşmiştir. 2018 yılında ilk defa yıl içindeki toplam kurulumların çoğunluğu, vakum tüp kolektör tipi olmuştur. 2017 ile karşılaştırıldığında vakum kolektör tipi kurulumlar yaklaşık %50 oranında artmıştır⁸⁴. Özellikle vakum tüplü kolektörlerin soğuk havalardaki daha yüksek performansı sayesinde, kurulumlar git gide daha soğuk bölgelere kayabilmiştir. Satış rakamlarının bölgesel dağılımları hakkında resmi bir bilgi edinilememiş olsa da özellikle Ankara ve Konya bölgesinde önceki yıllara oranla kurulu güç önemli bir şekilde artmıştır. GÜNDER'den alınan resmi olmayan bilgilere göre 2018 yılında kurulan gün ısı sistemlerinin yaklaşık %30'u İç Anadolu Bölgesindedir. Ayrıca bu kurulumlar daha çok bu bölgedeki kamu kuruluşlarında meydana gelmiştir⁸⁵.

Özetle, güneş enerjisi pazarı büyüme hızı son yıllarda oldukça azalmıştır. Ayrıca yurtiçi üretimdeki daralmanın sonucunda ithalat artmış, Çin'in bu pazardaki büyük üstünlüğü nedeniyle ithal edilen ürünler genellikle vakum tüplü ürünler olmuştur. Vakum Tüplü kolektörler de soğuk havalarda daha iyi performans verebildikleri için, kurulumlar sadece güney bölgeler ile sınırlı kalmamış, satışlar özellikle İç Anadolu Bölgesine de dağılabilmektedir. Özellikle inşaat sektöründeki daralma nedeniyle, büyüme hızında bir miktar daha daralma beklenmektedir. Ancak bu noktadaki en büyük kaldıraç kamu yatırımlarıdır. Özellikle yeni inşa hastane, hapisane, okul, gibi binalarda kurulan güneş enerjili su ısıtıcı sistemleri sayesinde kamu sektöründe de yatırımlar artmaya başlamıştır.

Kullanım alanlarına bakıldığında, 2018 için Türkiye özelinde kesin bir bilgi olmamasına rağmen, küresel raporlarda yer alan Avrupa piyasasına paralel değerler beklenmektedir. Buna göre, Avrupa'da mevcut kurulumların yaklaşık %68'i konutlarda sıcak su kullanımı içindir.

⁸⁴ Erdemir, D, Altıntop, N, Güneş Enerjisinden Sıcak Su Elde Etme Yöntemleri ve Bu Yöntemin Türkiye'deki Gelişimi, 2018, s40

⁸⁵ GÜNDER karşılıklı görüşmeler, Kasım 2019



Şekil 3-34: Kullanım yerine göre toplam enerji üretimi ⁸⁶

b) Teknolojik Gelişmeler ve Yönelimler

Temel olarak, kullanım sıcak suyu sağlamak için ortaya çıkmış güneş enerjili su ısıtma sistemleri, teknolojinin gelişmesi ile üretim proseslerinde kullanabilecek buhar bile üretebilecek noktaya gelmişlerdir. Buna karşın, ülkemizde birkaç özel proje dışında yoğunlukla kullanım sıcak suyu üretimine yönelik kurulumlar yapıldığı açıktır.

Aşağıda başlıca termal güneş enerjisi sistemleri tanıtılmıştır:

Düz yüzeyli kolektörler: Bu kolektörler veya düzlemsel toplayıcılar genel olarak ışığı geçiren ve paneli dış etkilerden koruyan saydam örtü, enerji toplayan yüzey, bu yutucu yüzeye bağlanmış ısı taşıyıcı borular, yalıtım malzemesi ve kasadan ibarettir.

Genelde kullanım sıcak suyu ısıtması için kullanılır. 70°C ye kadar ısıtma yapabilir. Özellikle Avrupa'da, Çin'den ithal edilen ürünlere uygulanan kısıtlamalar nedeniyle daha çok tercih edilen kolektör tipidir.

Ülkemizde kullanılan kolektörlerin ortalama verimleri %50-65 civarındadır. Burada, kolektör verimi söz konusu olduğunda en önemli etken maddeler, enerji toplayan yüzeyin yapıldığı ve kullanılan camın geçirgenlik özellikleridir. Yüksek emici yüzeyler ile düşük yansıtıcılığa sahip, selektif yüzeylerin kullanımı ile verimleri arttırılabilmektedir. Son yıllarda, enerji toplayıcı yüzeyin malzemesi olarak siyah krom, termal iletkenliği sağlayan kılcal borular için ise saf alüminyum malzemeler kullanılan düz paneller üretilmiştir. Piyasada bu şekilde en yüksek verime sahip kolektörlerin çevrim verimi %80'in üstüne çıkmıştır.

Birim fiyat olarak standart verim düz panel kolektörler kullanan paket sistemler yaklaşık 500 EUR/m² iken siyah boya, siyah krom ve saf alüminyum kullanan kolektörü paket sistemler

⁸⁶ W,Weis, Spörk, M, Solar Heat Worldwide, 2019, s55

1.000 EUR/m² ye kadar çıkabilmektedir ⁸⁷.

Avantajları: Özellikle yüksek güneşlenme sürelerine sahip güney bölgelerimizde fiyat performans olarak en başarılı ürünler düz yüzeyli kolektörlerdir. Ayrıca, üzerindeki koruyucu cam katman sayesinde daha dayanıklıdır. Bunun yanında ülkemiz için en önemli avantajı, önemli bir üretim kapasitesine sahip olmamızdır. Dolayısı ile döviz kurlarındaki değişimlerden daha az etkilenmektedir.

Dezavantajları: Daha soğuk iklime sahip bölgelerimizde, düşük termal yalıtım seviyesi nedeniyle kayıplar fazla olmakta, sistemin performansı oldukça düşmektedir. Ayrıca genelde herhangi bir sıcaklık limitleyiciye sahip olmadığı için, yüksek ortam sıcaklıklarında fazla ısınarak sistemde hatalara neden olabilirler. Genelde daha dayanıklı olmalarına rağmen, kolektörlerde meydana gelen bir hasar, tüm kolektörün değişmesine yol açabilir.

Vakum tüp kolektörler: Vakum tüplü kolektörlerde, sistem iç içe geçmiş iki cam tüpten oluşmaktadır. Tüpler arasındaki hava, vakumlama teknolojisi ile boşaltılmış, böylece ısı kaybının azaltılmıştır. İçteki cam tüpün yüzeyi güneş ışınlarını en iyi şekilde toplamak için üretilmiş, siyah renkli bir maddeyle kaplanmıştır. Cam tüpler yuvarlak yapısı sayesinde günün her saati güneş ışınlarını dik olarak alırlar ve yansıtma oranı çok düşüktür.

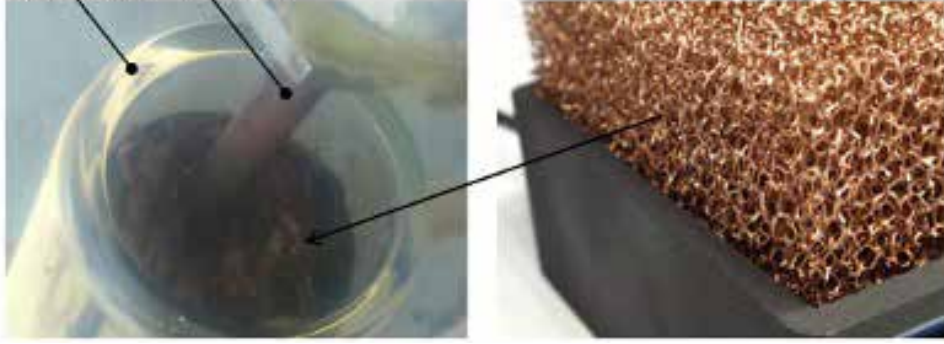
Benzer şekilde, kullanım sıcak suyu hazırlamak için kullanılırlar. Ayrıca ortam ısıtması için kullanılacak sıcak suyu da hazırlayabilirler 70 ila 100°C civarında bir sıcak su sağlayabilirler. Vakum tüplü kolektörler için Çin açık ara en büyük üreticidir. Dolayısı ile tüm dünyada bulunan bu tip kolektörlerin çok büyük bir kısmı Çin üretimidir. Ülkemizde ise, özellikle birkaç büyük düz panel üreticisinin faaliyetlerine son vermesinden sonra, vakum tüplü kolektör kullanım oranları artmıştır. Özellikle iç ve doğu bölgelerde kullanılan kolektörlerin büyük kısmı vakum tüplü kolektörler olarak tercih edilmiştir.

Ortalama çevrim verimleri %70 civarındadır. Temelde iki tipi vardır. Isı borulu (heatpipe) tipi kolektörlerde her bir vakum tip birbirinden bağımsızdır. U borulu vakum tüplerde ise kolektör boyunca vakum tipler U şeklinde birbirine bağlıdır. Verimler birbirine çok yakın olsa da U borulu sistemler küçük bir miktar daha verimlidir. Isı borulu sistemler taşıma paketleme açısından daha az sorunlu olabilmektedir ve borulardan herhangi birine zarar gelmesi durumunda kolaylıkla değiştirilebilmektedir.

Yine düz yüzeyli kolektörlere benzer şekilde, daha yüksek emici selektif malzemeler kullanılarak panel verimleri arttırılabilmektedir. Günümüzde yüksek verimli vakum tüplü kolektörlerde, iç tüpte güneş ışınını daha yüksek emebilen siyah boya kaplı malzemeler veya siyah krom ile kaplanmıştır. Ayrıca en yüksek verime sahip kolektörlerde, en içteki tüpün içinde su yerine ısı transfer katsayısı daha yüksek termal yağ ve gözenekli bakır köpük ile doldurulmuştur. En yüksek verime sahip bu kolektörlerde çevrim verimi %85'in üzerine çıkmıştır.

⁸⁷ Solimpeks 2019 Fiyat Listesi termosifonlu sistemler

Vakum tüp Isı borusu



Şekil 3-35: Yüksek verimli vakumlu tüp kolektörler ⁸⁸

Vakum tüp kolektörler, daha önceki bölümlerde söylendiği gibi yüksek oranda Çin'den ithal edilmektedir. Dolayısı ile piyasada çok farklı fiyatlara rastlamak mevcuttur. Ancak belirli standartları sağlayan sistemler yaklaşık in birim fiyatları 650 EUR/m² civarından başlamaktadır. Yüksek verimli kolektörler ise 1.500 EUR/m² fiyatına kadar çıkabilmektedir ⁸⁹.

Avantajları: Yukarıda bahsedildiği gibi, yüksek termal yalıtıma sahip olduğu için içindeki ısı taşıyıcı sıvı daha geç soğur. Bu sayede daha soğuk iklimlerde daha yüksek performans sağlar. Çevrim verimleri genel olarak daha yüksektir.

Dezavantajları: Birim fiyat olarak düzlemsel kolektörlere göre daha pahalıdır. Ayrıca, vakum tüpler dışarıdan gelecek darbelere açık olduğu için yoğun dolu veya herhangi bir cisim gelmesi durumlarında kırılma şansı yüksektir. Ayrıca vakum tüpün içindeki iletken sıvıyı taşıyan bakır borular oldukça ince olduğu için, kireçli su kullanıldığında çok çabuk tıkanabilmektedir. Dolayısı ile bu kireçlenmeyi engellemek için farklı kimyasallar kullanılması gerekmektedir.

Bunların dışında özellikle ABD ve Avustralya'da sıklıkla havuz ısıtmasında kullanılan, camsız güneş kolektörleri, üzerinde herhangi bir cam olmayan sadece toplayıcı yüzeyden oluşan kolektörlerdir. Fiyatları uygundur ancak verim açısından diğer profesyonel sistemlerin çok uzağındadır.

Son yıllarda, güneş enerjili ısıtıcı sistemler açısından en önemli gelişmeler yoğunlaştırıcı sistemler yoğunlaştırıcı sistemlerin kullanılması ile güneş ışınları belirli noktalarda 50 ila 2.000 kat yoğunlaştırılarak yüksek sıcaklıkta ve basınçta buhar elde edilebilmesidir. Bu yoğunlaştırıcı sistemler genelde vakum tüpler ile kullanılmaktadır. En sık kullanılan yoğunlaştırıcı sistemler şunlardır:

⁸⁸ Abd-Elhady, M.S., Nasreldin, M. Elsheikh M.N., Improving the performance of evacuated tube heat pipe collectors using oil and foamed metals, Volume 9, Issue 4, December 2018, Sayfa 2683-2689

⁸⁹ Kuzeymak ve online ticaret siteleri fiyatları – Termosifonlu sistemler

Sabit yoğunlaştırıcı sistemler: Düz aynalar yardımıyla güneş ışınları bir düzlem üzerinde yaklaşık 50 kat yoğunlaştırarak 100-150°C civarında buhar elde edilebilir. Genelde endüstriyel tesislerde tercih edilebilir

Parabolik oluk yoğunlaştırıcılar: Parabolik aynaların vakum tüpler üzerine güneş ışınlarını yoğunlaştırması ile 150-350°C arasında buhar elde edilebilir.

Parabolik çanak tipli yoğunlaştırıcılar: Birçok aynanın bir araya gelip parabolik çanak şeklinde tek bir noktaya güneş ışınlarını yoğunlaştırması sonucunda 300 ila 700°C arasında yüksek basınçlı buhar elde edilebilir. Bu buhar genelde buhar türbinlerine gönderilerek elektrik elde edilmektedir.

Merkez alıcı kule yoğunlaştırıcılar: Güneş ışınlarını birçok aynanın tek bir noktada 2.000 kata kadar yoğunlaştırması ile kullanılan termal taşıyıcı sıvıları yaklaşık 1.000°C'ye kadar ısıtabilen sistemlerdir. Benzer şekilde elektrik elde edilmesi için kullanılır.

Bu yoğunlaştırıcı sistemler endüstriyel buhar ihtiyacı için veya elektrik elde edilmesi için kullanıldığı için bu çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır.

c) Sektörün SWOT Analizi

SWOT analizi herhangi bir pazarın Güçlü (Strengths), Zayıf (Weaknesses), Fırsatlar (Opportunities) ve Tehditler (Threads) bakımında inceleme yapılan bir analiz çeşididir. Aşağıda bu yöntem açısından güneş enerjili su ısıtıcı sistemler pazarının değerlendirilmesi yer almaktadır:



Şekil 3-36: Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri – SWOT Analizi

Güçlü Yanları: Türkiye'nin konumu nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir. Çok açıktır ki güneş enerjili su ısıtma sistemleri ülkemizde bu potansiyeli kullanma konusunda önemli bir adımdır ve oldukça yaygındır ve kabul görmüş teknolojilerdir. Bir diğer deyişle, son kullanıcılar, bu tip sistemlerin performansında şüphe duymadan yatırım yapabilmektedir. Tüm güney bölgelerde ve diğer büyük şehirlerde yeterli tedarikçi mevcuttur. Özellikle düz panel ve vakum tüp uygulamalarında her ihtiyaca ve bütçeye göre ve birçok farklı sistem bulmak mümkündür. Bu tip oturmuş bir pazar oluşturmak uzun yıllar sürmektedir. Örneğin benzer bir pazar oluşturabilmek için 2010-2016 yılları arasında Polonya yaklaşık 200 milyon EUR'luk bir finansman paketi sağlamış ve hibeler vererek güneş enerjili su ısıtıcıların kullanımını arttırmaya çalışmıştır. Her ne kadar 2018 yılında, bir önceki yıla göre %179'luk bir rekor büyüme sağlanmış olsa da sübvansiyonların bitmesi ile 2019 yılında pazarda çok hızlı bir düşüş meydana gelmiştir.

Bu oturmuş pazar nedeniyle birçok üretici ortaya çıkmıştır. Her ne kadar son yıllarda bazı önemli üreticiler faaliyetlerine son vermiş olsa da Türkiye halen, özellikle düzlemsel kolektörler açısından önemli bir üreticidir ve gerekli bilgi birikimine sahiptir. Böylece son kullanıcılar güvenilir ürünler için uygun fiyatlı bir şekilde ulaşabilmektedir.

Zayıf Yanları: Türkiye'de yapılan kurulumların çok büyük bir kısmı (yaklaşık %90) konutlarda kurulan basit termosifonlu sistemlerdir. Her ne kadar, güney bölgelerde ticari anlamda da birçok otel bu sistemleri kullanıyor olsa da, örneğin yüksek verimli kolektörlerin kullanımı, yoğunlaştırıcı sistemlerin kullanımı, ya da absorpsiyonlu çiller yardımıyla soğutma sağlanması veya hibrit PV sistemler gibi daha yeni nesil sistemlerin kullanımı neredeyse mevcut değildir. Yeni teknolojilerin yanında, ticari ölçekte büyük sistemler de çok kısıtlıdır. Bunlar ile ilgili araştırma veya üreticiler tarafında geliştirmeye yönelik bir ilgi mevcut değildir. İlgili test laboratuvarları bile yakın zamanda akredite olmuştur.

Ayrıca, yaygınlaşan kullanım, daha ucuz fiyatlı ve standartlara uymayan üretimleri de beraberinde getirmiştir. Özellikle konut uygulamaları gibi çok küçük boyutlu sistemlerde, belirli yetkinliğe sahip olmayan firmaları ürettiği veya kurduğu ürünler oldukça yaygındır beklenen performansları sağlamaktan uzaktır.

Fırsatlar: Enerji fiyatlarındaki hızlı artışlar, bu tür yatırımları oldukça karlı hale getirmektedir. Öyle ki, özellikle güne bölgelerde, basit geri ödeme süreleri 3 yıl civarında olmaktadır. Bu da bu sistemlere yatırım yapılmasını daha kolaylaştırmaktadır.

Aynı zamanda kamu yatırımlarında da güneş enerjili su ısıtıcı sistemleri sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Bu özellikle son 1-2 yıldır oldukça yavaşlayan pazar için önemli bir atılımdır.

Tehditler: Son yıllarda PV sistemlerin tercih edilirliliği artmıştır. Devlet garantili teşvikler sayesinde, yatırımcılar aslında daha az yatırım ve daha hızlı geri ödeme sürelerine sahip

solar termal yatırımlar yerine PV sistemlere yönelmeye başlamışlardır. Dolayısı ile mevcut çatı alanları, termal sistemler yerine PV sistemler ile doldurulmaktadır. Öyle ki, yıllardan beri termal güneş enerjisi sistemleri üreten firmalar bile PV üretimi ve kurulumuna yoğunlaşmaya başlamışlardır.

Ayrıca, özellikle vakum tüplerin yaygınlaşması ile Çin'den ithalat artmaktadır. Çin'den gelen düşük kaliteli ürünler nedeniyle veya yüksek kaliteli ürünlerin dövizdeki dalgalanmalar sonucunda yüksek fiyatlı olması sebebiyle son kullanıcılarda bu sistemlere karşı bir güvensizlik oluşmaya başlamıştır.

d) Gelecek Beklentileri ve Öneriler

Daralan ekonomi ve özellikle inşaat sektörü nedeniyle, 2019 ve sonrasında da pazar büyüme hızının yaklaşık %1-2 olması beklenmektedir. Burada, pazarın birçok paydaşı, termal sistemler yerine PV sistemlere konsantre olmuş durumdadır. Dolayısı ile yakın vadede hızlı bir yükseliş beklenmemektedir.

Önümüzdeki yıllarda, özellikle Çin'den ithal edilen düşük fiyatlı vakum tüplü sistemler dolayısı ile vakum tüplü sistemlerin tüm kurulumlar içinde oranının artması beklenmektedir.

Konut sektörü açısından piyasanın oldukça yavaşlayacağı beklenmektedir. Buna rağmen, ticari büyüklükteki sistemlerde önceki yıla oranla yaklaşık aynı oranda artması beklenmektedir. Ticari ve özellikle kamu yatırımlarında, daha kaliteli ve genelde uluslararası standartlara uygun sistemler kullanıldığından ortalama verimleri daha yüksek sistemlerin satışının artması beklenmektedir⁹⁰.

Daha sağlıklı bir pazar ortaya çıkarmak için piyasanın beklentisi şu yöndedir:

Son kullanıcılara finansal destekler yaratılması güç olabilir ancak, büyük ve ihracat potansiyeli yüksek üreticileri tekrar ortaya çıkarmak için teşvikler uygulanabilir.

Özellikle kalkınma ajansları desteği ile özel yatırımlarda ve yine kamu yatırımlarında, sadece standart kolektör kullanımı yerine, daha kompleks sistemlerin veya yüksek verimli kolektörlerin kullanılması desteklenebilir. Böylece, ticari ve hatta sanayi alanlarında da termal güneş enerjisi sistemleri kullanımı artacaktır. Buna örnek olarak, basit vakum tüplü kolektörler ile kullanım suyu ısıtması yerine, yatırımı biraz daha arttırarak, parabolik oluk yoğunlaştırıcı aynalar ile aynı zamanda ortam ısıtması da yapılabilir.

PV sistemler her ne kadar oldukça karlı ve faydalı sistemler olsa da, yatırımcıların konsantrasyonu daha kısa sürede geri ödeyen termal güneş enerjisi sistemlerine çekmek için bazı kampanyalar yapılabilir.

⁹⁰ GÜNDER karşılıklı görüşmeler, Kasım 2019

Kamu yatırımlarında özellikle yerli üreticilerin ürünlerinin tercih edilmesi ve zaman zaman ihale şartlarında verilen Solar Keymark Sertifikasyonu yerine ülkemizde kurulan GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi ile TSE'nin laboratuvarlarında sertifikasyonun yeterli görülmesi hem bu laboratuvarlara olan ilgiyi arttıracak, hem de bu laboratuvarların uluslararası tanınırlığını arttıracaktır.

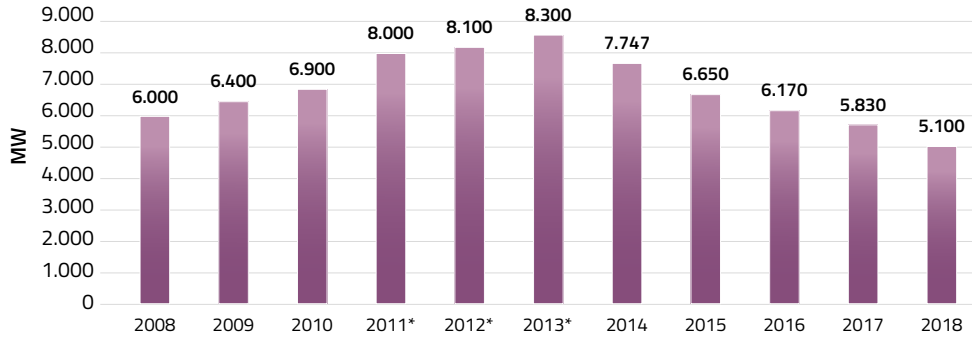
3.3.7. Kojenerasyon Sistemleri

1984 yılında TBBM tarafından 3096 sayılı "Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimine İlişkin Düzenleme" kanunun çıkarılmasıyla Türkiye'de ilk defa özel teşebbüslere elektrik üretim tesisi inşası işletme ve mülkiyet hakkı verilmiştir. Bu tarihten sonra özel santrallerin sayısı hızla artmıştır. Enerji üretim şekilleri arasında en verimlilerinden olan kojenerasyon tesisleri de bu tarihten sonra hızla artmıştır. Bu süre zarfında, ülkede AB ülkeleri aksine parasal bir teşvik olmamasına rağmen, kurulu güç bakımından AB'nin en hızlı büyüyen pazarlarından biri olmuştur.

2018 yılı sonunda elektrik kurulu kapasite 88.550 MW a ulaşmıştır. Bunun 5.150 MW'ı yani bir diğer deyişle yaklaşık %6'sını kojenerasyon tesisleri oluşturmaktadır ⁹¹.

a) Pazar Büyüklüğü ve Yönelimleri

Aşağıdaki tabloda yıllara göre kojenerasyon toplam kurulu gücü verilmektedir.



Şekil 3-37: Kojenerasyon kurulu gücü ⁹²

2018 yılı sonunda kojenerasyon kurulu gücü 5.150 MW olarak gerçekleşmiştir. Bunun içinde yaklaşık 450 MW olan lisanssız kojenerasyon tesisleri de mevcuttur. Dünyada 2018 yılı toplam kapasite 755,2 GW_{el} ⁹³ olarak gerçekleşmiştir. Türkiye, tüm dünyadaki kojenerasyon kurulu gücünün yaklaşık binde 7'sini oluşturmaktadır.

⁹¹ Energy And Cogeneration Report, Türk Kojenerasyon Derneği, 2018

⁹² Energy And Cogeneration Report, Türk Kojenerasyon Derneği, 2018

⁹³ <https://www.reportsnreports.com/reports/842042-combined-heat-and-power-chp-market-market-size-segmentation-regulations-and-key-country-analysis-to-2025.html>

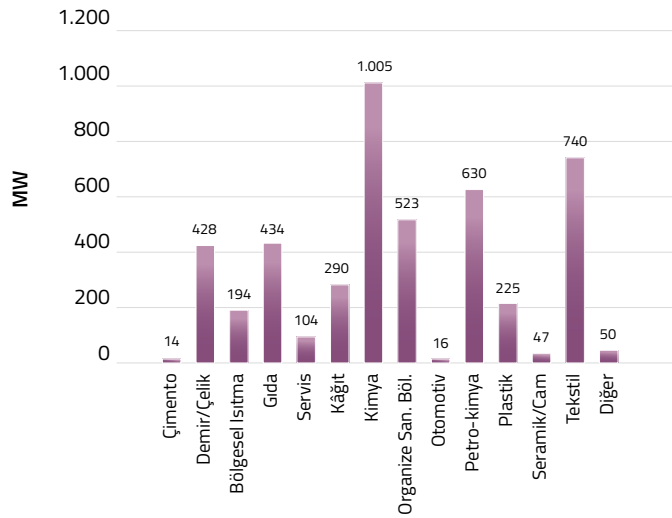
Yukarıdaki grafikten de görüleceği üzere, toplam aktif kurulu güç 2013 yılından itibaren düşüşe geçmiştir. Bunun en önemli sebebi, bu tarihten sonra doğalgaz fiyatlarının hızlı bir şekilde artmış olması olarak verilmektedir. Gerçekten de doğalgaz fiyatının bu tarihten sonra elektrikten daha hızlı artmış olması, doğalgaz tüketen kojenerasyon tesislerinin karlılığının oldukça azaltmıştır. Ancak asıl sorun, genelde yapılan yanlış kapasite seçimidir. Elektrik fiyatının yüksek, doğalgaz fiyatının görece daha düşük olduğu zamanlarda kurulan kojenerasyon tesislerinde, kapasite genelde, elektrik tüketimine göre belirlenmiş, ihtiyaçtan fazla termal enerji üretimi olduğu durumlarda bile elektriksel enerji üretimi kazançları bu durumu kompanse edebilmekteydi. Ancak kojenerasyon sistemleri kapasiteleri seçilirken, temel amaç, üretilen tüm termal ve elektriksel enerjinin faydalı olarak kullanılabilmesi kapasitenin seçilmesi olmalıdır. Burada, YEKDEM yönetmelikleri ile üretilen ihtiyaç fazlası elektrik her durumda şebeke ile mahzunlaşabilmektedir. Ancak, fazladan üretilen buhar veya sıcak su kullanılamayacak ve enerji kaybı olacaktır. Dolayısı ile kojenerasyon tesislerinin ülkemiz şu anki koşullarında termal tüketim miktarlarına göre boyutlandırılması, sistemden maksimum verimin alınabilmesine olanak sağlamamaktadır.

Bu şekilde, üretilen tüm enerjinin kullanılmadığı durumlarda, mevcut kojenerasyon tesisleri verimsiz ve kazançsız hale gelmiş ve devre dışı bırakılmıştır.

Sektörel olarak bakıldığında, kojenerasyon sistemlerinin çok büyük oranla sanayide kullanıldığı görülmektedir. Bina ve servis sektörünün kurulu güç olarak payı yaklaşık %15 civarındadır. Burada da en yüksek payı hastaneler almaktadır⁹⁴.

Trijenerasyon tesislerinin ayrı olarak toplam kurulu gücü net olarak bilinmiyor olsa da özellikle servis sektöründe yoğunlaştığı bilinmektedir.

2018 yılı itibari ile lisanslı kojenerasyon tesislerinin sektörel dağılımı aşağıdaki gibidir:

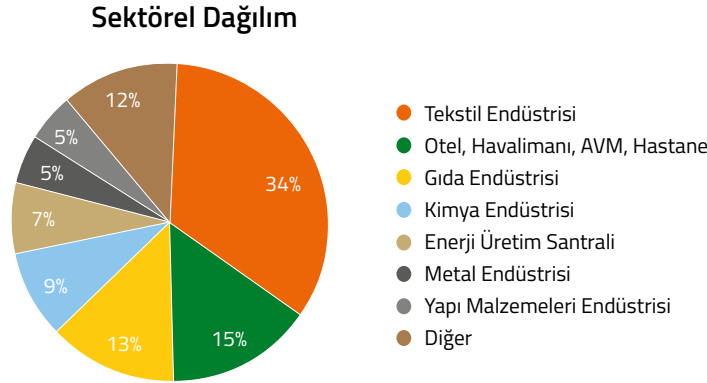


Şekil 3-38: 2018 yılında lisans alan kojenerasyon tesisleri sektörel dağılımı⁹⁵

⁹⁴ Türk Kojenerasyon ve Temiz Enerji Teknolojileri Derneği, Ülke İncelemesi, 2013

⁹⁵ Energy And Cogeneration Report, Türk Kojenerasyon Derneği, 2018

Özellikle bina sektöründe yoğunlaşmış daha küçük kapasiteli ve lisanssız tesislerde eklendiğinde aşağıdaki gibi bir sektörel dağılım ortaya çıkmaktadır:



Şekil 3-39: Kurulu güç sektörel dağılım ⁹⁶

b) Teknolojik Gelişmeler ve Yönelimler

Kojenerasyon enerjisi daha verimli kullanmak amacıyla elektrik ve ısı enerjisinin birlikte üretilmesini sağlayan teknolojidir.

Basit çevrimde çalışan, yani sadece elektrik üreten bir gaz türbini ya da motoru; kullandığı enerjinin %35-45 kadarını elektriğe çevirebilir. Bu sistemin kojenerasyon şeklinde kullanılması halinde sistemden dışarıya atılacak olan ısı enerjisinin büyük bir bölümü de kullanılabilir enerjiye dönüştürülerek toplam enerji girdisinin %85-95 oranında değerlendirilmesi sağlanabilir. Bu teknolojiye «kombine ısı-güç sistemleri (CHP)» ya da kısaca "kojenerasyon" denir⁹⁷.

Trijenerasyon ise, absorpsiyonlu soğutucular yardımı ile üretilen sıcak su ve buhar ile soğuk suyun da üretildiği sistemlerdir.

Mekanik enerji çevrimi için üç temel sistem kullanılır:

- I. Gaz Türbinleri: En büyük avantajı bakım onarım işletim masraflarının düşük olmasıdır. Çıkış gücünün kontrol edilmesi görece kolaydır. Yüksek oranda termal enerji üretilir. Hatta kombine çevrim santrallerinde üretilen bu yüksek basınçlı buhar, tekrar buhar türbininden geçirilerek ikinci bir mekanik enerji dönüşümü yapılır. Yüksek maliyetinden dolayı özellikle birkaç MW_{el} ve hatta birkaç 10 MW_{el} ve üzeri güçlerde daha uygun hale gelirler. En büyük dezavantajı, özellikle düşük yük faktörlerinde oldukça verimsiz olmasıdır. Dolayısı ile daha düşük güçlü sistem, düşük fiyat performans oranına sahiptir.

⁹⁶ Özdemir, Ö, Arz Güvenliğinde Kojenerasyonun Önemi, TURKOTED, 2017

⁹⁷ <http://kojenturk.org/tr/kojenerasyon-nedir-15>

- II. Buhar türbinleri: Ortalama verimleri oldukça yüksektir. Türbine sadece yüksek basınçlı buhar gönderildiği için, buhar, herhangi bir yakıt ile üretilebilir dolayısı ile yakıt esnekliği vardır. Düşük bakım onarıma ihtiyaç duyar ve ömrü çok uzundur. Ancak maliyeti yüksektir. Start-up süresi uzundur dolayısı ile sisteme ani giriş yapamazlar. Yine benzer şekilde yüksek güçteki endüstriyel uygulamalar için daha uygundur.
- III. İçten yanmalı motorlar: Düşük güçler en uygun sistem budur. Görece yatırım maliyeti değerlerinden daha düşüktür. Yüksek toplam verime sahiptirler ancak bakım onarım masrafları yüksektir.

Binalar sektörü için özellikle içten yanmalı motorlu sistemler daha uygundur. Bu sistemlerde son yıllarda elektrik üretim verimleri hızla artmış, mevcut en iyi sistemlerde bu %45 civarlarına kadar gelmiştir. Ortalama olarak yeni sistemler %90 civarı bir verime ulaşabilmektedir. Hatta yeni sistemler yoğunlaşma teknolojisini kullanarak atık ısıdaki su buharının da enerjisini kullanır ve daha yüksek verimlere ulaşırlar. Günümüzde içten yanmalı motor kullanan bir kojenerasyon sisteminde elektrik verimi %35'ten az, genel verimi ise %87'den az olmaması önerilir.

Kojenerasyon sistemlerinin, yenilenebilir enerji ile elektrik üreten sistemlere göre en önemli avantajı, 7/24 güvenilir bir şekilde enerji üretebilmesi ve özellikle içten yanmalı motorlarda çok hızlı şekilde devreye girip çıkabilmeleridir. Dolayısı ile yenilenebilir teknolojiler aksine baz yük için kullanılabilirler.

Kojenerasyon sistemlerinde teknolojik gelişmeler, aynı miktarda yakıt harcayarak maksimum oranda elektrik ve termal enerji üretimine yönelik gelişmektedir. Bu gelişmelerden yine önemli olanlardan biri de organik rankin çevrimi adı verilen özel bir sistemdir.

Bilindiği gibi bir kojenerasyon tesisinde çok kabaca 1 birim elektrik üretilirken bunun yanında yine 1 birim buhar, 1 birim de düşük basınçlı sıcak su olacak şekilde bir termal enerji üretimi meydana gelir. Organik Rankin Çevrimi (ORC) teknolojisinde sudan daha düşük sıcaklıkta kaynayan, yüksek moleküler ağırlıklı bir sıvılar kullanılmaktadır. Bu özellik, ekonomik enerji üretimi için geleneksel olarak çok düşük kabul edilen ısı kaynaklarından ısı elde eden Rankin Çevrimine imkan tanımaktadır. Örneğin içten yanmalı motorun ceket suyu ORC için oldukça uygun bir kaynaktır. Dolayısı ile düşük basınçlı sıcak su çıktısını tekrar ORC'ye sokarak tekrar elektrik elde etmek mümkündür. Böylece %35 civarı olan elektrik verimi %50'nin üstüne çıkacaktır.

Bir diğer önemli eğilim, yakıt olarak yenilenebilir kaynakların kullanılmasıdır. Bunun en açık örneği biyogaz'dır. Biyolojik atıkların belli bir inorganik ve organik tepkimesi sonucunda üretilen biyogaz, doğalgaz yerine kojenerasyon tesislerinde kullanılabilir. Benzer şekilde biyokütle atıklarının da yakılması ile yüksek basınçlı buhar üretilerek buhar türbini kullanan kojenerasyon tesislerinde elektrik üretiminde kullanılabilir.

Yine metan bazlı gaz üretimi çöp gazı (landfill) veya su arıtma tesislerinde çamur kurutması sonucunda da oluşturulabilir. Bu yakıtlar da kojenerasyon tesislerinde yakılarak kullanılabilir.

Son olarak temelde yüksek basınçlı buharın ana kaynak olduğu buhar türbinli sistemlerde bu buhar konsantre edilmiş güneş enerjisi ile de üretilebilir.

c) Sektörün SWOT Analizi

SWOT analizi herhangi bir pazarın Güçlü (Strengths), Zayıf (Weaknesses), Fırsatlar (Opportunities) ve Tehditler (Threads) bakımında inceleme yapılan bir analiz çeşididir. Aşağıda bu yöntem açısından kojenerasyon sistemleri pazarının değerlendirilmesi yer almaktadır:



Şekil 3-40: Kojenerasyon Sistemleri - SWOT Analizi

Güçlü Yanları: Kojenerasyon tesisleri, yenilenebilir teknolojiler ile karşılaştırıldığında, istenilen anda üretime geçebilme özelliğine sahiptir. Dolayısı ile depolama veya üretim tüketim uyumsuzluğu gibi konuları devreden çıkarır. Ayrıca hem elektrik hem sıcak su hem de buhar üreterek tesisin tüm enerji ihtiyacına cevap verebilir. Ayrıca kapasite faktörünün değiştirilerek enerji üretiminin ayarlanması mümkün olduğundan anlık ihtiyaca göre esnek olarak kullanılabilir.

Zayıf Yanları: Önceki bölümlerde de söz edildiği gibi, kojenerasyon tesislerinin finansal olarak uygun olabilmesinin en temel şartlarından birinin üretilen tüm enerjinin tüketilebiliyor olmasıdır. Tüketilemeyen her bir birim enerji için oldukça pahalı bir yakıt harcandığı unutulmamalıdır. YEKDEM mekanizmaları sayesinde elektrik üretimi aynı ay içinde mahsuplaşabildiğinden bu konuda bir esneklik mevcuttur ancak sıcak su ve buhar için böyle bir durum söz konusu olmadığından üretildiği an tüketilebilecek bir ortam sağlanmalıdır. Bu özellikle değişken termal enerji tüketimleri olan bina sektörleri için önemli bir dezavantajdır. Yaz aylarında, termal tüketimlerin oldukça az olduğu aylarda kayıplar oldukça büyük olmakta ve yatırım geri ödeme sürelerini oldukça uzatmaktadır. Bu durumu engellemek için kullanılan

absorbsiyonlu soğutucular ise üretilen buhar ve sıcak suyu soğutma enerjisine çevirmekte ve yaz aylarında da bu enerjinin kullanılmasını sağlamaktadır. Ancak absorpsiyonlu soğutucular da oldukça pahalı ekipmanlardır. Ayrıca soğutma yükü de çok yüksek olmayan 3. ve 4. İklim bölgelerindeki şehirler için üretim-tüketim uyumsuzluğu (mismatch) oldukça yüksektir.

Fırsatlar: Doğalgaz, kojenerasyon tesislerinde sıklıkla kullanılan bir yakıt türüdür ve fiyatının artması önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Ancak bunun yanında kojenerasyon tesisleri oldukça esnek sistemler olduğundan yenilenebilir teknolojiler ile kolaylıkla birleştirilebilmektedir. Biyogaz ve biokütle tesisleri buna çok uygun bir örnektir. Çok fazla uygulaması henüz olmayan, ancak yakın zamanda artması beklenen yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) sistemlerinin de kojenerasyon mantığı ile kullanımı oldukça kolaydır.

Tehditler: En bariz tehdit tabii ki doğalgaz fiyatlarındaki hızlı artıştır. Böylece birim enerji üretmek için gereken maliyet de hızla artmaktadır. Ayrıca, kojenerasyon tesisleri tamamen ithal ürünler olduğundan kurdaki değişikliklere oldukça duyarlıdır. Ayrıca, son yıllarda özellikle PV sistemlere verilen yüksek YEKDEM teşvikleri, bu sistemleri şimdilik kojenerasyonun önüne geçirmiştir.

d) Gelecek Beklentileri ve Öneriler

Özellikle bina sektörlerinde kojenerasyon sistemlerine talebin bir süre daha PV sistemlere kayarak sektörel bir daralmanın sürmesi beklenmektedir. 2020 yılında YEKDEM teşviklerinin tekrar belirlenmesinden sonra kojenerasyona talep tekrar artacaktır.

Bina sektörü özelinde daha sağlıklı bir pazar ortaya çıkarmak için piyasanın beklentisi şu yöndedir:

- Özellikle bölgesel ısıtma konusunun ele alınması ve gerekli teşviklerin sağlanması, mevcutta karlı olmadığı için çalıştırılmayan kojenerasyon tesislerinin tekrar devreye sokulmasına yardımcı olacaktır. Özellikle AB ülkelerinde oldukça sıkça kullanılan bölgesel ısıtma sistemlerinde, üretilen Elektrik-Isı Enerjisi dengesi için, üretilen elektrik enerjisi ile ilgili, (öncelikli alım, alım garantisi, bazı yaptırımlardan muaf olma, sisteme bağlantı önceliği ve kolaylığı vb.) teşvikler öngörülmelidir.
- Bölgesel ısıtma şehir ve konut altyapısı ile ilgili olarak uzun vadeli yatırımlar gerektirdiğinden belki bazı imtiyazlar gündeme gelecektir. Bu durumda yatırımcının bilhassa yabancı yatırımcının imtiyaz konusu çözülmeli ve bu husus atık ısı ve buhar elde edilecek ısıtma sisteminin mevzuatına uygun biçimde dahil edilmelidir.

3.3.8. Isı Pompaları

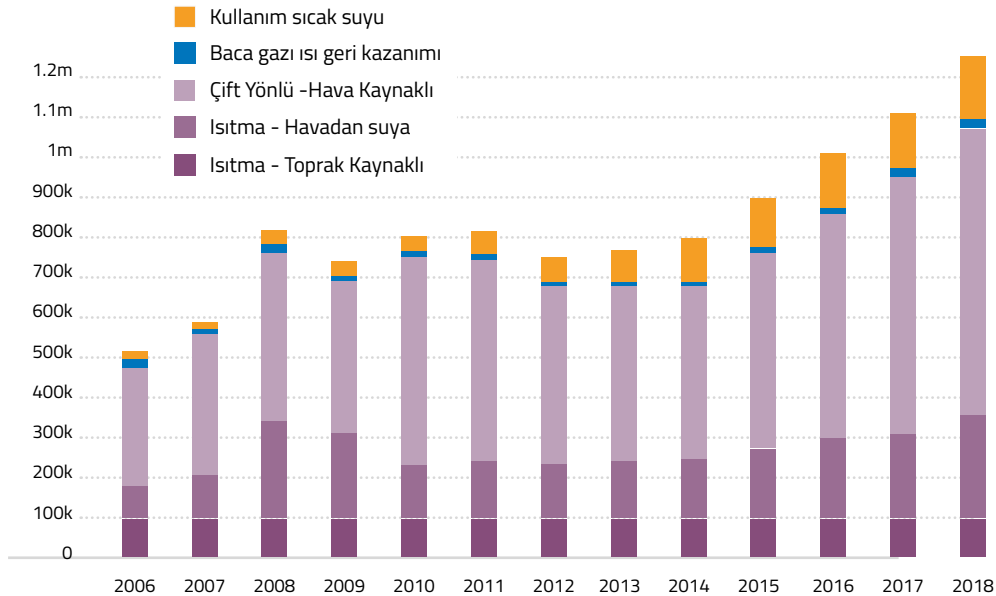
Türkiye’de şu anda satılan split klima ve VRF sistemlerinin çok önemli bir bölümü aslında hava kaynaklı ısı pompası olarak değerlendirilebilir. Dolayısı ile bu başlık altında yalnızca su kaynaklı ve toprak kaynaklı ısı pompaları incelenecektir.

a) Pazar Büyüklüğü ve Yönelimleri

Özellikle Batı Avrupa, ısı pompaları açısından en büyük market olarak öne çıkmaktadır. Özellikle AB’deki mevcut yasal yükümlülükler ve hedefler göz önüne alındığında, yüksek verimli iklimlendirme sistemleri kullanımı oldukça önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir.

Özellikle AB’de ısı pompası pazarı istatistikleri tutulurken, sadece binanın ısıtmasının tamamen ısı pompası cihazları ile sağlandığı durumlar istatistiklere dahil edilmektedir. Bir diğer deyişle, ısı pompası sistemlerinin destek sistemleri olduğu ancak ana ısıtma elemanının yine bir fosil yakıtlı ısıtıcı olduğu sistemler, ısı pompası penetrasyonu istatistiklerine dahil edilmemektedir. Bu doğrultuda, AB’de en yüksek yaygınlığa sahip ülke %33 ile Norveç’tir. Yine diğer İskandinav ülkeleri de en yüksek yaygınlığa sahip ülkeler olarak öne çıkmaktadır ⁹⁸.

Yine AB’de ısı pompaları satışlarına bakıldığında en büyük pazarın Fransa, İtalya, İspanya, Almanya ve İsveç olduğu görülmektedir. Bu 5 ülke, toplam ısı pompası satışlarının %88’ini oluşturmaktadır ⁹⁹. AB’de ısı pompası satışlarının, teknolojinin cinsine göre dağılımı aşağıdaki grafikte verilmiştir:



Şekil 3-41: AB ısı pompası satış istatistikleri

⁹⁸ The European Heat Pump Market and Statistics Report 2019, EHPA

⁹⁹ The European Heat Pump Market and Statistics Report 2019, EHPA

Türkiye’de ise özellikle su ve toprak kaynaklı ısı pompası kullanımı oldukça sınırlıdır. Bu noktada sadece birkaç özel uygulama dışında yaygın bir kullanımdan söz etmek mümkün değildir. Isı pompası olarak satılan VRF ve split klima sistemlerin bir kenara bırakılırsa, toprak kaynaklı ve su kaynaklı ısı pompaları, halen yüksek ilk yatırım maliyetleri ve gerekli özel koşullar (örneğin yakın su kaynağı) nedeniyle halen örnek projeler dışında yaygın olarak tercih edilmemektedir.

b) Teknolojik Gelişmeler ve Yönelimler

Özellikle toprak ve su kaynaklı ısı pompaları zaten hali hazırda en yüksek verimli iklimlendirme sistemleri olarak öne çıkmaktadır. Mevcut durumda 5.0’ın üzerinde COP ve EER değerlerine ulaşabilen (A+++ enerji sınıfı) ısı pompaların, diğer alternatif sistemlere göre en verimli sistemdir. Isı pompaları açısından verimi arttırıcı en önemli gelişmelerden ilki çift kaynak (örneğin hem toprak hem hava) (dual-source) kullanabilen sistemlerdir. Bu sistemler kaynağın potansiyeline ve iklimlendirme ihtiyacına göre en uygun kaynağı otomatik olarak seçip en optimum verime ulaşabilmektedir.

Yine çift hızlı veya değişken hızlı kompresör kullanımı ısı pompası enerji tüketimini optimize ederek en yüksek verime ulaşılmasına yardımcı olmaktadır.

Isı pompalarının yaygınlaşmasının önündeki en büyük engel yüksek ekipman maliyeti ile birlikte yine yüksek maliyetli sonda ihtiyacıdır. Gelişen teknolojiler ile daha yüksek verimli eşanjörler kullanılarak düşük derinliklerde bile gerekli enerji sağlanabilmekte, dolayısı ile sonda maliyetleri önemli ölçüde azaltılabilmektedir.

Isı pompaları genelde 40-45 °C su sıcaklıklarını üretebilmektedir. Ancak yeni teknolojiler ile bu sıcaklık değerleri 80-90 °C değerlerine kadar çıkartılabiliyor. Bugün bazı firmaların yaptıkları ve ticari olarak da satılabilen 100-120 °C sıcaklıkta su üretebilen cihazlarda mevcut. Çok az sayıda firmanın özellikle endüstriyel koşullar için özel olarak ürettiği cihazlar ile 150 °C değere kadar sıcak su elde etmekte mümkün. Ancak sıcaklık arttıkça yatırım maliyetleri de hızlı bir şekilde yükselmektedir. En optimum çözüm düşük sıcaklıktaki uygulamalar ile mümkündür.

Mevcut teknolojide ticari olarak en verimli sistemler yüksek verimli çift eşanjörlü ve fanlar ve kompresörler için gelişmiş otomatik hız kontrol devrelerine sahip ünitelerdir. Bu tip toprak/su kaynaklı ısı pompalarının mevsimsel COP ve EER değerleri 6’nın da üzerine kolaylıkla çıkabilir.

c) Sektörün SWOT Analizi

Oldukça dinamik ve güçlü iklimlendirme sektörü, ısı pompaları yaygınlaştığı ve pazar olgunlaşmaya başladığı anda hem üretim hem uygulama anlamında talebe yanıt verecek düzeydedir. Ancak şu an için toprak ve su kaynaklı ısı pompalarının ülkede yaygınlaşmasının önündeki en önemli engel oldukça yüksek ilk kurulum maliyetleridir. Ayrıca özellikle bu alanda uzmanlaşmış uygulayıcı firma azlığı da dikkat çeken bir noktadır.

Bu noktada özellikle elektrik üretiminin yenilenebilir kaynaklardan ile karşılandığı ideal durumlarda, iklimlendirmenin de tamamen fosil yakıtlardan bağımsız olarak yapılması en optimum durumdur. Elektrik ile iklimlendirmede de verim anlamında lider sistemler toprak ve su kaynaklı ısı pompalarıdır. Bu paralelde ısı pompalarının hızlı bir şekilde yaygınlaşabilmesi için en önemli koşul, elektriğin neredeyse bedava ve güvenilir bir şekilde tedarik edilebiliyor olmasıdır. Elektrik birim fiyatları, fosil yakıtlardan daha pahalı olduğu durumlarda ısı pompasının yaygınlaşması çok daha zor olacaktır.

d) Gelecek Beklentileri ve Öneriler

Geleceğin iklimlendirme sistemlerinin ısı pompaları olacağı bir gerçektir. Buradaki en önemli argüman, gelecekte özellikle elektrik enerjisini yenilenebilir sistemler ile, özellikle güneş enerjisi sistemleri ile çok daha verimli ve ucuz bir şekilde üretilebilecek olmasıdır. Düşük fiyatlı/sınırsız elektrik üretimi karşısında sınırlı ve yüksek fiyatlı fosil yakıtlar çok daha tercih edilebilir olacaktır. Bu sayede, ısı pompası sistemlerinin operasyonel maliyetleri çok daha aşağı inecektir.

Yine teknolojik anlamda en önemli atılımların önce kompresör sistemlerinde, sonrasında da kontrol ve otomasyon sistemlerinde gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu sayede, yakın gelecekte, ticari ürünlerin de mevsimsel verimlerinin 7-8 civarına gelmesi beklenmektedir.

3.3.9. Fotovoltaik (PV) sistemleri

a) Pazar Büyüklüğü ve Yönelimleri

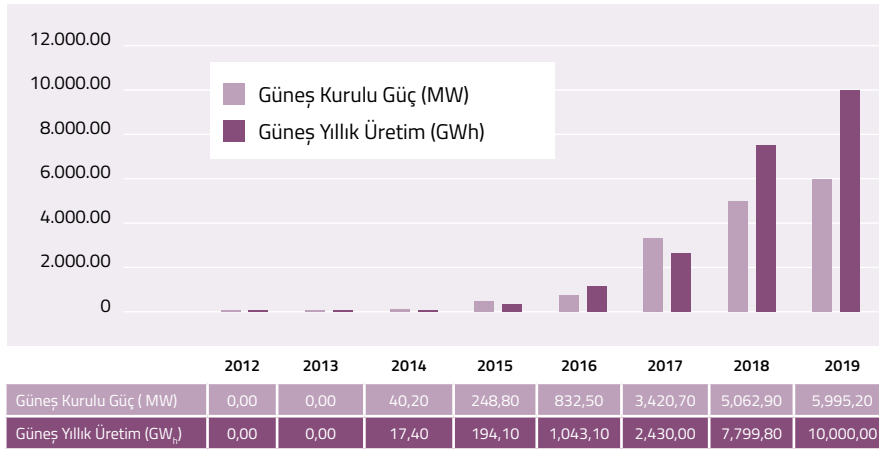
Türkiye, konumu gereği yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip bir ülkedir. Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) haritalarından da görüleceği üzere, yıllık toplam güneşlenme süresi yaklaşık 2.737 saat (günlük 7,5 saat), yıllık toplam güneş radyasyonu miktarı ise ortalama olarak 1.527 kWh/m² yıl (günlük 4,2 kWh/m²) civarındadır.



Şekil 3-42: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası

Özellikle YEKDEM tarifelerinin de açıklanması ile güneş enerjisi sistemleri çok hızlı yatırım çekerek toplam üretim içindeki paylarını hızlıca arttırmıştır. Ülkemizde lisanssız elektrik üretimi yapan santraller; küçük ölçekli, şebekeye ihtiyaç duyulmadan, sahibinin kendi öz tüketimini karşılayan veya şebekeye bağlantılı olup üretiminin ihtiyaç fazlasını şebekeye veren sistemler olarak kurgulanmıştır. Lisanssız elektrik üretimi için TEİAŞ güncel trafo kapasitelerini açıklamaktadır. 2019 yılı Mart ayı verilerine göre; Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik kapsamında, güneş ve rüzgâr enerjisinden lisanssız elektrik üretimine toplam 6.346,21 MW kapasite tahsis edilmiş, lisanssız güneş enerjisi santral kurulumu için kapasiteleri toplamı 6.191,92 MW olan çağrı mektubu verilmiştir¹⁰⁰.

Türkiye'nin toplam kurulu gücü yıldan yıla; nüfusa, artan ihtiyaçlara, ekonomik ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak artmaktadır. Türkiye'nin toplam kurulu gücü 2019 yılı sonu verilerine göre, bir önceki yıla oranla %3,07 artışla 91.267,0 MW'a ulaşmıştır. Kurulu güç içerisinde GES'lerin payı ise bir önceki yıla göre %18,41 artışla 5.995,2 MW'a ulaşmıştır¹⁰¹.



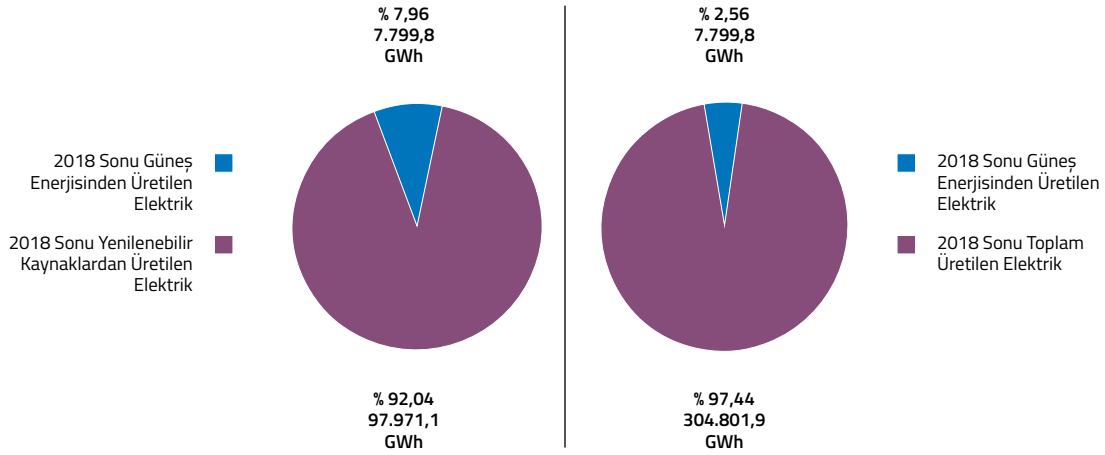
Şekil 3-43: GES'lerin toplam üretim miktarı¹⁰²

2018 sonu yılı itibari ile güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisi, toplam elektrik üretiminin yaklaşık %2,56'sı, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretimin ise %7,96'sına ulaşmıştır.

¹⁰⁰ https://www.enerjiportali.com/wp-content/uploads/2019/03/Lisanssiz_Kapasite_Tahsis_Tablosu_Mart-2019_1.pdf

¹⁰¹ Özgür, E, Türkiye'de Güneş Enerjisi, MMO

¹⁰² <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>



Şekil 3-44: GES'lerin toplam elektrik üretimi içindeki payı¹⁰³

1044 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile 10 kW'a kadar mesken, sanayi, ticarethane ve aydınlatma grubu aboneleri için kurulan çatı ve cephe uygulamalı güneş enerjisi kaynaklı tesislerde üretilen ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi için, EPDK tarafından ilan edilen kendi abone gurubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji birim fiyatı, tesisin işletmeye girişinden itibaren 10 yıl süreyle uygulanır. Diğer lisanssız elektrik üretim tesislerinden farklı olarak, tüketim tesisinin el değiştirmesi geçici kabul startı aranmaksızın üretim tesisi yeni tüketicie devredilebilecektir. Ancak devir işleminin gerçekleştirilebilmesi için yeni tüketici tarafından 30 gün içerisinde başvuruda bulunulması gerekmektedir. Geçici kabulü tamamlanarak işletmeye gecen üretim tesislerinde tüketicinin değişmesi halinde ise yeni tüketici tarafından tüketim aboneliği ile ilgili sözleşmelerin yapılması (perakende satış sözleşmesi ya da serbest tüketiciler için ikili anlaşma) ve ilgili şebeke işletmecisine başvurulması halinde, 2 gün içerisinde sistem kullanım anlaşması imzalanarak ihtiyaç fazlası enerjinin değerlendirilmesine ilişkin iş ve işlemler başlatılacaktır¹⁰⁴.

2019 yıl sonu verilerine göre çatı ve cephe uygulamalarına yapılan başvuruların toplam kapasitesi 622 MW'a ulaşmıştır. Bunlardan 610 MW'lık kısmı toplam 775 adet başvuru ile sanayi tesisleri için, 12 MW'lık kısmı ise 1.188 başvuru ile konutlar için yapılmıştır. Bu rakamların gelecekte daha da artacağı öngörülmektedir^{105 106}.

PV sistemlerindeki bu hızlı artışın aksine binalar sektörü özelinde bu hızda bir yaygınlaşma henüz gerçekleşmemiştir. Toplam kurulu güç içerisinde, bina sektörü kurulumları %1'in altındadır.

103 <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>

104 <http://lisans.epdk.org.tr/epvys-web/faces/pages/lisans/elektrikUretim/elektrikUretimOzetSorgula.xhtml>

105 https://yesilekonomi.com/sanayi-tesislerinin-lisanssiz-ges-basvurusu-600-mwi-asti/?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=gunes_enerjisi_buelteni&utm_term=2020-01-15

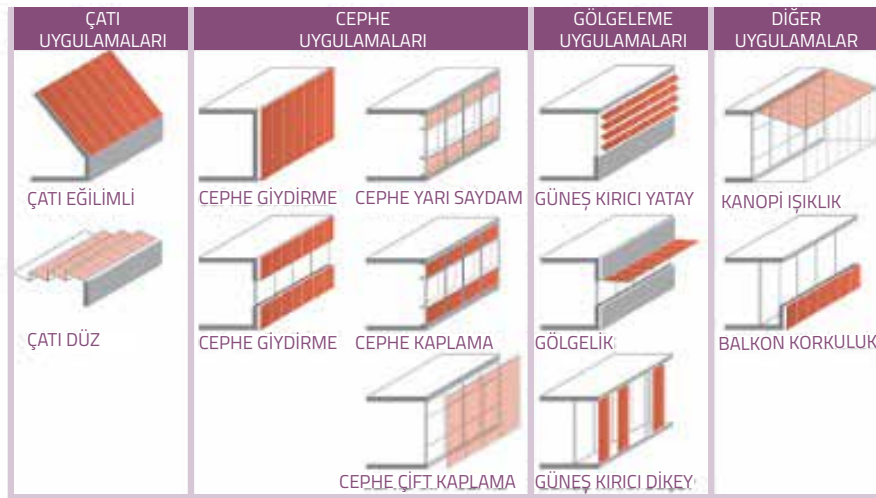
106 Özgür, E, Türkiye'de Güneş Enerjisi, MMO

b) Teknolojik Gelişmeler ve Yönelimler

Enerjinin tüketim noktasında üretimi prensibinin uygulanabilmesi için en büyük gelecek vadeden sistemler PV sistemleridir. Bu raporun konusu olan binalar sektörü özelinde PV sistemlerinin entegrasyonu şu farklı formlarda yaygın olarak yapılabilmektedir:

- Kristal Silikon Paneller: En yaygın kullanıma sahip kristal silikon paneller, hızlı bir şekilde ucuzlayan fiyatları ve artan verimleri sayesinde en rekabetçi sistemler olarak öne çıkmaktadır. Piyasada %16'nın üstünde verime sahip paneller oldukça yaygındır.
- Amorf Kristal silikon ince film: İnce film teknolojisinin en önemli avantajları saydamlığı ve esnek yapısı nedeniyle cephe veya diğer mimari elemanlarda kullanılabilir. Amorf kristal ince film en uygun fiyatlı ince film olarak öne çıkmaktadır ancak %7 civarı düşük bir verime sahiptir.
- CIGS (Bakır İndiyum Galyum Selenür) temelli ince film: CIGS ince film, amorf teknolojisinin aksine, klasik kristal silikon temelli PV sistemlerinin verimlerine ulaşabilmekte (%16-18), aynı zamanda şeffaf ve esnekliği sayesinde her türlü mimari uygulamada kullanılabilir. Ancak yüksek fiyatı dolayısı ile hızlı yaygınlaşmamıştır.
- Organik PV sistemleri: Binalarda mimari entegrasyon açısından en uygun teknolojik gelişmeler organik temelli PV panel yapılarında ortaya çıkmaktadır. Bu tip panellerde saydamlık diğer tüm teknolojilerden fazla sağlanabilmektedir. Ayrıca şu anda verim olarak %11-12 civarlarında olsa da teknolojik açıdan geliştirilmeye çok uygundur ve önümüzdeki yıllarda hızla yaygınlaşması beklenmektedir.

Binalar özelinde PV sistemleri aşağıdaki şekilde entegre edilebilir:



Şekil 3-45: Binaya entegre PV sistemlerinin uygulama alanları¹⁰⁷

¹⁰⁷ Ekoyapidergisi, <http://www.ekoyapidergisi.org/243-binaya-entegre-fotovoltaik-sistemlerin-mimaride-kullanimlari.html>.

Binaya entegre PV sistemleri, elektrik üretiminin yanı sıra birçok farklı noktada da fayda sağlamaktadır:

- Isı yalıtımı
- Güneş kontrolü
- Ses yalıtımı
- Gün ışığı kontrolü
- Görsel konfor

c) Sektörün SWOT Analizi

Türkiye, yasal altyapı anlamında gerekli atılımları yapmıştır. Şu anda konutlarda dahi şebekeye entegre PV sistemleri uygulanabilir haldedir. Binalar sektörü özelinde mevcut durumda en önemli kısıtlayıcı nokta yüksek yatırım maliyetleridir. Yerel üretim miktarı ve çeşidi hızla artıyor olmasına rağmen bu noktada henüz mevcut olmayan teşvik mekanizmaları binalarda bu sistemlerin yaygınlaşmasını yavaşlatmaktadır. Ancak önümüzdeki dönemlerde ucuzlaması kesin olan bina entegre PV çözümleri sayesinde önümüzdeki yıllarda PV sistemlerinin binalarda da hızlı bir yükselişe geçeceği tahmin edilmektedir.

d) Gelecek Beklentileri ve Öneriler

Bina entegre PV sistemleri, gelecekte kritik öneme sahip teknolojilerin başında gelmektedir. Yerde üretim prensibi ile tüm binaların ihtiyacı olan enerjiyi kendisi üretmesi beklendiğinden, bu noktada en verimli sistemler PV sistemleri olarak ortaya çıkacaktır.

Hızla devam eden teknolojik gelişmeler sayesinde, önümüzdeki yıllarda özellikle bina entegreli PV sistemleri konusunda oldukça hızlı bir yaygınlaşma yaşanacağı öngörülmektedir. Özellikle çalışılan konulardan, PV temelli saydam cam sistemlerinde ticari olarak ulaşılan verimler her sene katlanarak artmaktadır. Yine benzer şekilde PV tabanlı çatı kiremitleri de hem görsel anlamda beklentileri karşılamakta hem de enerji üretimine katkıda bulunmaktadır. Bu noktada, önümüzdeki yıllarda, bina cephe sistemlerinde kullanılan tüm malzemelerin yerini, PV tabanlı, güneşi absorbe edebilen sistemler alması öngörülebilmektedir. Asıl önemli nokta ise, tıpkı klasik PV sistemlerinde geçmiş yıllarda olduğu gibi, bu tip sistemlerin fiyatlarındaki exponansiyel azalma olacaktır.

4

Türkiye'deki Binalara Yönelik Enerji Verimliliği-Genişletilmiş Senaryo Analizi 2050

4.1 Arka Plan Ve Hedefler

- Raporun bu kısmında hedef kamu binalarında enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik yasal, teknik ve idari ön gerekliliklerin geliştirilmesidir.
- Bu çalışmanın bir parçası olarak, 2050'ye kadar farklı teknik önlemlerden elde edilecek potansiyel emisyon tasarruflarının bir değerlendirmesine yer verilmiştir.
- Sonuçlar, politika için karar alıcılara, bir sonraki Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP) için potansiyel girdi olarak konu ile ilgili ve mantığa dayalı bilgiler vermeli ve böylece bina sektörü için iklim hedeflerinin somutlaştırılmasına yardımcı olmalıdır.
- Mevcut hedefler, Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkılarda (INDC) ve UE VEP'de tanımlanmıştır:
 - o INDC: "2030'a kadar Sera Gazı (SG) emisyonlarında Olağan Durum (OD) seviyesinden %21'e kadar azalma, Türkiye'nin küresel sıcaklıktaki artışı 2°C'nin altına düşürmeye yönelik uzun vadeli hedefle uyumlu düşük karbonlu kalkınma yollarına adım atmasını sağlayacaktır."
 - o UEVEP: "2017-2023 döneminde uygulanacak olan UEVEP kapsamında, Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin 2023 yılına kadar %14 oranında azaltılması hedeflenmektedir..."

Araştırma sorusu: **Aşağıdan yukarıya doğru bir analize dayalı olarak ve enerji tasarrufları ve önlemlerin maliyet etkinliği dikkate alındığında, 2050 yılına kadar hangi hedeflere makul olarak ulaşılabilir?**

- Bu amaçla, çeşitli senaryolar geliştirilecektir:
 - o Yeni inşaat, yıkım ve yenileme faaliyetlerinin çeşitliliğini dikkate alarak,
 - o Piyasada yer alan inşaat tekniklerine uyararak ve
 - o Bir Olası Durum (OD) temeline kıyasla binaların enerji performansını iyileştirmeye yönelik farklı teknik önlem kombinasyonlarına yer verilecektir.
- **Kapsam:**
 - o **Konut ve konut dışı** bina sektöründeki gelişmeler,

- o Temsili olarak dikkate alınmak üzere, her biri, iki konut ve iki konut dışı bina tipi içeren bir referans bina grubu ile karakterize ve analiz edilen tek haneli konut, çok haneli konut, ofis binası ve eğitim binası.
- o Zaman dilimi: en yakın tarihli istatistik verileri mevcut olan temel yıl, **2018 - 2050** arası

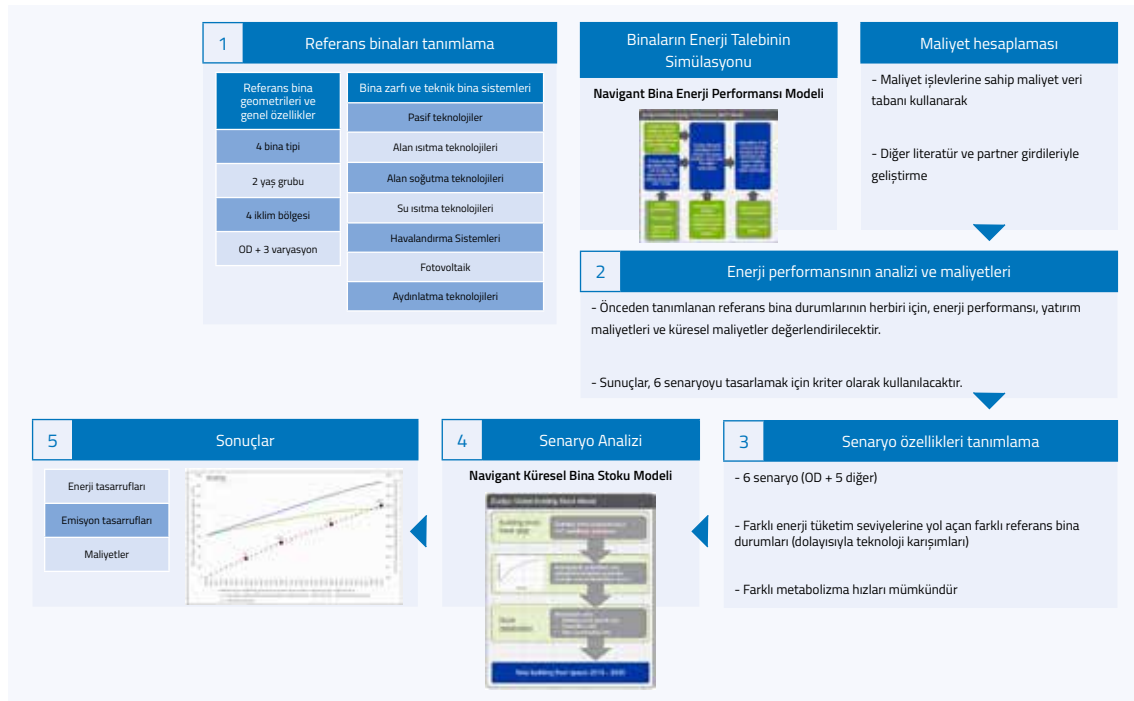
4.2 Metodoloji

Genel yaklaşım, uygun şekilde aşağıdaki alt bölümlerin yapısını oluşturan 4 ana çalışma adımından oluşmaktadır. Bu 4 adım, şunları içermektedir:

1. Referans veya ortalama binaların tanımı
2. Enerji performansının analizi ve ortalama binaların her birinin maliyetleri
3. Senaryo özelliklerinin tanımı
4. Senaryo analizi

Bu adımlara dayalı olarak, birincil enerji, emisyon ve maliyetlerin sonuçları hesaplanabilmekte olup, bunlar bölüm 4.2.4.1'de sunulmuştur.

Aşağıdaki resimde ilgili yaklaşım gösterilmiştir:



Şekil 4-1: Genel görev yaklaşımının resmi

4.2.1. Ortalama bina özellikleri

Hesaplamalarda kullanılan ortalama bina özellikleri şu şekildedir:

- 4 bina tipi (tek haneli konut, çok haneli konut, ofis binası ve eğitim binası),
- 2 yaş grubu (yeni + mevcut binalar),
- TS825'e göre 4 iklim bölgesi; İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum referans iklim olarak seçilmiştir,
- OD + talep ve arz tarafındaki farklı teknik önlem ve azim seviyesi kombinasyonlarını temsil eden 3 varyasyon

Bu şekilde toplam 128 durum tanımlanmıştır. Model kalibrasyonu amacıyla ve sonuçların genel stok enerji talebini nasıl beslediğini sonradan gösterme imkânı için, her mevcut bina tipi ve bölgesi için yine de iki adet ilave ortalama bina durumu eklenmiştir. Toplamda 4 bölgedeki 4 bina tipi için iki ilave durum eklediğimizden, ilave durumların toplam sayısı $4 \times 4 \times 2 = 32$ 'ye ulaştı. Dolayısıyla, durumların toplam sayısı 160'a ulaşmıştır.

Aşağıdaki önlem gruplarından Türkiye'de yaygın olarak kullanılan ilgili bina sistemleri ve teknolojileri, ortalama bina durumları ve dolayısıyla senaryoları için seçilmiştir:

- Pasif teknolojiler (yalıtım, pencereler, gölgeleme)
- Isıtma sistemleri
- Soğutma sistemleri
- Sıhhi sıcak su sistemleri
- Mekanik havalandırma sistemleri
- Fotovoltaikler
- Aydınlatma Sistemleri

4 iklim bölgesinin her biri için, aşağıdaki tabloda sunulan aynı referans bina geometrilerinin kullanılması kararlaştırılmıştır.

Tablo 4-1: Ortalama binalar – Mevcut binalar

Parametre	Birim	THK	ÇHK	Ofis	Eğitim binası
Kat Sayısı	-	2	4	5	5
Konut sayısı	-	1	12	10	12
Net zemin yüksekliği (Zeminden tavana)	m	2,50	2,60	2,80	3,00
Net zemin alanı (yani yaşam alanı)	m ²	120,00	1.156,00	1.500,00	3.300,00
Opak çatı alanı	m ²	60,00	289,00	300,00	660,00
Opak cephe alanı (camlar hariç)	m ²	141,40	647,36	863,00	1.414,00
Kuzeye bakan cephe alanı	m ²	44,20	161,84	246,50	408,00
Doğuya bakan cephe alanı	m ²	26,50	161,84	185,00	299,00
Güneye bakan cephe alanı	m ²	44,20	161,84	246,50	408,00
Batiya bakan cephe alanı	m ²	26,50	161,84	185,00	299,00
Pencere alanı (Toplam = saydam + çerçeve)	m ²	25,00	114,24	153,00	248,00
Kuzeye bakan pencere alanı	m ²	7,80	28,56	43,50	72,00
Doğuya bakan pencere alanı	m ²	4,70	28,56	33,00	52,00
Güneye bakan pencere alanı	m ²	7,80	28,56	43,50	72,00
Batiya bakan pencere alanı	m ²	4,70	28,56	33,00	52,00
Yatay yönlendirilmiş pencere alanı	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
Taban alanı	m ²	60,00	289,00	300,00	660,00

Tablo 4-2: Ortalama binalar – Yeni binalar

Parametre	Birim	THK	ÇHK	Ofis	Eğitim binası
Kat Sayısı	-	2	6	5	5
Konut sayısı	-	1	12	10	24
Net zemin yüksekliği (Zeminden tavana)	m	2,80	2,80	3,00	3,00
Net zemin alanı (yani yaşam alanı)	m ²	162,00	1.400,00	2.420,00	6.060,00
Opak çatı alanı	m ²	81,00	233,33	484,00	1.300,00
Opak cephe alanı (camlar hariç)	m ²	175,40	873,00	1.056,00	1.692,80
Kuzeye bakan cephe alanı	m ²	43,85	218,25	264,00	455,00
Doğuya bakan cephe alanı	m ²	43,85	218,25	264,00	325,00
Güneye bakan cephe alanı	m ²	43,85	218,25	264,00	510,00
Batiya bakan cephe alanı	m ²	43,85	218,25	264,00	402,20
Pencere alanı (Toplam = saydam + çerçeve)	m ²	26,20	154,00	352,00	707,20
Kuzeye bakan pencere alanı	m ²	6,55	38,50	88,00	285,00
Doğuya bakan pencere alanı	m ²	6,55	38,50	88,00	134,40
Güneye bakan pencere alanı	m ²	6,55	38,50	88,00	230,00
Batiya bakan pencere alanı	m ²	6,55	38,50	88,00	57,80
Yatay yönlendirilmiş pencere alanı	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
Taban alanı	m ²	81,00	233,33	484,00	1.300,00

Tanımlanmış bina kabuğu ve daha genel bir seviyede teknik bina sistemi özellikleri, aşağıdaki iki tabloda sunulmuştur.

Tablo 4-3: Mevcut bina stokundaki ortalama bina özellikleri (bina kabuğu ve teknik bina önlemleri)

#	İklim -1 (İzmir)	İklim -2 (İstanbul)	İklim -3 (Ankara)	İklim (Erzurum)
OD	▪ Kabuk: TS825	▪ Kabuk: TS825	▪ Kabuk: TS825	▪ Kabuk: TS825
	▪ Alan ısıtma: Gaz yoğunlaşmaz kazan + FESH	▪ Alan ısıtma: Gaz yoğunlaşmaz kazan + kömür sobası	▪ Alan ısıtma: Gaz yoğunlaşmaz kazan + kömür sobası	▪ Alan ısıtma: Gaz yoğunlaşmaz kazan + kömür sobası
	▪ Sıcak su: Gaz yoğunlaşmaz + solar termal	▪ Sıcak su: Gaz yoğunlaşmaz + solar termal	▪ Sıcak su: Gaz yoğunlaşmaz + elektrikli	▪ Sıcak su: Gaz yoğunlaşmaz + elektrikli
	▪ Soğutma: Düşük verimlilik	▪ Soğutma: Düşük verimlilik	▪ Soğutma: Düşük verimlilik	▪ Soğutma: Hayır
	▪ Havalandırma: serbest	▪ Havalandırma: serbest	▪ Havalandırma: serbest	▪ Havalandırma: serbest
	▪ PV: Hayır	▪ PV: Hayır	▪ PV: Hayır	▪ PV: Hayır
	▪ Aydınlatma sistemi: CFL / LFL	▪ Aydınlatma sistemi: CFL / LFL	▪ Aydınlatma sistemi: CFL / LFL	▪ Aydınlatma sistemi: CFL / LFL
OD+ (C'den B seviyesine geçiş)	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş
	▪ Alan ısıtma: IP (AW)	▪ Alan ısıtma: IP (AW)	▪ Alan ısıtma: IP (AW)	▪ Alan ısıtma: IP (AW)
	▪ Sıcak su: Gaz yoğunlaşmaz	▪ Sıcak su: Gaz yoğunlaşmaz	▪ Sıcak su: Gaz yoğunlaşmaz	▪ Sıcak su: Gaz yoğunlaşmaz
	▪ Soğutma: Standart verimlilik	▪ Soğutma: Standart verimlilik	▪ Soğutma: Standart verimlilik	▪ Soğutma: Hayır
	▪ Havalandırma: Doğal	▪ Havalandırma: Doğal	▪ Havalandırma: Doğal	▪ Havalandırma: Doğal
	▪ PV: Hayır	▪ PV: Hayır	▪ PV: Hayır	▪ PV: Hayır
	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED
Yenilenebilir tip (RV)	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş (OD+ ile aynı)	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş (OD+ ile aynı)	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş (OD+ ile aynı)	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş (OD+ ile aynı)
	▪ Alan ısıtma: IP	▪ Alan ısıtma: IP	▪ Alan ısıtma: IP	▪ Alan ısıtma: IP
	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla
	▪ Soğutma: İyileştirilmiş verimlilik	▪ Soğutma: İyileştirilmiş verimlilik	▪ Soğutma: İyileştirilmiş verimlilik	▪ Soğutma: Hayır
	▪ Havalandırma: serbest	▪ Havalandırma: serbest	▪ Havalandırma: serbest	▪ Havalandırma: ısı geri kazanımlı mekanik sistem (MEİT)
	▪ PV: Evet	▪ PV: Evet	▪ PV: Evet	▪ PV: Evet
	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED

Neredeyse sıfır enerjili bina (NZEB)	▪ Kabuk: Önemli ölçüde iyileştirilmiş (pasif ev seviyesi)	▪ Kabuk: Önemli ölçüde iyileştirilmiş (pasif ev seviyesi)	▪ Kabuk: Önemli ölçüde iyileştirilmiş (pasif ev seviyesi)	▪ Kabuk: Önemli ölçüde iyileştirilmiş (pasif ev seviyesi)
	(pasif ev seviyesi)	(pasif ev seviyesi)	(pasif ev seviyesi)	(pasif ev seviyesi)
	▪ Alan ısıtma: IP (MEİT)	▪ Alan ısıtma: IP (MEİT)	▪ Alan ısıtma: IP (MEİT)	▪ Alan ısıtma: IP (MEİT)
	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla
	▪ Soğutma: MEİT	▪ Soğutma: MEİT	▪ Soğutma: MEİT	▪ Soğutma: Hayır
	▪ Havalandırma: ısı geri kazanımlı mekanik sistem (MEİT)	▪ Havalandırma: ısı geri kazanımlı mekanik sistem (MEİT)	▪ Havalandırma: ısı geri kazanımlı mekanik sistem (MEİT)	▪ Havalandırma: ısı geri kazanımlı mekanik sistem (MEİT)
	▪ PV: Evet	▪ PV: Evet	▪ PV: Evet	▪ PV: Evet
	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED

Tablo 4-4: Yeni inşaatların ortalama bina özellikleri (bina kabuğu ve teknik bina önlemleri)

#	İklim -1 (İzmir)	İklim -2 (İstanbul)	İklim -3 (Ankara)	İklim (Erzurum)
OD	▪ Kabuk: TS825	▪ Kabuk: TS825	▪ Kabuk: TS825	▪ Kabuk: TS825
	▪ Alan ısıtma: Gaz yağışmalı kazan	▪ Alan ısıtma: Gaz yağışmalı kazan	▪ Alan ısıtma: Gaz yağışmalı kazan	▪ Alan ısıtma: Gaz yağışmalı kazan
	▪ Sıcak su: Gaz yağışsız	▪ Sıcak su: Gaz yağışsız	▪ Sıcak su: Gaz yağışsız	▪ Sıcak su: Gaz yağışsız
	▪ Soğutma: Standart verimlilik	▪ Soğutma: Standart verimlilik	▪ Soğutma: Standart verimlilik	▪ Soğutma: Hayır
	▪ Havalandırma: Doğal	▪ Havalandırma: Doğal	▪ Havalandırma: Doğal	▪ Havalandırma: Doğal
	▪ PV: Hayır	▪ PV: Hayır	▪ PV: Hayır	▪ PV: Hayır
	▪ Aydınlatma sistemi: CFL / LFL	▪ Aydınlatma sistemi: CFL / LFL	▪ Aydınlatma sistemi: CFL / LFL	▪ Aydınlatma sistemi: CFL / LFL
OD+ (C'den B seviyesine geçiş)	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş
	▪ Alan ısıtma: IP (AW)	▪ Alan ısıtma: IP (AW)	▪ Alan ısıtma: IP (AW)	▪ Alan ısıtma: IP (BW)
	▪ Sıcak su: Gaz**	▪ Sıcak su: Gaz	▪ Sıcak su: Gaz	▪ Sıcak su: Gaz
	▪ Soğutma: Standart verimlilik	▪ Soğutma: Standart verimlilik	▪ Soğutma: Standart verimlilik	▪ Soğutma: Hayır
	▪ Havalandırma: serbest	▪ Havalandırma: serbest	▪ Havalandırma: serbest	▪ Havalandırma: serbest
	▪ PV: Hayır	▪ PV: Hayır	▪ PV: Hayır	▪ PV: Hayır
	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED

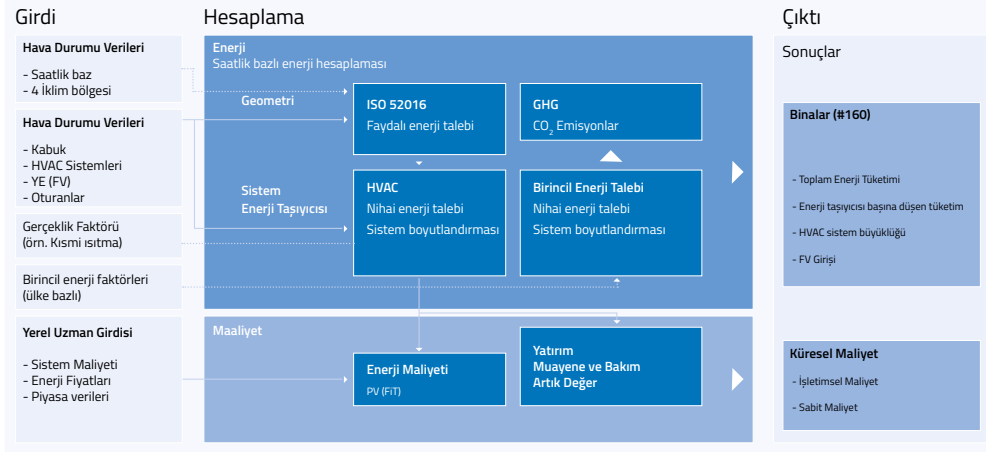
Yenilenebilir tip (RV)	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş (OD+ ile aynı)	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş (OD+ ile aynı)	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş (OD+ ile aynı)	▪ Kabuk: Biraz iyileştirilmiş (OD+ ile aynı)
	▪ Alan ısıtma: IP	▪ Alan ısıtma: IP	▪ Alan ısıtma: IP	▪ Alan ısıtma: IP (BW)
	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla
	▪ Soğutma: İyileştirilmiş verimlilik	▪ Soğutma: İyileştirilmiş verimlilik	▪ Soğutma: İyileştirilmiş verimlilik	▪ Soğutma: Hayır
	▪ Havalandırma: Doğal	▪ Havalandırma: Doğal	▪ Havalandırma: Doğal	▪ Havalandırma: ısı geri kazanımlı mekanik sistem (MEİT)
	▪ PV: Evet	▪ PV: Evet	▪ PV: Evet	▪ PV: Evet
	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED
Neredeyse sıfır enerjili bina (NZEB)	▪ Kabuk: Önemli ölçüde iyileştirilmiş (pasif ev seviyesi)	▪ Kabuk: Önemli ölçüde iyileştirilmiş (pasif ev seviyesi)	▪ Kabuk: Önemli ölçüde iyileştirilmiş (pasif ev seviyesi)	▪ Kabuk: Önemli ölçüde iyileştirilmiş (pasif ev seviyesi)
	▪ Alan ısıtma: IP (MEİT)	▪ Alan ısıtma: IP (MEİT)	▪ Alan ısıtma: IP (MEİT)	▪ Alan ısıtma: IP (MEİT)
	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla	▪ Sıcak su: birincil sistem (IP) + solar termal aracılığıyla
	▪ Soğutma: MEİT	▪ Soğutma: MEİT	▪ Soğutma: MEİT	▪ Soğutma: Hayır
	▪ Havalandırma: ısı geri kazanımlı mekanik sistem (MEİT)	▪ Havalandırma: ısı geri kazanımlı mekanik sistem (MEİT)	▪ Havalandırma: ısı geri kazanımlı mekanik sistem (MEİT)	▪ Havalandırma: ısı geri kazanımlı mekanik sistem (MEİT)
	▪ PV: Evet	▪ PV: Evet	▪ PV: Evet	▪ PV: Evet
	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED	▪ Aydınlatma sistemi: LED

4.2.2. Enerji performansının analizi ve ortalama binaların her birinin maliyetleri

Guidehouse Bina Enerji Performansı (BEP) Modeli ile enerji talebi, emisyon ve maliyet hesaplamaları yapılmıştır. Bu araç, enerji talebinin (faydalı, nihai ve birincil enerji) ve sera gazı emisyonlarının yanında, binalara yönelik çeşitli enerji verimliliği önlemlerinin maliyetlerinin hesaplanmasını sağlar. Bu; ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerine, PV/ solar termal, yalıtım ve gölgeleme önlemlerine yönelik yatırımları, aynı zamanda bakımlarını ve hesaplama süresinde meydana gelen enerji maliyetlerini içerir. PV girişi yoluyla yapılan yatırım ve kazançların potansiyel artık değerleri, maliyetlerde dikkate alınır.

4.2.2.1. Modelin Açıklaması

Şekil 4-2’de girdiler, hesaplama adımları ve mevcut durumdaki ilgili sonuçlar gösterilmiştir.



Şekil 4-2: BEP aracı genel görünümü

Bina enerji performansına yönelik ilgili girdiler; kabuk geometrileri, yaşayanların sayısı, varsayılan işletim parametreleri ve dikkate alınacak HVAC sistemleridir. İklim verileri, tüm enerji hesaplaması gibi, saatlik bazdadır ve Meteororm 7¹⁰⁸'den alınmıştır. Ayrıca, ülkenin birincil enerji faktörleri ve bir gerçeklik faktörü, zorunlu girdi parametreleridir. Tüketim, bir binanın hesaplanan enerji talebine eşit olmadığından (ki bu normaldir), gerçeklik faktöründe, iklimlendirilen (ısıtılan ve soğutulan) bina biriminin ortalama payını temsil eden bir iklimlendirme faktörü de dahil olmak üzere çok yüksek enerji maliyetlerinden kaçınmak için tipik kullanıcı davranışı dikkate alınmıştır. Birçok düşük gelirli hane halkı, ülkenin soğuk bölgelerinde yaşıyor ve evlerini ısıtmak için sınırlı mali imkanlara sahiptir. Bu durumlarda, çoğu zaman binanın tüm kısımları aynı şekilde ısıtılmıyor ve insanlar tüm ısıtma dönemi boyunca binalarını örneğin 20°C’de ısıtmamaktadır. Genellikle yatak odaları, mutfaklar, banyolar vs. alanlarda ısıtma veya soğutma yapılmamaktadır. Dolayısıyla, teorik talep ile gerçek tüketim arasında önemli bir tutarsızlık meydana gelebilmektedir.

Takip eden maliyet hesaplaması, sistem yatırım maliyeti ve enerji fiyatlarına ve fiyat artış varsayımlarının yanında ülkenin enflasyon ve faiz oranına dayalıdır.

Enerji hesaplamasının ilk adımı; iklim koşullarının yanı sıra bina kabuğuna, iç ısı kazanımlarına ve işletim parametrelerine bağlı olan faydalı enerji talebinin belirlenmesidir. Bu adım, bina hesaplama normuna yönelik uluslararası standarda (ISO 52016) göre hesaplanır. Sonuç olarak, nihai enerji talebi, tanımlanan HVAC sistemine göre belirlenir. Sistemlerin boyutlandırılması, faydalı enerji talebi ve bina büyüklüğü dikkate alınarak araç tarafından hesaplanır. Gerçeklik

¹⁰⁸ <https://meteornorm.com/en/>

faktöründe, yenilenmeyen veya kısmen yenilenen binalarda, ısıtma ve soğutma davranışlarını uyarladıklarından, gerçek enerji tüketiminin ISO normu ile hesaplanan değerden genellikle daha düşük olduğu dikkate alınır.

Ardından, **maliyetler** belirlenir. Enerji maliyetleri nihai enerji tüketimine ve enerji fiyatlarına dayalıyken, Yatırım, Kurulum & Bakım ve artık değerler, yatırım maliyetine ve sistem tipi ile büyüklüğüne bağlıdır. Maliyetler; sırasıyla enerji taşıyıcısı başına düşen enerji fiyat artışları ve bir enflasyon oranı dikkate alınarak, seçilen bir dönem boyunca yıllık olarak hesaplanır. Daha sonra, yıllık değerler, tanımlanmış bir faiz oranı ile her yılın net bugünkü değeri kullanılarak toplanır.

4.2.2.2. Stokta Enerji Tüketimi ve Model Kalibrasyonu

Türkiye'nin konut ve ticari hizmetler ve kamu hizmetleri sektöründeki enerji taşıyıcılarına da bölünen toplam enerji tüketimine ilişkin bilgiler, EUROSTAT'dan alınmıştır. Birkaç çalışmadan yararlanarak (Utlu & Hepbaşlı (2003), Nishimura ve ark. (2011), Elsland ve ark., 2014, BMKP & GEF (2011)), toplam enerji tüketimi farklı enerji kullanımına tahsis edilmiş ve sonuçlar diğer ülkelerden edinilen kıstaslarla karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, iki sektördeki mevcut alan ısıtma ve alan soğutma tüketimini hesaplamak ve tanımlamak mümkün olmuştur. Bu değerler, BEP modelinin çeşitli hesaplama parametrelerini kalibre etmek için kullanılmıştır. Bu amaçla ve bölüm 4.2.2.1'de hali hazırda kısaca açıklandığı gibi, Türkiye'nin mevcut bina stokunu temsil eden daha fazla sayıda ortalama bina durumu eklenmiştir. Bu değişkenlerle ve hali hazırda 2008'den beri TS825 standardına göre inşa edilmiş olan bina payı da dahil olmak üzere stoktaki varsayılan paylarıyla, tüketim neredeyse %100'e kadar değiştirilebilir. (± 1).

4.2.3. Senaryo Özelliklerinin Tanımı

Senaryolar, farklı teknoloji kombinasyonlarıyla ortalama bina durumlarının enerji performansı ve maliyet özelliklerinin daha önce açıklanan analizine dayalı olarak, bu çalışmada analiz edilecek 6 senaryonun özellikleri tanımlanmıştır. 6 senaryonun her birinin açıklamalarına aşağıdaki tabloda yer verilmiştir.

Tablo 4-5: Senaryo açıklamaları

#	Senaryonun adı	Senaryonun açıklaması
S1	OD senaryosu (%100 EPC sınıf C)	OD senaryosunda, yalnızca önceden tanımlanmış Olağan Durum (OD) ortalama bina tipleri dikkate alınacaktır. OD ortalama bina tipleri mevcut durumu sunduğundan (temel yıldaki = 2017), OD senaryosu dolayısıyla bir "Sabitlenmiş teknoloji referans senaryo" (FTRS) olacaktır; yani, senaryo, piyasa koşullarının değişmemesi ve binaların bugün hali hazırda inşa edilmiş oldukları gibi kalması durumunda ne olacağını analiz eder. Dolayısıyla, OD senaryosunun diğer senaryolarla karşılaştırılması, değişen inşaat özelliklerinin potansiyel etkisini gösterecektir (örn. imar mevzuatını veya destek şemaları gibi diğer piyasa tetikleyicilerini sıkılaştırarak).
S2	OD+ senaryosu (Gerçekçi senaryo)	OD+ Senaryosu (gerçekçi senaryo), Türkiye'nin bina sektörü için, tüm önceden tanımlanmış ortalama bina tiplerini göz önünde bulunduran, ancak zaten farklı politika etkileşimleri (örn. insanların binalarını biraz daha iddialı bir şekilde inşa etmeye motive etmek üzere yeni destek şeması olduğu varsayılan gerçekçi görünen (ulaşılabilir = çok iddialı değil) gelişmeleri (farklı bina tiplerinin payları) göz önünde bulunduran bir yol sunacaktır. Sonuç olarak, gerçekçi senaryoda OD durumlarının önemli bir kısmı kullanılmaya devam edilecek, ancak diğer daha iddialı bina tipleri ile de birleştirilecektir.
S3	İddialı senaryo (karma durumlar, OD yok)	"İddialı senaryo", Türkiye'nin bina sektörü için, tüm önceden tanımlanmış ortalama bina tiplerini göz önünde bulunduran, ancak piyasa koşullarının progresif bir şekilde geliştiğini (örn. imar mevzuatının iddialı bir şekilde sıkılaştırılması ve başarılı destek şemalarının uygulanması) varsayan bir yol sunacaktır. Sonuç olarak, iddialı senaryo, OD binalarının inşa edilmesinden veya yenilenmesinden tamamen kaçınacak, buna karşılık, bunların yerini yenilenebilir enerji tiplerinin ve hatta NZEB'nin (Neredeyse Sıfır Enerjili Bina) önemli paylarıyla birleştirilen OD+ binalarının aldığını varsayacaktır.
S4	Sınıf B senaryosu (%100 EPC sınıf B)	S4, S5 ve S6 senaryoları, münferit bina tipi yolları hakkında bilgi verecektir. Amaç, yalnızca bu tipteki binaların yeni inşa edileceğini ve yenileneceğini varsayarak, belirli tiplerin potansiyel faydalarını analiz etmektir. Dolayısıyla, bu senaryolar, muhtemelen gerçekte oluşmayacak fakat dikkate alınan bina tiplerinin ekonomik ve çevresel potansiyeli hakkında değerli bilgiler edinmeye yardımcı olacak daha yapay yollar sunmaktadır.
S5	Yenilenebilir Enerji senaryosu	"Yenilenebilir Enerji Senaryosu"nda yalnızca, U-değerleri daha fazla sıkılaştırılmadan açık bir şekilde ısı pompalarına ve güneş teknolojilerine odaklanan yenilenebilir enerji tipindeki önceden tanımlanmış ortalama binalar dikkate alınacaktır. Bu şekilde, bu senaryo "Sınıf B Senaryosu" ile karşılaştırıldığında daha iddialı senaryonun yenilenebilir enerjiye dayanan ısıtma (ve soğutma) sistemleri üzerindeki etkisi açık bir şekilde sunulacaktır. Dolayısıyla bu senaryo, örneğin tüm bina için yenilenebilir enerji teknolojileriyle az çok ulaşılabilir olan çok daha düşük birincil enerji talepleri gerektiren bir imar mevzuatı revizyonu aracılığıyla belirli politika etkileşimlerini gerekli kılan potansiyel bir yolu temsil edecektir.
S6	NZEB senaryosu (%100 Mevcut en iyi teknolojiler)	"NZEB Senaryosu", ulaşılabilir enerji ve sera gazı emisyon tasarrufları bakımından en iddialı yolu temsil edecek olmakla birlikte, muhtemelen en yüksek küresel maliyetlere de yol açacaktır. Yine de, bina sektöründe mümkün olan ulaşılabilir enerji tasarruflarının veya emisyon azaltımlarının üst ucunu belirleyecektir. Bu senaryoda yalnızca ciddi anlamda azaltılmış u-değerlerini ve Mevcut En İyi Teknolojilerin (MEİT) iddialı bir karışımını kabul eden NZEB tipi ortalama binalar dikkate alınacaktır.

6 senaryoda, farklı enerji azaltım seviyelerine ve ilgili maliyetlere (OD + 5 diğer senaryo) yol açan farklı ortalama bina durumu (dolayısıyla teknoloji karışımları) ve bu binaların toplam içinde payları dikkate alınmıştır. Senaryo bazında farklı ortalama bina durumlarının payları, aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Tablo 4-6: Senaryo bazında farklı ortalama konut binası durumlarının payları

Konut

		Varyant 1	Varyant 2	Varyant 3	Varyant 4
Yeni inşaatlar		OD	OD+ (C'den B seviyesine geçiş)	Yenilenebilir tip (RV)	Neredeyse sıfır enerjili bina (NZEB)
S1	OD senaryosu (%100 EPC sınıf C)	%100			
S2	OD+ senaryosu (Gerçekçi senaryo)	%60	%25	%10	%5
S3	İddialı senaryo (karma durumlar, OD yok)	%0	%50	%30	%20
S4	Sınıf B senaryosu (%100 EPC sınıf B)		%100		
S5	Yenilenebilir Enerji senaryosu			%100	
S6	NZEB senaryosu (%100 Mevcut en iyi teknolojiler)				%100

		Varyant 1	Varyant 2	Varyant 3	Varyant 4
Yenilemeler		OD	OD+ (C'den B seviyesine geçiş)	Yenilenebilir tip (RV)	Neredeyse sıfır enerjili bina (NZEB)
S1	OD senaryosu (%100 EPC sınıf C)	%100			
S2	OD+ senaryosu (Gerçekçi senaryo)	%60	%25	%10	%5
S3	İddialı senaryo (karma durumlar, OD yok)	%0	%50	%30	%20
S4	Sınıf B senaryosu (%100 EPC sınıf B)		%100		
S5	Yenilenebilir Enerji senaryosu			%100	
S6	NZEB senaryosu (%100 Mevcut en iyi teknolojiler)				%100

Tablo 4-7: Senaryo bazında farklı ortalama konut dışı bina durumlarının payları

Konut Dışı Binalar

		Varyant 1	Varyant 2	Varyant 3	Varyant 4
Yeni inşaatlar		OD	OD+ (C'den B seviyesine geçiş)	Yenilenebilir tip (RV)	Neredeyse sıfır enerjili bina (NZEB)
S1	OD senaryosu (%100 EPC sınıf C)	%100			
S2	OD+ senaryosu (Gerçekçi senaryo)	%60	%25	%10	%5
S3	İddialı senaryo (karma durumlar, OD yok)	%0	%50	%30	%20
S4	Sınıf B senaryosu (%100 EPC sınıf B)		%100		
S5	Yenilenebilir Enerji senaryosu			%100	
S6	NZEB senaryosu (%100 Mevcut en iyi teknolojiler)				%100

		Varyant 1	Varyant 2	Varyant 3	Varyant 4
Yenilemeler		OD	OD+ (C'den B seviyesine geçiş)	Yenilenebilir tip (RV)	Neredeyse sıfır enerjili bina (NZEB)
S1	OD senaryosu (%100 EPC sınıf C)	%100			
S2	OD+ senaryosu (Gerçekçi senaryo)	%60	%25	%10	%5
S3	İddialı senaryo (karma durumlar, OD yok)	%0	%50	%30	%20
S4	Sınıf B senaryosu (%100 EPC sınıf B)		%100		
S5	Yenilenebilir Enerji senaryosu			%100	
S6	NZEB senaryosu (%100 Mevcut en iyi teknolojiler)				%100

4.2.4. Senaryo Analizi

Senaryo analizi için, her ortalama binanın hesaplama sonuçları, bu binaların farklı senaryolardaki farklı paylarıyla ve yeni inşaat ve bina yenilemelerinin sayısı ile birleştirilmiştir. Aşağıdaki şekilde bu yaklaşım örnek seviyesinde gösterilmiştir.

Adım 2:128 ortalama bina durumunun her birine ilişkin sonuçların hesaplaması		Adım 3.: Senaryo özelliklerinin tanımlaması (=senaryo bazında ortalama binaların payları)	Adım 4: Senaryo analizi (2020 için örnek)	Adım 5: Sonuçlar		
Yeni Binalar	Varyant 1 (OD)	Enerji talebi [100 kW _n /(m ² a)]	Örnek: Senaryo 2 "OD+senaryosu"	GLOBUS'tan (örnek): - 2020'deki yeni inşaat toplamı: 200.000.000 m ² Senaryo 2 "OD+senaryosu" nun payları kullanılarak, 2020 yılı için yeni inşa edilmiş zemin alanı sonuçlarının dağılımı aşağıdaki gibidir; -OD tipi: 60% 120.000.000 m ² - OD+ tipi 25% 50.000.000 m ² - YE tipi 10% 20.000.000 m ² - NZEB tipi 5% 10.000.000 m ²	Sonuçlar - 2020'de tüm yeni ve yenilenmiş binaların enerji talebi: 120 Mm ² *100kWh/(m ² a)= 12TWh 50 Mm ² *80kWh/(m ² a)= 4TWh 20 Mm ² *50kWh/(m ² a)= 1TWh 10 Mm ² *30kWh/(m ² a)= 0,3TWh 24,6 Mm ² *120kWh/(m ² a)= 3TWh 10,25 Mm ² *90kWh/(m ² a)= 0,9TWh 4,1 Mm ² *60kWh/(m ² a)= 0,25TWh 2,05 Mm ² *40kWh/(m ² a)= 00,8TWh TOPLAM: 21,5 TWh	
		Emisyonlar [50 kg _{CO2} /(m ² a)]				60%
	Küresel maliyetler [100/€(m ²)]					
	Varyant 2 (OD+)	Enerji talebi [80 kW _n /(m ² a)]				25%
		Emisyonlar [40 kg _{CO2} /(m ² a)]				
	Küresel maliyetler [90/€(m ²)]					
	Varyant 3 (YE)	Enerji talebi [50 kW _n /(m ² a)]				10%
		Emisyonlar [10 kg _{CO2} /(m ² a)]				
Küresel maliyetler [85/€(m ²)]						
Varyant 4 (NZEB)	Enerji talebi [30 kW _n /(m ² a)]	5%				
	Emisyonlar [1 kg _{CO2} /(m ² a)]					
Küresel maliyetler [95/€(m ²)]						
Yenilemeler	Varyant 1 (OD)	Enerji talebi [120 kW _n /(m ² a)]	Örnek: Senaryo 2 "OD+senaryosu"	GLOBUS'tan (örnek): - 2020'deki yenilenen toplam zemin alanı: Stokun %1'i-4.1.000.000 m ² Senaryo 2 "OD+senaryosu" nun payları kullanılarak, 2020 yılı için yeni inşa edilmiş zemin alanı sonuçlarının dağılımı aşağıdaki gibidir; -OD tipi: 60% 24.600.000 m ² - OD+ tipi 25% 10.250.000 m ² - YE tipi 10% 4.100.000 m ² - NZEB tipi 5% 2.050.000 m ²	TOPLAM: 21,5 TWh	
		Emisyonlar [60 kg _{CO2} /(m ² a)]				60%
	Küresel maliyetler [150/€(m ²)]					
	Varyant 2 (OD+)	Enerji talebi [90 kW _n /(m ² a)]				25%
		Emisyonlar [50 kg _{CO2} /(m ² a)]				
	Küresel maliyetler [95/€(m ²)]					
	Varyant 3 (YE)	Enerji talebi [60 kW _n /(m ² a)]				10%
		Emisyonlar [15 kg _{CO2} /(m ² a)]				
Küresel maliyetler [90/€(m ²)]						
Varyant 4 (NZEB)	Enerji talebi [40 kW _n /(m ² a)]	5%				
	Emisyonlar [5 kg _{CO2} /(m ² a)]					
Küresel maliyetler [100/€(m ²)]						

Şekil 4-3: Senaryo analizi yaklaşımı

Bina stoku envanterinin ve gelecekte kabul edilen gelişimin sonuçlar üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu açıktır. Dolayısıyla, takip eden iki alt bölümde, iki yaklaşımın daha detaylı bir açıklaması sunulmuştur.

4.2.4.1. Bina Stoğu Envanteri

Bina Stoğu istatistikleri Bölüm 3.1’de verilmiştir.

4.2.4.2. Gelecekteki Bina Stoğu Gelişimi

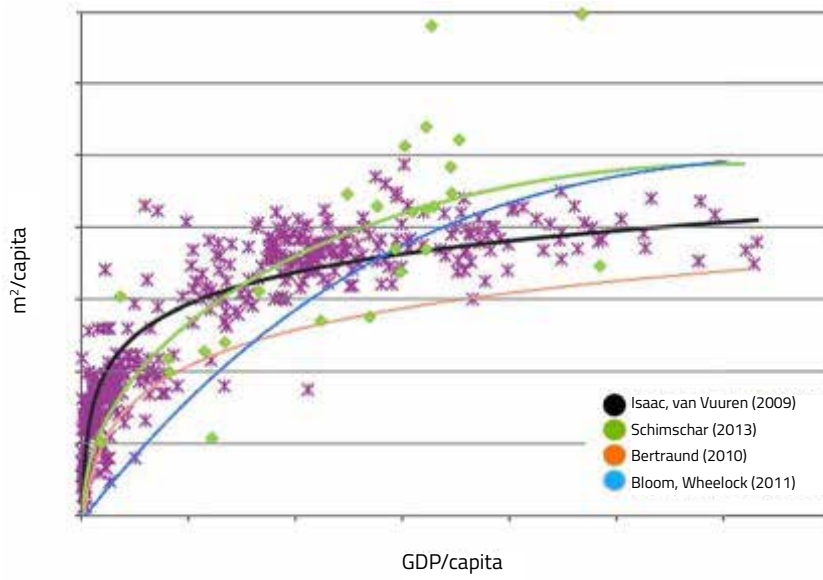
Bina stoğu gelecek gelişimi tahminleri, Guidehouse’un Küresel Bina Stoğu Modeli (GLOBUS) ile yapılmıştır. GLOBUS; literatüre ve kendi araştırma projelerine dayalı olarak ekonomik güç (kişi başına düşen GSYİH ile ölçülür) ile kişi başına düşen kullanılabilir zemin alanı arasında korelasyon uygulamak suretiyle bina stoğunun büyüklüğünü hesaplamaya yönelik bir algoritma kullanmaktadır. Nüfus artış verileri "ABD Nüfus Sayım Bürosu"ndan ve GSYİH büyüme varsayımları IEA Dünya Enerji Görünümünden (WEO) alınmıştır.

Metodoloji, konut ve konut dışı zemin alanlarının ayrı ayrı hesaplanmasına imkan tanımakta ve Guidehouse’un bina stoğu araştırmalarındaki deneyimlerine dayanmaktadır. Model ve modelin temel aldığı formüller, dünya çapında yaklaşık 50 ülkeden alınan bina stoku istatistiklerine dayalıdır ve son yıllarda sürekli olarak iyileştirilmiştir.



Şekil 4-4: Guidehouse'un Küresel Bina Stoğu (GLOBUS) Modelinin genel metodolojisi

Temel alınan model; Isaac ve arkadaşlarının (2009), genel konut binası stoğu büyüklüğünü tahmin etmek üzere ekonomik güç (kişi başına düşen GSYİH ile ölçülür) ile kişi başına düşen konut yaşam alanı arasında ülkeye özgü korelasyonlar kullanan modeline dayalıdır. Bu ortalama zemin alanı gösterimi; müstakil ve bağlı tek ve çok haneli konutlar gibi farklı bina kategorileri arasında ayırım yapmamaktadır. Zaman içinde, benzer bir metodolojiyi kullanan başka literatürlerde de tanımlanmıştır (Bertraud, 2010 ve Bloom, Wheelock, 2011). Açıklanan tüm kaynaklara ve diğer araştırmalara dayalı olarak, Şekil 4-5'te sunulan yeşil eğri geliştirilmiş ve ekonomik güç ile konut yaşam alanı arasında korelasyon oluşturulmuştur. Temel alınan formül zaman içinde çok sayıda araştırma projesinde kullanılmış ve doğrulanmıştır.



Şekil 4-5: Kişi başına düşen GSYİH ile kişi başına düşen kullanılabilir zemin alanı arasındaki korelasyon

Model, uluslararası çalışmalarda, BM Dünya Nüfus Beklentilerinden alınan nüfus artış verilerini ve OECD Ekonomik Görünüm – “Uzun vadeli büyüme senaryoları”ndan ve IEA Dünya Enerji Görünümünden (WEO) alınan GSYİH büyüme varsayımlarını kullanır.

4.3 AŞAMA 1 SONUÇLARI

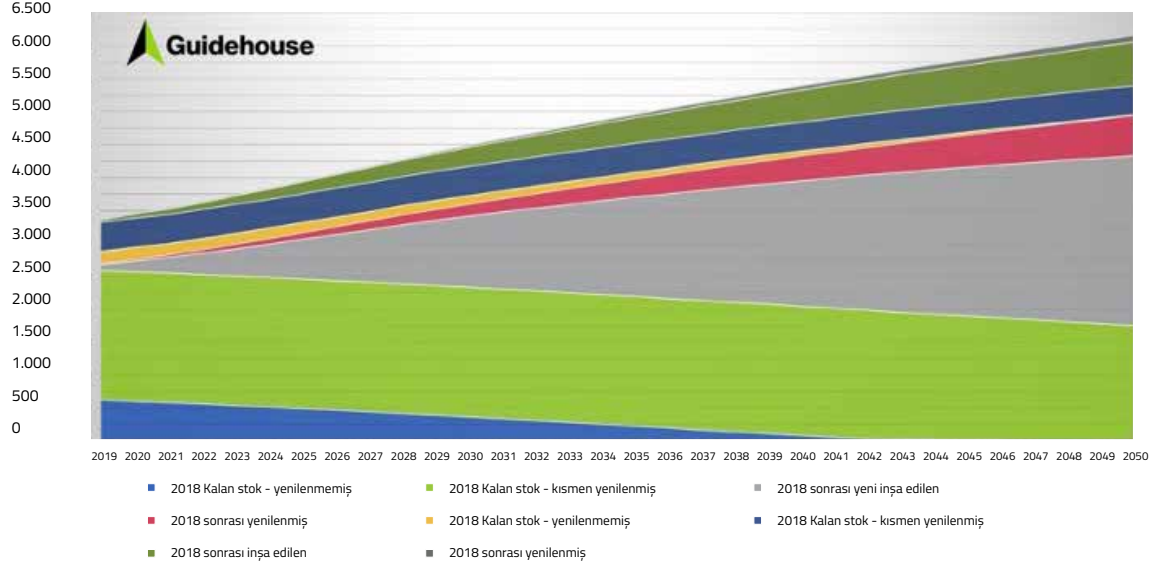
4.3.1. Bina Stoğu ve Metabolizma

Önceki bölümde açıklanan yöntemle dayalı olarak, 2015 ve 2018 yıllarına ilişkin bina stoğu envanteri belirlenmiştir. Sonuç Tablo 4-8’de görülmektedir.

Tablo 4-8: 2015 ve 2018 bina stoku taban değerleri

Bölge / İklim bölgesi (TS825)	Bina tipi	Zemin alanı 2015 [m ²]	Zemin alanı 2018 [m ²]
Toplam	Konut	2.374.597.878	2.618.671.541
	THK	474.443.234	523.209.006
	ÇHK	1.900.154.644	2.095.462.535
	Ticari hizmetler ve Kamu hizmetleri	560.660.361	631.557.592
	Otel ve benzeri binalar	74.645.340	84.084.473
	Ofis binaları	144.746.947	163.050.645
	Toptan ve perakende ticaret binaları	159.832.565	180.043.886
	Eğitim	62.153.310	70.012.787
	Hastane veya kurumsal bakım binaları	34.727.526	39.118.928
	Diğer ticari binalar	84.554.674	95.246.873
İklim bölgesi 1	Konut	423.747.020	467.301.969
	THK	91.744.696	101.174.698
	ÇHK	332.002.324	366.127.270
	Ticari hizmetler ve Kamu hizmetleri	107.322.147	120.239.219
İklim bölgesi 2	Konut	1.214.042.499	1.338.828.174
	THK	196.679.932	216.895.731
	ÇHK	1.017.362.566	1.121.932.443
	Ticari hizmetler ve Kamu hizmetleri	284.649.011	320.643.756
İklim bölgesi 3	Konut	557.831.383	615.168.227
	THK	113.908.456	125.616.567
	ÇHK	443.922.927	489.551.661
	Ticari hizmetler ve Kamu hizmetleri	118.563.088	133.555.756
İklim bölgesi 4	Konut	178.976.976	197.373.171
	THK	72.110.150	79.522.010
	ÇHK	106.866.826	117.851.161
	Ticari hizmetler ve Kamu hizmetleri	50.126.116	56.464.718

2018 yılına ilişkin envanter tahminleri, bölüm 4.2.4.2'de açıklanan yöntem kullanılarak 2050 yılına kadar oluşturulmuştur. Sonuçlar, Şekil 4.7 ve Tablo 4.9'da görülmektedir.



Şekil 4-6: 2018-2050 Türkiye'deki tahmin edilen bina stoku gelişiminin gösterimi (düşük yenileme oranı)

Tablo 4-9: 2018-2050 Türkiye'deki bina stoku gelişimi (düşük yenileme oranı, arka plan verileri)

Milyon m ²	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Yılsonu Toplam Konut stoku	2,619	2,705	2,775	2,837	2,912	2,996	3,081	3,168	3,257	3,348	3,439	3,526	3,608	3,687	3,764	3,840	3,914
2018 Kalan Konut stoku	2,602	2,582	2,582	2,561	2,540	2,518	2,495	2,472	2,448	2,424	2,399	2,373	2,347	2,320	2,292	2,264	2,235
2018 sonrası Yeni Konut	90	166	235	235	318	409	501	596	693	792	891	987	1,078	1,166	1,252	1,337	1,421
2018 sonrası Yenilenmiş Konut	13	27	41	41	55	69	84	100	115	132	148	166	183	201	220	239	258
Konut Yıkımları	-7	-13	-13	-20	-27	-35	-42	-50	-58	-66	-74	-83	-92	-101	-110	-119	-129
Yılsonu Toplam Konut dışı stok	632	663	688	705	725	745	766	788	809	830	850	870	888	907	925	943	961
2018 Kalan Konut dışı stok	627	622	622	617	612	607	602	597	591	586	580	574	569	563	557	552	546
2018 sonrası Yeni Konut dışı	34	62	62	82	103	126	150	174	198	222	245	267	288	309	329	350	370
2018 sonrası Yenilenmiş Konut dışı	2	5	5	7	9	12	15	17	20	23	26	29	32	35	38	41	45
Konut dışı Yıkımlar	-3	-6	-6	-9	-11	-14	-16	-19	-21	-24	-27	-30	-32	-35	-37	-39	-42
Milyon m ²	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	
Yılsonu Toplam Konut stoku	3,988	4,061	4,132	4,203	4,272	4,340	4,406	4,471	4,535	4,598	4,659	4,719	4,779	4,837	4,895	4,953	
2018 Kalan Konut stoku	2,206	2,177	2,148	2,118	2,088	2,058	2,028	1,997	1,967	1,937	1,908	1,880	1,851	1,823	1,794	1,765	
2018 sonrası Yeni Konut	1,505	1,587	1,667	1,746	1,824	1,901	1,976	2,050	2,121	2,191	2,259	2,324	2,388	2,451	2,514	2,577	
2018 sonrası Yenilenmiş Konut	277	297	318	338	359	381	402	424	447	469	492	516	539	563	587	612	
Konut Yıkımları	-138	-147	-156	-165	-174	-183	-191	-200	-208	-215	-221	-226	-231	-236	-240	-245	
Yılsonu Toplam Konut dışı stok	978	996	1,013	1,030	1,047	1,063	1,080	1,096	1,111	1,127	1,142	1,158	1,173	1,188	1,204	1,220	
2018 Kalan Konut dışı stok	540	535	529	523	517	512	506	500	494	488	482	477	471	464	458	452	
2018 sonrası Yeni Konut dışı	390	410	429	448	467	486	504	522	540	558	575	592	609	627	644	662	
2018 sonrası Yenilenmiş Konut dışı	48	51	55	58	62	66	69	73	77	81	85	89	93	97	101	105	
Konut dışı Yıkımlar	-44	-46	-49	-51	-53	-55	-57	-59	-61	-63	-65	-67	-69	-71	-73	-75	

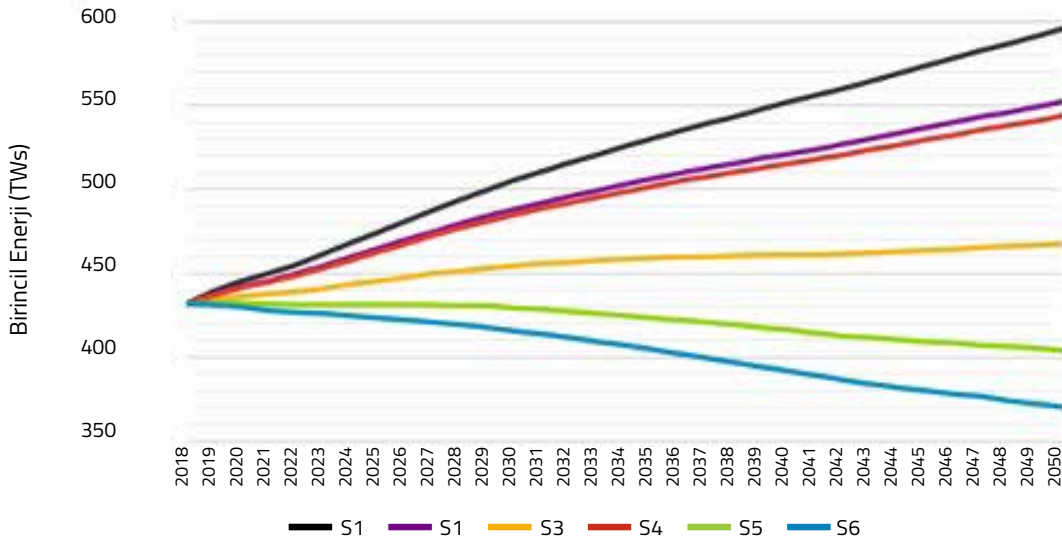
4.3.2. Ortalama Bina Seviyesine İlişkin Sonuçlar

Son olarak, ilk başta planlanan 128 ortalama bina durumları için hesaplar gerçekleştirilmiştir ancak model kalibrasyonu amacıyla ve sonuçların genel stok enerji talebine nasıl eklendiğini daha sonra gösterme imkânı nedeniyle, yine de mevcut her bir bina tipi ve bölge için iki adet ilave ortalama bina durumu eklenmiştir. Toplamda 4 bölgedeki 4 bina tipi için iki ilave durum eklediğimizden, ilave durumların toplam sayısı $4 \times 4 \times 2 = 32$ 'ye ulaşmıştır. Dolayısıyla, toplam durum sayısı 160'a ulaştı.

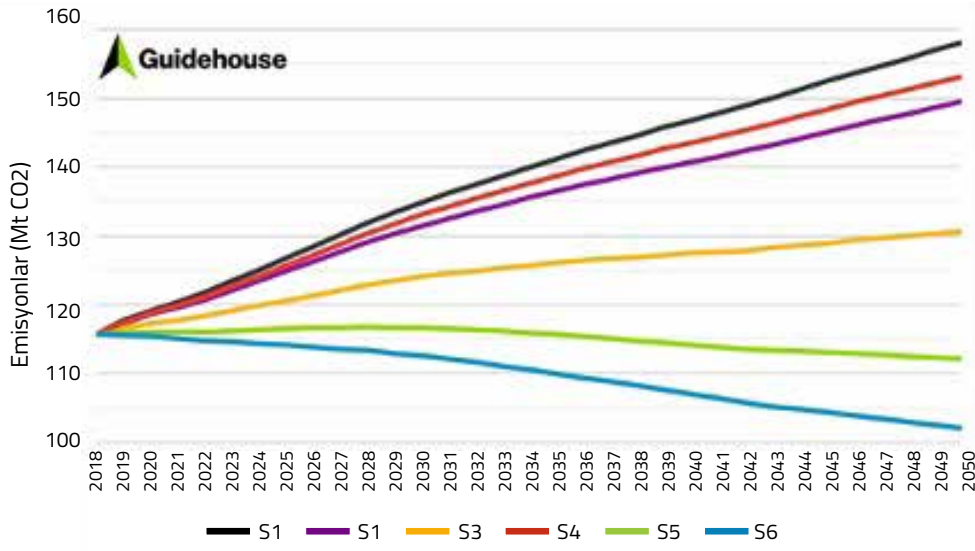
Bu sonuçların tümü ekler bölümünde verilmiştir.

4.3.3. Senaryo Sonuçları Aşama 1

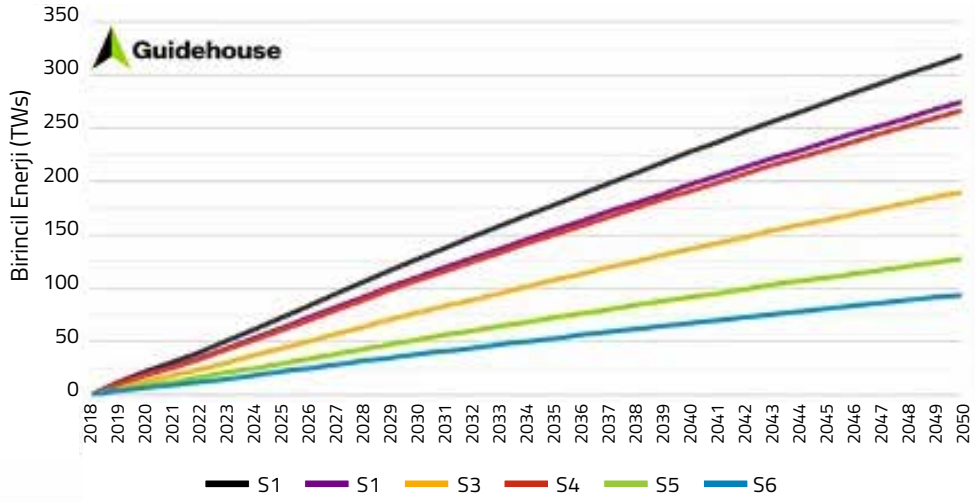
Aşağıdaki şekillerde, yıllık olarak konut binaları için %0,5'lik ve konut dışı binalar için %0,35'lik mevcut bina stoğu varsayılan düşük büyük çapta yenileme oranı ile senaryo hesaplamalarının ana sonuçlarını göstermektedir. Şekilleri takiben, altta yatan veriler de Tablo 4-9'da sunulmuştur. Bir hassasiyet analizi olarak, Ek 2 ve Ek 3, daha yüksek yenileme oranları için ilave sonuçlar göstermektedir.



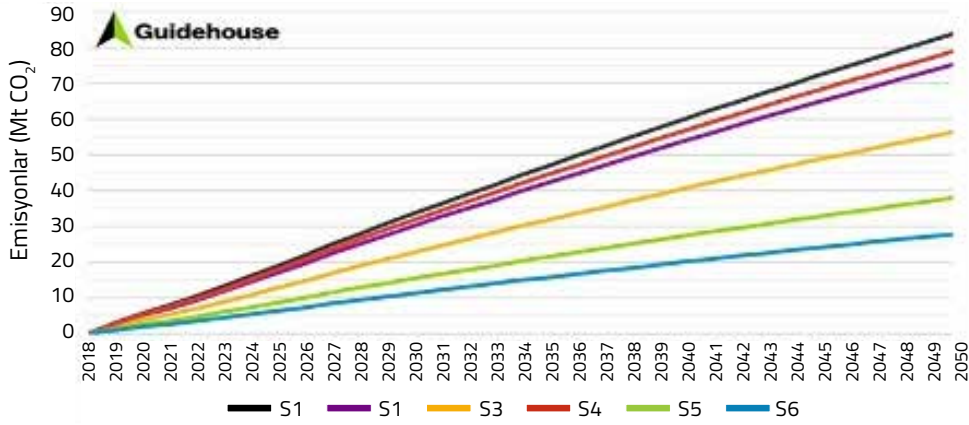
Şekil 4-7: Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen (düşük yenileme oranı) mevcut binalar da göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi



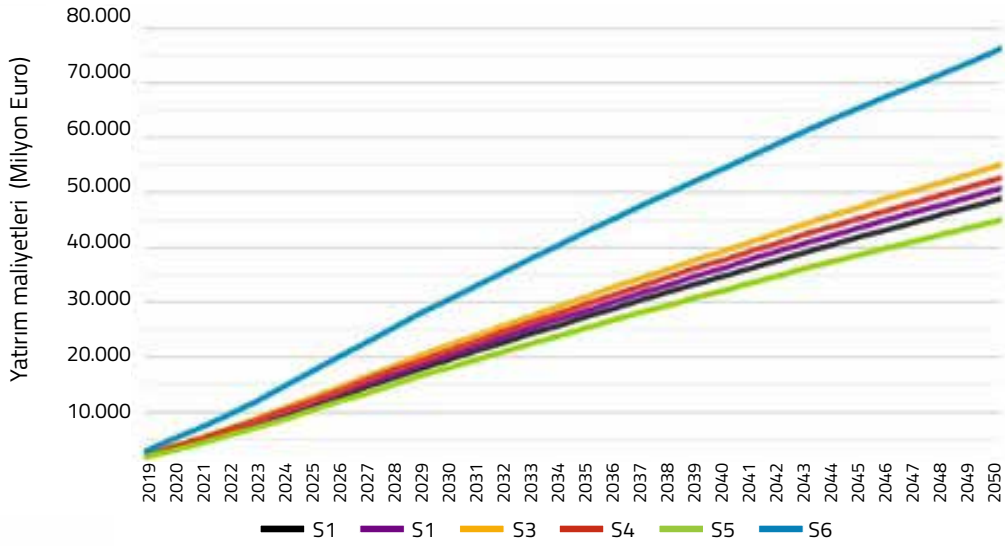
Şekil 4-8: Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen (düşük yenileme oranı) mevcut binalar da göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 CO₂-emisyonları



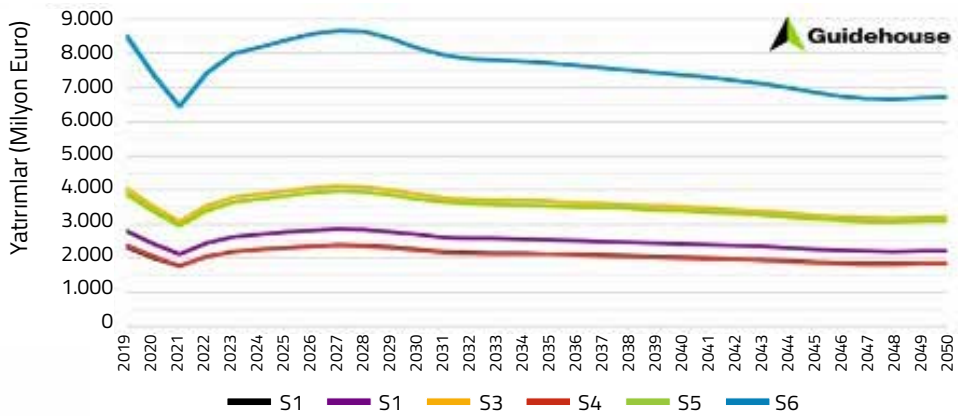
Şekil 4-9: Yalnızca yeni ve tadilat geçiren binalar (düşük yenileme oranı) göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi



Şekil 4-10: Yalnızca yeni ve tadilat geçiren binalar (düşük yenileme oranı) göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 CO₂-emisyonları



Şekil 4-11: 6 senaryoda etkilenen yeni ve tadilat geçiren binalara ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 küresel yıllık yatırım maliyetleri (düşük yenileme oranı)



Şekil 4-12: 6 senaryoda etkilenen yeni ve tadilat geçiren binalara (düşük yenileme oranı) ilişkin olarak kurulu bina tedbirleri için hesaplanan 2018-2050 yatırımları

Tablo 4-10: Yıllık olarak konut binaları için %0,5'lik ve konut dışı binalar için %0,35'lik mevcut bina stoku varsayılan düşük büyük çapta yenileme oranı ile 6 senaryo

		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050		
Düşük yenileme oranı																																				
Birincil Enerji (TWh)																																				
S1	432	439	445	450	455	462	468	475	481	488	494	500	506	511	516	521	525	530	535	539	544	548	552	556	560	565	569	574	578	583	587	591	596			
S2	432	435	442	446	450	455	460	465	470	475	480	484	488	492	496	499	503	505	509	513	516	518	521	524	527	530	533	537	540	543	546	549	552			
S3	432	435	435	437	439	441	443	445	448	450	452	453	455	456	457	458	458	459	459	460	460	461	461	461	461	461	462	463	464	465	465	466	467	467		
S4	432	437	441	445	449	453	458	463	468	472	477	481	485	489	492	495	499	502	505	508	510	513	516	518	521	524	527	530	533	535	538	541	544	544		
S5	432	432	432	432	431	431	431	431	431	431	431	430	430	429	428	425	425	424	422	421	419	418	416	416	414	413	411	410	409	408	407	405	404	404		
S6	432	431	430	428	427	426	425	424	422	421	419	418	416	414	412	409	407	405	402	400	397	394	392	389	385	384	382	380	379	377	375	373	371	371		
Emisyonlar (Mt)																																				
S1	116	118	119	120	122	123	125	127	129	130	132	133	135	136	137	139	140	141	142	144	145	146	147	148	149	150	151	152	154	155	156	157	158	158		
S2	116	117	119	120	121	122	123	125	126	128	129	130	131	133	134	135	136	136	137	138	139	140	141	142	142	143	144	145	146	147	148	149	149	149	149	
S3	116	117	117	118	118	119	120	121	121	122	123	123	124	125	125	125	126	126	126	127	127	127	127	128	128	129	129	129	129	130	130	130	130	130	131	131
S4	116	117	119	120	121	123	124	125	127	129	130	132	133	134	135	137	138	139	140	141	142	143	144	144	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	153	153
S5	116	116	116	116	116	116	116	116	116	117	117	117	117	117	117	116	116	116	116	116	115	115	115	114	114	114	113	113	113	113	113	112	112	112	112	
S6	116	116	115	115	115	115	114	114	114	114	114	113	113	113	112	112	111	111	110	109	109	108	108	107	105	105	105	104	104	103	103	103	103	103	102	102
Yatırımlar (M EUR)																																				
S1	-	2.324	2.015	1.774	2.045	2.203	2.258	2.311	2.365	2.394	2.384	2.327	2.255	2.193	2.166	2.155	2.147	2.133	2.114	2.095	2.076	2.057	2.037	2.015	1.992	1.954	1.932	1.894	1.863	1.844	1.836	1.846	1.855	1.855		
S2	-	2.801	2.427	2.129	2.449	2.637	2.702	2.765	2.828	2.861	2.847	2.779	2.693	2.620	2.568	2.575	2.555	2.548	2.527	2.504	2.481	2.458	2.434	2.408	2.382	2.348	2.309	2.266	2.229	2.207	2.199	2.210	2.222	2.222		
S3	-	4.051	3.509	3.069	3.526	3.794	3.888	3.978	4.058	4.113	4.092	3.993	3.970	3.767	3.721	3.702	3.669	3.664	3.633	3.601	3.569	3.535	3.501	3.464	3.425	3.378	3.323	3.260	3.208	3.177	3.166	3.184	3.201	3.201		
S4	-	2.375	2.085	1.786	2.044	2.197	2.251	2.303	2.352	2.375	2.360	2.302	2.231	2.173	2.146	2.135	2.127	2.113	2.095	2.076	2.057	2.038	2.018	1.995	1.974	1.947	1.915	1.880	1.850	1.833	1.828	1.838	1.845	1.845	1.845	
S5	-	3.077	3.365	2.999	3.400	3.659	3.749	3.835	3.923	3.959	3.952	3.868	3.740	3.641	3.597	3.590	3.568	3.544	3.515	3.485	3.454	3.423	3.390	3.356	3.319	3.274	3.221	3.161	3.111	3.081	3.070	3.087	3.103	3.103		
S6	-	8.901	7.360	6.445	7.419	7.990	8.189	8.381	8.574	8.674	8.633	8.424	8.162	7.942	7.843	7.804	7.776	7.722	7.657	7.588	7.519	7.445	7.374	7.295	7.214	7.113	6.994	6.851	6.749	6.682	6.658	6.694	6.729	6.729		
Yıllık ödenekler (M EUR)																																				
S1	-	1.765	3.395	4.605	6.101	7.707	9.356	11.043	12.766	14.502	16.226	17.909	19.542	21.133	22.706	24.272	26.832	27.382	28.920	30.445	31.966	33.463	34.937	36.406	37.867	39.290	40.701	42.088	43.464	44.810	46.163	47.525	48.895	48.895		
S2	-	1.835	3.421	4.784	6.342	8.018	9.736	11.495	13.291	15.103	16.903	18.698	20.360	22.018	23.666	25.286	26.910	28.523	30.123	31.708	33.279	34.835	36.376	37.901	39.409	40.896	42.360	43.797	45.213	46.616	48.017	49.425	50.843	50.843		
S3	-	1.984	3.695	5.172	6.867	8.691	10.562	12.476	14.432	16.407	18.388	20.281	22.134	23.937	25.717	27.488	28.252	31.009	32.739	34.459	36.163	37.860	39.519	41.171	42.803	44.412	46.004	47.546	48.073	50.094	52.094	53.611	55.136	55.136		
S4	-	1.911	3.598	4.974	6.597	8.343	10.133	11.966	13.837	15.726	17.600	19.427	21.198	22.932	24.634	26.318	28.004	29.679	31.339	32.984	34.613	36.226	37.823	39.402	40.963	42.502	44.015	45.501	46.853	48.111	49.856	51.309	52.771	52.771		
S5	-	1.619	3.015	4.222	6.006	7.095	8.624	10.187	11.794	13.397	14.999	16.560	18.073	19.546	21.000	22.445	23.886	26.316	28.733	28.138	29.529	30.906	32.269	33.617	34.949	36.263	37.564	38.821	40.068	41.303	42.533	43.771	46.016	46.016		
S6	-	2.173	6.096	7.092	9.434	11.956	14.541	17.187	19.893	22.625	25.345	27.995	30.563	33.060	35.526	37.978	40.421	42.846	46.250	47.631	49.990	52.325	54.637	56.923	59.182	61.409	63.588	65.745	67.856	69.947	72.030	74.124	76.230	76.230		

4.4 Hesaplamalar ve Sonuçlar Hakkında Açıklamalar

Aşağıdaki tabloda, benimsenen bina giriş verileri hesaplama parametrelerinin genel bir açıklaması verilmiştir. Değiştirilen ya da referans bina veritabanına uygulanan kalemler, aşağıda kısa bir açıklama ile listelenmiştir.

Tablo 4-11: Hesaplamalar ve sonuçlar hakkında açıklamalar

#	Kalem	Açıklama
1	Eğitim alanlarında KSS hesaba katılmamıştır.	İlgili KSS (Kullanım sıcak suyu) talebi yalnızca spor salonunda duş için gerçekleşebilir. Simüle edilecek geometride spor salonu göz önüne alınmamıştır, bu nedenle hesaba katılmamıştır.
2	Ofislerde KSS hesaba katılmamıştır.	Ofislerde KSS talebi genellikle ihmal edilebilir düzeydedir ve bu nedenle hesaplama dahil edilmez.
3	Güneş Alanı	Güneş kolektörü alanı, çatılarda mevcut olan alan bakımından ve ekonomik açıdan uygulanmıştır.
4	PV – kWp	PV kolektörü ölçüleri, çatılarda mevcut olan alan bakımından ve ekonomik açıdan uygulanmıştır.
5	Havalandırma oranları	Filtreleme azaltılmış ancak daha yüksek doğal ya da mekanik havalandırma yoluyla karşılanmamıştır. Bu, 0,6'lık bir hava değişim oranı sağlamak için uygulanmıştır.
6	G-Değeri Erzurum	Senaryo 2 ve 3'te (Eğitimle ilgili) G-Değeri 0,3'tedir, bu da gerçekdışı şekilde düşük görünmektedir ve hiçbir zaman belirtilmemiştir. Bu nedenle, Erzurum iklimi için diğer bina tiplerinde olduğu gibi ayarlanmıştır.
7	Ilıman iklim bölgelerinde (İzmir, İstanbul, Ankara) ısı geri kazanımı (IGK) yok	Bina kabuğu hali hazırda NZEB ısıtma talepleri için yeterli olduğundan, IGK'nın etkisi MEIT senaryosunda tamamen göz ardı edilmiştir.
8	Fiyat arttırma senaryosu (Giriş Yerel uzmanı 2)	Hesaplamalar Türk pazarına ilişkin bir resim çizmektedir, bu nedenle bugün için ve tahmin senaryosu için sabit döviz kurları (EUR/TL) hesaba katılır. Fiyat artışı (örn. elektrik) %15'te kalacaktır. Ancak, daha sonra hesaplama döneminde, 2050 yılındaki gerçekçi enerji fiyatlarına sahip olmaya devam etmek amacıyla arttırma faktörünü düşürülmüştür.
9	Termal ısı köprüleri	0,15 W/(m ² K) ile sınırlanmıştır.
10	Konut binalarındaki sıcak su talebi	GESS (Güneş Enerjisinden Sıcak Su) çalışmasında belirtildiği gibi, aynı sıcak su talepleri kullanılmaya çalışılmıştır. Ancak, kullanılan referans bina parametrelerinin belirsizliği ve bina enerji performansı (BEP) modelinin faydalı net enerji talebine dayalı olması (ve nihai enerji talebine dayalı olmaması) nedeniyle, ortalama bina tiplerindeki nihai enerji talebi küçük bir farklılık göstermektedir. Ek olarak, sıcak suya ilişkin olarak faydalı net enerji talebini ayarlamak için bir iklim düzeltme faktörü kullanılmıştır. (daha soğuk iklimlerin, sıcak iklimlerden biraz daha yüksek Kullanım sıcak suyu (KSS) talepleri vardır).

Güneş enerjisi ısı kolektörleri için ilgili bir alan belirlemek üzere, bir ekonomik yaklaşım seçilmiştir. Sınırlandırma faktörünün (özellikle PV ve güneş enerjisi ısı hesaba katıldığında), kolektör alanının ekonomik olarak ideal seviyesinin değil çatı üzerindeki alan kısıtlamaları olduğu ortaya çıkmaktadır. Buna göre toplam çatı alanları ve bunlara uygulanabilecek sistem büyüklükleri aşağıdaki gibidir:

Tablo 4-12: Çatı alanları Güneş enerjisi sistemleri

	Toplam Çatı Alanı (m ²)	Kullanılabilir Çatı Alanı (m ²)	PV kapasite (kWp)	Güneş enerjili su ısıtıcı kolektör alanı (m ²)
Mevcut Binalar				
THK	60	30	2	6
ÇHK	289	144,5	10	70
Ofis	300	75	10	0
Eğitim	660	165	20	0
Yeni Binalar				
THK	81	40,5	2	6
ÇHK	233	166,5	6	70
Ofis	484	121	15	0
Eğitim	1300	325	40	0

4.5 AŞAMA 2

4.5.1. Arka Plan ve Hedefler

Aşama 1 sonuçları, analiz edilen tüm senaryoların en düşük maliyetleri ile birlikte senaryo 5'in büyük enerji tasarrufu potansiyelini açıkça vurgulamıştır. Bu nedenle, içerisinde senaryo 5'e dayalı çeşitli ilave senaryo varyantları geliştirilmesi gereken bir aşama 2 eklenerek farklı hesaplama parametrelerinin bir hassasiyet analizinin sağlanması kararlaştırılmıştır.

Farklı senaryolar yalnızca maliyetlerin daha da azaltılması değil aynı zamanda değişen bir ekonominin sonuçları nasıl etkileyebileceğinin değerlendirilmesi bakımından sonuçları ideal seviyeye getirmeye çalışmalıdır. Değişen ekonomi, mevcut COVID-19 pandemisi ve küresel ekonomi üzerindeki etkisi göz önüne alındığında özellikle önemlidir.

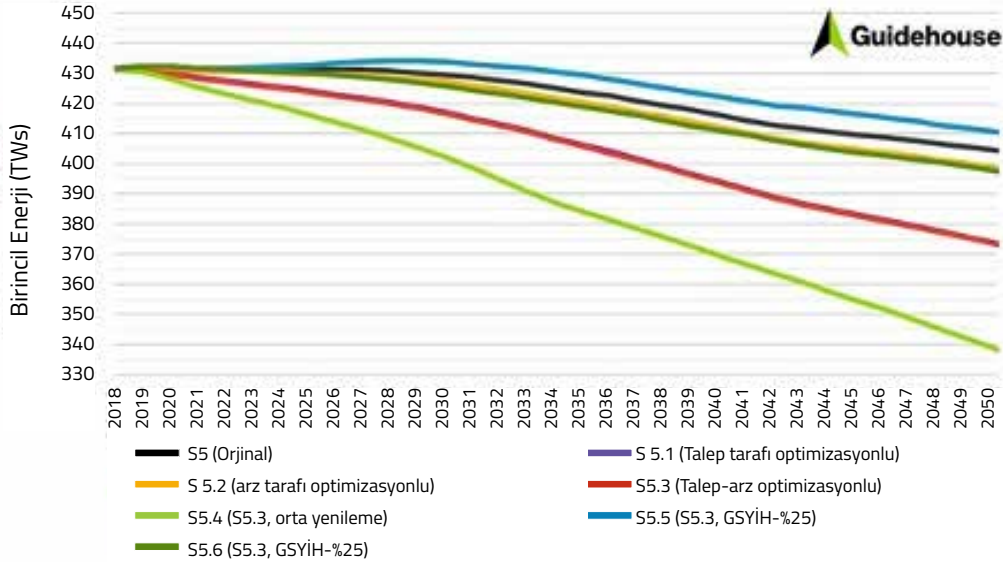
Senaryo 5 hali hazırda, bina kabuğunda küçük çaplı iyileştirmeler (talep tarafı) ile yenilenebilir enerji sistemleri (arz tarafı) üzerine odaklanmıştır. Bu senaryonun yeni varyantları özellikle bina kabuğunun daha da iyileştirilmesinin makul olduğu yerleri (örneğin bunların bulunduğu iklim bölgelerini) ve gölgeleme cihazlarının maliyet etkinliği daha da arttırabildiği yerleri bulmaya ve aynı zamanda Türkiye'deki hem karşılaştırılabilir şekilde yüksek yatırım maliyetlerini hem de farklı iklim koşullarını göz önüne alarak ısı geri kazanımı ya da toprak kaynaklı ısı pompalarına sahip havalandırma sistemlerinin uygun olup olmadığını değerlendirmeye çalışmıştır.

Farklı teknolojilerin etkilerini daha iyi anlamak ve ayrıca hangi iklim bölgelerinde (önce) talep tarafına veya arz tarafına odaklanmanın daha uygun olduğunu da daha iyi anlamak için, aşağıdaki üç varyant tanımlanmıştır:

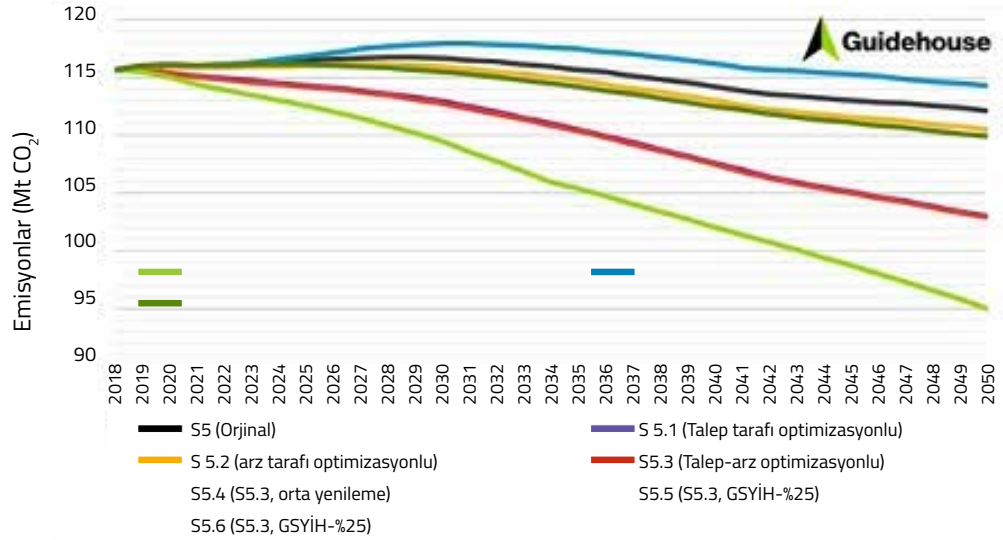
1. Yalnızca talep tarafını iyileştirme senaryosu (gölgeleme dahil kabuk)
2. Yalnızca arz tarafını iyileştirme senaryosu (ısıtma, soğutma, sıcak su, havalandırma, solar termal, PV)
3. Talep tarafı + arz tarafı iyileştirme senaryosu

4.5.2. Senaryo Sonuçları Aşama 2

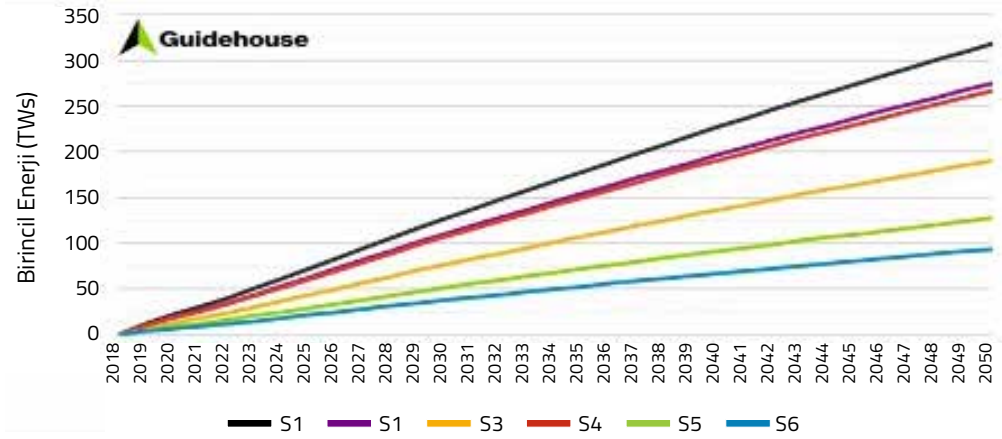
Aşağıdaki şekillerde, önceki bölümlerde de açıklanan senaryo 5 ve 6 ilave senaryo varyantının ana sonuçları gösterilmiştir. Şekilleri takiben, veriler de Tablo 4-13'de sunulmuştur.



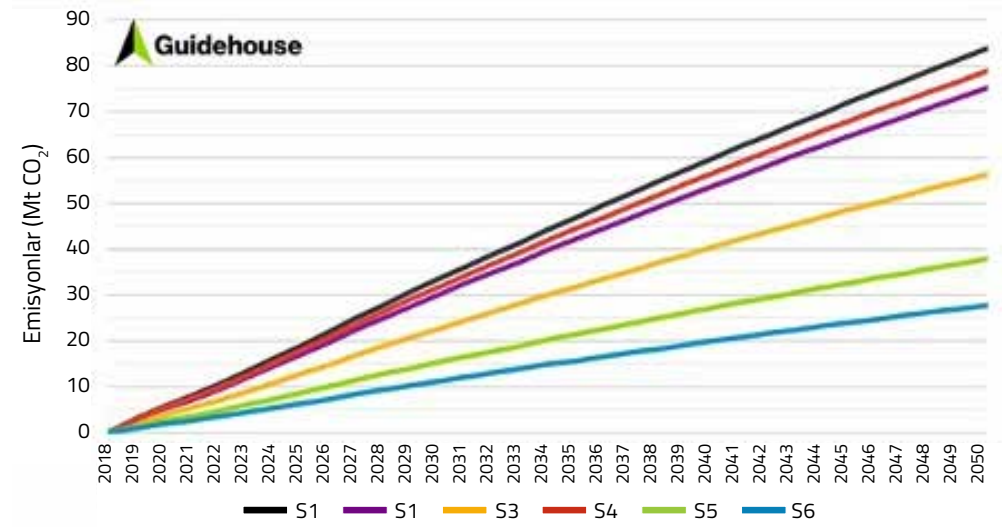
Şekil 4-13: Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen mevcut binalar da göz önüne alınarak, senaryo 5'in 6 ilave senaryo varyantındaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiyi ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi



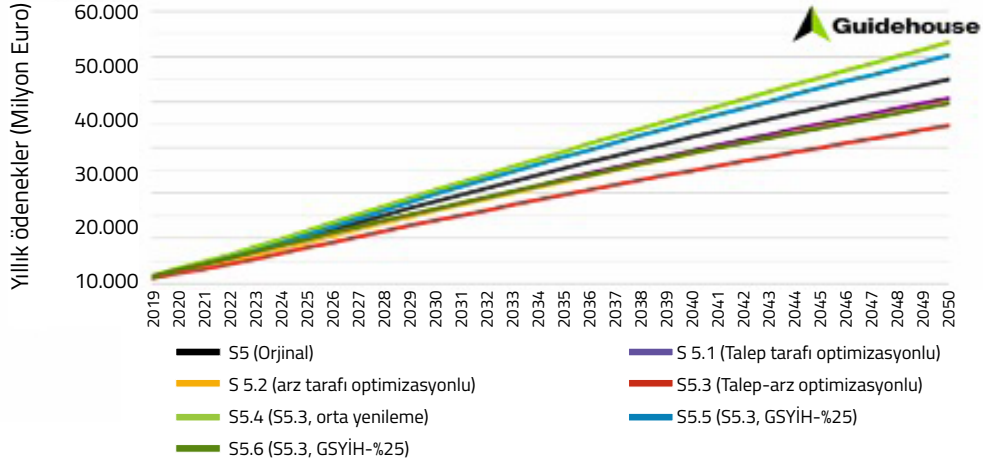
Şekil 4-14: Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen mevcut binalar da göz önüne alınarak, senaryo 5'in 6 ilave senaryo varyantındaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiden hesaplanan 2018-2050 CO₂-emisyonları



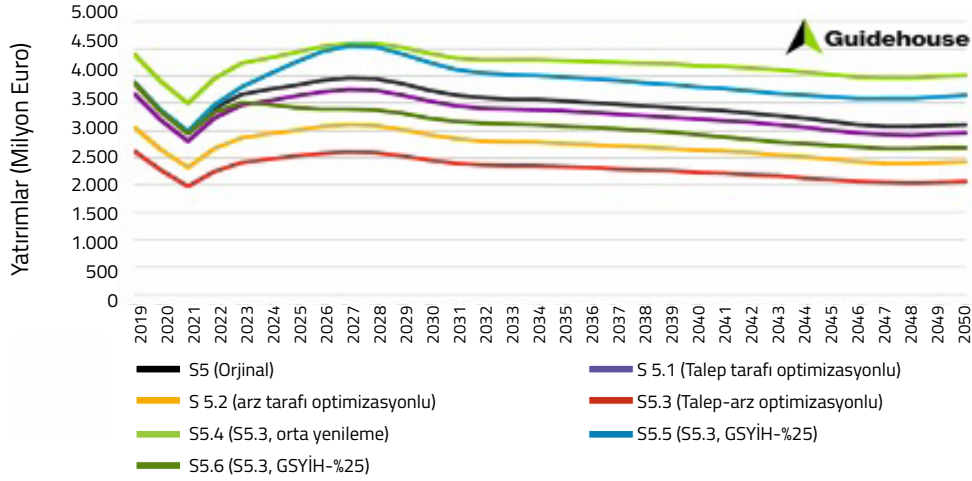
Şekil 4-15: Yalnızca yeni ve yenilenmiş binalar göz önüne alınarak, senaryo 5'in 6 ilave senaryo varyantındaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi



Şekil 4-16: Yalnızca yeni ve yenilenmiş binalar göz önüne alınarak, senaryo 5'in 6 ilave senaryo varyantındaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiden hesaplanan 2018-2050 CO₂-emisyonları



Şekil 4-17: Yeni ve yenilenmiş binalardan orijinal senaryo 5'in 6 ilave senaryo varyantında hesaplanan 2018-2050 maliyet yıllık ödenekleri



Şekil 4-18: Senaryo 5'in 6 ilave senaryo varyantında etkilenen yeni ve yenilenmiş binalara ilişkin olarak kurulu bina tedbirleri için hesaplanan 2018-2050 yatırımları

4.6 SONUÇLAR

Aşama 1 düşük yenileme oranı senaryolarının sonuçları, Türk bina sektöründeki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiden ortaya çıkan birincil enerji tüketimi ve emisyonlarının, 2018 sonundaki taban durumuna kıyasla 2030 yılına kadar sırasıyla %18 ve %17 ve 2050 yılına kadar sırasıyla %38 ve %35 azaltılabileceğini göstermektedir.

Yalnızca yeni inşaatların ve yenilenen binaların etkilerini kıyaslayarak, senaryo 6 bile, olağan durum (OD) senaryosuna kıyasla yaklaşık %70 daha fazla birincil enerji tasarrufu ve %66 emisyon azalımı sağlamaktadır.

Bu sonuçlar, maliyet hesaplarının ve bunların ortaya çıkan yıllık ödeneklerinin sonuçları da göz önüne alındığında, daha da ümit vericidir. Aslında, senaryo 5'in (Yenilenebilir Enerji senaryosu), olağan durum (OD) senaryosunun (senaryo 1) yıllık ödeneklerinden %8 daha düşük yıllık ödenekleri ile en maliyet etkin senaryosu olduğu ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda senaryo, son yılların sürekli büyüyen geçmiş birincil enerji tüketimini azaltan tüm senaryolardan ikinci en yüksek birincil enerji düşüşünü sağlar. 2018 sonu taban durumuna kıyasla, senaryo, olağan durum (OD) senaryosuna kıyasla 2030 yılına kadar ~%15 ve 2050 yılına kadar %32 birincil enerji tasarrufu sağlamakta ve yalnızca etkilenen binalara ilişkin düşüşleri karşılaştırarak, olağan durum senaryosuna göre ~%60 daha fazla birincil enerji tasarrufu elde etmektedir.

Optimizasyon çalışmasından, binaların performansını iyileştirmek bile mümkün olmuştur. Talep ve arz tarafını optimize ederek, orijinal senaryo 5'e kıyasla ilave %8 birincil enerji tasarrufu mümkündür ve maliyetler yaklaşık %23 azaltılabilir.

Bu tasarrufları sağlamak için, standart yeni inşaatlardan ve standart yenilemelerden aşağı yukarı %12 daha fazla ön yatırım yapılması gerekmektedir.

5

ENERJİ VERİMLİLİĞİ HEDEFLERİ VE YOL HARİTASI

5.1 Kısa ve Uzun Vade Hedefleri

Hedeflerin gerçekçi ve ulaşılabilir olabilmesi için, binalar sektörünün **Mevcut ve Yeni Binalar** olarak iki farklı şekilde değerlendirilmesi daha uygun olacaktır. Bu doğrultuda, 4. Bölümde verilen senaryolardan aşağıdaki kısa ve uzun vade hedeflerinin belirlenmesinin uygun ve gerçekçi olduğu görüşü benimsenmiştir:

Mevcut Binalar: Mevcut binalar için senaryo geçişleri hem yüksek yatırım gerektiğinden hem de teknik olarak zorluklar içerdiğinden, mevcut binaların enerji verimli dönüşümlerinde görece daha düşük hedefler belirlenmesi daha uygundur. Buna göre önerilen hedefler aşağıdaki gibidir:

- a. **Kısa Vade Hedefleri – 2030'a kadar:** Mevcut binalar için kısa vadede belirlenmesi gereken hedef 5. Bölümde detaylıca incelenen senaryolar arasında **S2** olarak seçilmiştir. Bu senaryo şu öngörülerini içermektedir:

S2 Senaryosu Açıklaması: Olağan Durum+ (OD+) Senaryosu (gerçekçi senaryo), Türkiye'nin bina sektörü için, tüm önceden tanımlanmış tüm ortalama bina tiplerini göz önünde bulunduran, ancak zaten farklı politika etkileşimleri (örn. insanları binalarını biraz daha iddialı bir şekilde inşa etmeye motive etmek üzere yeni destek şeması) olduğu varsayılan gerçekçi görünen (ulaşılabilir = çok iddialı değil) gelişmeleri (farklı bina tiplerinin payları) göz önünde bulunduran bir yol sunacaktır. Sonuç olarak, gerçekçi senaryoda OD durumlarının önemli bir kısmı kullanılmaya devam edilecek, ancak diğer daha iddialı bina tipleri ile de birleştirilecektir.

Yine 4. Bölümde detaylı olarak anlatıldığı üzere belirtilen senaryoda, binaların %60'ının referans yıl olan 2017 ortalamalarında, %25'inin C'den B'ye geçiş aşamasında, %10'unun yenilenebilir enerji senaryosundan, %5'inin ise neredeyse sıfır enerjili (NZEB) bina kategorisinde olacağı öngörülmektedir.

- b. **Uzun Vade Hedefleri – 2030 sonrası:** 2030 sonrasında ise **S3** senaryosu mevcut binalar açısından hem ulaşılabilir hem de yüksek enerji tasarrufu vadeden bir senaryo olarak hedef olarak seçilmesi uygundur.

S3 Senaryosu Açıklaması: İddialı senaryo (karma durumlar, OD yok), Türkiye'nin bina sektörü için, tüm önceden tanımlanmış ortalama bina tiplerini göz önünde bulunduran, ancak piyasa

koşullarının hızlı bir şekilde geliştiğini (örn. bina kodunun iddialı bir şekilde sıkılaştırılması ve başarılı destek şemalarının uygulanması) varsayan bir yol sunacaktır. Sonuç olarak, iddialı senaryo, OD binalarının inşa edilmesinden veya yenilenmesinden tamamen kaçınacak, buna karşılık, bunların yerini yenilenebilir enerji tiplerinin ve hatta NZEB'nin (Neredeyse Sıfır Enerjili Bina) önemli paylarıyla birleştirilen OD+ binalarının aldığını varsayacaktır.

Bina parametrelerinin 4. Bölümde verildiği bu senaryonun bina sayısına göre kırılımlarına bakıldığında, %50 C'den B'ye geçiş aşamasında, %30 yenilenebilir enerji senaryosu, %20 ise neredeyse sıfır emisyonlu bina kategorisinde olacağı öngörülmektedir.

Yeni Binalar: Yeni inşa edilecek binalar için ise daha yüksek hedefler belirlemek daha uygundur. Buna göre kısa ve uzun vade hedeflerin aşağıdaki gibi olması önerilmektedir:

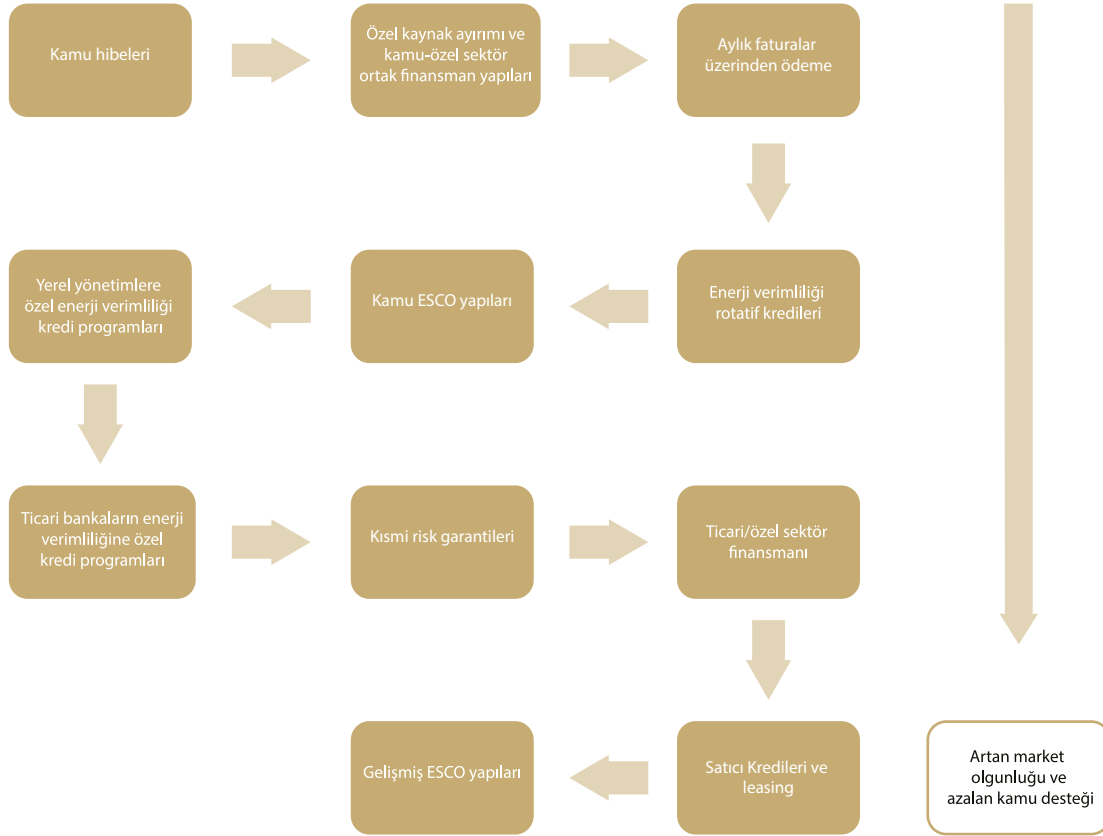
- a. **Kısa Vade Hedefleri – 2030'a kadar:** Mevcut binalar için uzun vadede belirlenen senaryo hedefi, yeni inşa edilecek binalar için ise kısa vade hedefi olarak belirlenebilir. Bu bina tipleri ortalama olarak EKB B sınıfına yakın veya B sınıfı olacak şekilde hedeflenmiştir.
- b. **Uzun Vade Hedefleri – 2030 sonrası:** Yeni binalarda uzun vadede çok daha iddialı hedefler belirlenmesi uygun olacaktır. Böylece, binalar sektörünün enerji verimliliği dönüşümü gerçekleştirilebilir. ÇŞB'nin nZEB hazırlıkları da göz önünde bulundurulduğunda, uzun vade hedefi olarak S6 senaryosu belirlenmelidir.

Yine 4. Bölümde detaylı olarak anlatılan senaryo, bugün için ticari olarak mevcut olan en iyi sistemlerin kullanıldığı bir bina senaryosunu hedefler. Bu senaryoda ulaşılabilir enerji ve emisyon tasarrufları bakımından en iddialı yolu temsil edecek olmakla birlikte, muhtemelen en yüksek küresel maliyetlere de yol açacaktır. Yine de, bina sektöründe mümkün olan ulaşılabilir enerji tasarruflarının veya emisyon azaltımlarının üst ucunu belirleyecektir. Bu senaryoda yalnızca ciddi anlamda azaltılmış U-değerlerini ve Mevcut En İyi Teknolojilerin (MEİT) iddialı bir karışımını kabul eden NZEB tipi ortalama binalar hedeflenmiştir.

Yukarıda belirtilen bu hedefler, yine 4. Bölümde anlatıldığı üzere önemli miktarda enerji tasarrufu ve karbon emisyonu azaltımı sağlamasının yanında, yine önemli miktarda da yatırıma ihtiyaç duymaktadır. Bu hedeflere ulaşılması konusunda genel yol haritası ve öneriler sonraki bölümde işlenmiştir.

5.2 Enerji Verimliliği Finans Modelleri

Enerji verimliliği finansman yapıları, en alt düzeyde kamu hibeleri ile başlayıp, pazar belli bir olgunluğa ulaştığında gelişmiş ESCO finansman yapılarının kurulduğu bir merdiven olarak düşünülebilir. Aşağıda bu merdiven yapısının bir görseli yer almaktadır:



Şekil 5-1: Enerji verimliliği finansman modelleri ¹¹⁰

Enerji Verimliliği Kanunu ile birlikte açıklanan kamu enerji verimliliği destekleri iki temel kategoride toplanmıştır:

Verimlilik Artırıcı Proje (VAP) Destekleri

Enerji verimli ekipman ve sistem kullanımı, onarım, yalıtım, modifikasyon, rehabilitasyon ve proses düzenleme gibi yollarla; gereksiz enerji kullanımının, atık enerjinin, enerji kayıp ve kaçaklarının önlenmesi veya en aza indirilmesi ile birlikte atık enerjinin geri kazanılması gibi konulardaki çözümleri içine alan ve ETKB tarafından tebliğ olarak yayımlanan usul ve esaslara uygun olarak hazırlanan projeler, Verimlilik Artırıcı Proje (VAP) olarak değerlendirilmektedir.

¹¹⁰ <https://www.esmap.org/sites/default/files/esmap-files/ACS12738revd.pdf>

VAP destekleri:

KDV hariç toplam bedeli en fazla 1 milyon Türk Lirası

Geri ödeme süresi 5 yıldan az olan projelere

Proje bedelinin en fazla %30'u hibe olacak şekilde verilmektedir.

Elektrik üretim faaliyeti gösteren lisans sahibi tüzel kişiler dışındaki yıllık toplam enerji tüketimleri 1.000 TEP ve üzeri olan ticaret ve sanayi odası, ticaret odası veya sanayi odasına bağlı olarak faaliyet gösteren ve her türlü mal üretimi yapan işletmeleri kapsamaktadır.

Verimlilik Artırıcı Projeler (VAP) ile işletmeler yaptıkları tasarrufla hem kendi hem de ülke ekonomisine katkı sağlamaktadırlar. Bu tür projeler 2009 yılından beri devlet tarafından desteklenmektedir. Verimlilik Artırıcı Proje (VAP) destek başvuruları her yıl Ocak ayında ETKB tarafından kabul edilmektedir.

Gönüllü Anlaşma (GA) Destekleri

Gönüllü Anlaşmalar yoluyla işletmelerin geçmiş 5 yıllık enerji yoğunluklarının ortalaması olan referans enerji yoğunluğuna göre, önceden taahhüt ederek üç yıllık izleme dönemi sonunda ortalama en az %10 oranda enerji yoğunluğunu azaltan işletmelere hibe şeklinde devlet desteği verilmektedir.

GA destekleri:

Gönüllü anlaşma yapan ve taahhüdünü yerine getiren bir işletmenin anlaşmanın yapıldığı yıla ait enerji giderinin %20'sini 200.000 TL'yi geçmemek kaydıyla destek mahiyetinde nakdi olarak karşılanır.

Elektrik üretim faaliyeti gösteren lisans sahibi tüzel kişiler dışındaki yıllık toplam enerji tüketimleri 1.000 TEP ve üzeri olan ticaret ve sanayi odası, ticaret odası veya sanayi odasına bağlı olarak faaliyet gösteren ve her türlü mal üretimi yapan işletmeleri kapsamaktadır.

Gönüllü Anlaşma Destekleri 2009 yılında başlamış olup, işletmelerin gerçekleştirdikleri uygulamaların 2023 hedeflerine belirlenenden daha kısa bir sürede ulaşılmasını kolaylaştırmaları beklenmektedir. Gönüllü Anlaşma başvuruları her yıl Ekim ayında ETKB tarafından kabul edilmektedir.

Bunun dışında aşağıdaki kamu kuruluşlarının da enerji verimliliği destekleri mevcuttur:

Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) Enerji Verimliliği Destekleri

Enerji Verimliliği Destek Programı, Türkiye'nin dünyada artan enerji fiyatları karşısında, özellikle enerji yoğun sektörlerde rekabet gücünün korunması, dışa bağımlılığını azaltması ve sera gazı salımlarının azaltılmasına katkı sağlanması ve sanayicinin ilgili faaliyetlerinin teşvik edilmesi amacıyla oluşturulmuştur. Destek kapsamında enerji verimliliği etütleri de dahil olmak üzere, enerji verimliliğine yönelik uygulama projelerinin uygun şartlarda desteklenmesi amaçlanmaktadır. Bu destek programı ile aynı zamanda Enerji Verimliliği Kanunu ilgili ikincil yönetmelikler ile belirlenen amaç ve hedeflerin gerçekleştirilmesine katkı sağlanması öngörülmektedir.

Öncelikler:

- o Yerli teknoloji ve ekipman kullanımı
- o Yenilikçi ve/veya ileri teknoloji (malzeme, elektronik, yazılım, vb.) uygulamaları

Destek Mekanizması

- Proje Süresi: En fazla 1,5 yıl
- Destek Miktarı: 100.000 – 1.000.000 ABD\$
- Destek Oranı: Proje Bütçesinin en fazla %50 'si
- Geri Ödeme Süresi: 1 Yılı Geri Ödemesiz Toplam 4 Yıl (Faizsiz)
- Hizmet Bedeli: TTGV Destek miktarının %6'sı

KOSGEB Enerji Verimliliği Destekleri

KOSGEB tarafından hedef kitlesinde yer alan işletmelerin, enerji verimliliği kapsamında alacakları etüt, danışmanlık ve eğitim hizmetlerine destek verilmektedir. KOSGEB' in enerji verimliliği etüt ve danışmanlık destekleri; 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında yetkilendirilmiş Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketleri (EVD)'nden, enerji verimliliğine yönelik alacakları etüt ve danışmanlık hizmetlerine verilen destekleri kapsamaktadır.

Yukarıda bahsedilen kamu destekleri, oldukça sınırlı kaynaklar olduğundan Şekil 5-1'de verildiği üzere, pazara yalnızca başlangıç yaptıracak desteklerdir. Kendi kendini besleyebilen bir finans sistemi için yeterli olmayacaktır. Yine bu noktada, kamu binaları özelinde birçok farklı çalışma da yapılmaktadır.

Kamu binalarında, Şekil 5-1 de verilen yapının 2. Basamağı olarak, son yıllarda enerji verimliliği için ekstra kaynak ayrıldığı ve standartların üst düzeye çıkarıldığı gözlenmektedir. Örnek teşkil edecek bu binalarda yüksek enerji verimli sistemlerin kullanılması oldukça önemlidir. Kamu binalarında enerji verimliliğine özel olarak önemli bir takım mevzuat çalışmaları da yapılmıştır. Bunlardan ilki Enerji Bakanlığı kamu binaları için belirlenen 2023 yılına kadar %15 oranında enerji verimliliği hedefine yönelik "Kamu Binalarında Tasarruf Hedefi ve Uygulama Rehberi" dir.

Resmi Gazete'nin 15 Eylül 2019 tarihli sayısında yayımlanan Cumhurbaşkanlığı Genelgesi ile enerji yöneticisi görevlendirmekle yükümlü olan kamu binaları için 2023 yılı sonuna kadar asgari %15 oranında enerji tasarrufu sağlama hedefi getirilmiştir. Buna göre:

- Rehberde göre 2023 yılına kadar hedeflenen %15'lik tasarruf hedefi için 2016, 2017 ve 2018 yıllarına ait ton eşdeğer petrol (TEP) cinsinden enerji tüketimlerinin aritmetik ortalaması referans alınacak ve en geç 2020 yılı Mart ayı sonuna kadar Bakanlığa sunulacak.
- Uygulanacak enerji verimliliği önlemlerinin ekonomik olarak uygulanabilir olması, aksi belirtilmedikçe yatırımların basit geri ödeme süresinin 10 yıldan kısa olması esas olacak.

- Uygulanacak enerji verimliliği önlemlerinin yatırım maliyetleri ilgili kurum ve kuruluşun bü tçeleri ile enerji performans sözleşmeleri veya ulusal/uluslararası projeler aracılığı ile karşılanabilecek.
- Enerji tasarruf hedeflerinin gerçekleştirme oranları Bakanlık tarafından 2024 yılının ilk yarısında Cumhurbaşkanlığı'na arz edilecek. %14 altında tasarruf sağlayan kamu kurumları "başarısız", % 14 ile % 16 arası tasarruf sağlayanlar "başarılı", % 16 üzeri tasarruf sağlayanlar ise "üstün başarılı" olarak sınıflandırılacak.
- Başarısız olanlar gerekçeli raporlarını 2024 yılı sonuna kadar Bakanlığa iletecek. Gerekçeleri uygun görülen kurum ve kuruluşlar için 2026 yılı sonuna kadar referans tüketimi değiştirilmeden %18 enerji tasarruf hedefini gerçekleştirmeleri yönünde izleme yapılacak. Başarısız olan ve gerekçeleri uygun görülmeyen kurum ve kuruluşlar ise nihai değerlendirme yapılmak üzere Cumhurbaşkanlığı'na bildirilecektir.

Üçüncü basamak olan banka rotatif kredileri, enerji verimliliği konusunda özelleşmemiş olsa da Türkiye'de hem özel bankalar hem de kamu bankaları oldukça dinamik yapıda olduklarından, müşterilerine kısa vadeli finansman sağlama konusunda oldukça başarılıdır.

Dünyada enerji verimliliği konusunda en başarılı örneklere bakıldığında, finansmanın ESKO yapıları ile karşılandığı durumlar oldukça önem arz etmektedir. Enerji verimliliğinin artırılması için gerekli olan yatırım, işletmelerce çoğu kez somut ve görülebilir bir yatırım ihtiyacı değildir. Enerji verimliliği yatırımları yapılmadan da işletme çalışabilir ve verimlik önleminin karşılığı teknik ve mali boyutu ortaya konmadıkça da kayıplar olduğu gibi devam edip gider. Bu nedenle enerji verimliliği yatırımlarının çok yönlü yararları ile kazan-kazan karakteristiği sahip olmasına rağmen, bu alanda geniş çaplı ve yaygın yatırımların gerçekleşmesi çoğu zaman mümkün olamamaktadır. Enerji verimliliği potansiyelinin geri kazanılamamasındaki diğer önemli bir neden de uygun şartlarla finansman teminidir.

Bütün dünyadaki deneyim tüm enerji verimliliği finansman sistemi ve mekanizmalarının iki fonksiyonu gerektirdiğidir; iyi projelerin etkili bir şekilde sunulacağı teknik paketlerin hazırlanması ve finansman fonunun temin edilmesidir. Yani enerji verimliliği proje yatırımlarının birçok kişinin sandığının aksine tek sorunu paranın bulunması değildir. Finansman kuruluşları kendilerini tatmin etmeyecek şekilde sunulmuş projeleri finanse etmek istemezler. Ayrıca bu konuda özel deneyimi olmayan finans kuruluşları da EV yatırımlarını, nakit geri dönüşünün ödeme süresi sonunda olması nedeniyle riskli yatırım sınıfında değerlendirme eğilimindedir.

EV projeleri dağınık ve genellikle de küçüktür. Projenin iç karlılık oranı (IRR) yüksek de olsa bu ufak projelerle uğraşmak çok meşgul yöneticiler için zaman kaybıdır. Eğer bu küçük projeler bir profesyonel kuruluş tarafından paketlenip finanse edilecek hale getirilmez ise finansmanı zordur. Bu nedenle Enerji Servis Şirketleri- Energy Service Companies –ESCO'lar finansman programlarının önemli bir bileşeni olarak bütün dünyada ortaya çıkmıştır ¹¹¹.

¹¹¹ Türkiye'de Enerji Verimliliği Projeleri İçin Finansman Kaynakları Rehberi, British Council, 2012

ESCO'lar Enerji Performans Kontratı (EPK) ile EV projelerinin finansmanı için gerekli işlemleri yapan teknik ve mali uzmanlardan oluşmuş firmalardır. EPK, Enerji Verimliliği Kanunundaki adıyla "Uygulama Anlaşması" bir sanayi veya ticari kuruluşun tesisinde EV yatırımı yaparak sağladığı enerji tasarrufu karı belirli bir süre için paylaşılması ve yatırımlar için alınmış, banka kredisinin, bu kazançlar içinden geriye ödenmesidir. Buradaki en kritik husus tasarrufların ESCO tarafından garanti edilmesidir.

Sağlıklı bir EPK yapabilmek için bazı şartların ileriye doğru durağan veya tahmin edilebilir yönde gelişmesi şarttır. Aksi takdirde EPK'lar geliştirilemez ve geliştirilenlerde yarı yolda kalır. Belirleyici bu şartların en önemlileri aşağıdaki gibidir.

- Enflasyon oranı
- Döviz Kuru
- Kredi faizleri
- Enerji fiyatları

Türkiye'de ESCO yapılarının sağlıklı bir şekilde oluşmamasının en büyük engeli bu dört parametrenin durağan veya uzun vadede tahmin edilebilir olamamasıdır.

ESCO modellerinin en yaygın olan finansman türleri iki farklı şekilde gerçekleştirilebilir: Paylaşımli Tasarruf Kontratı veya Sözleşmesi (PTS – Shared Saving Contract) ve Garanti Tasarruf Kontratı ve Sözleşmesi (GTS - Guaranteed Saving Contract).

Paylaşımli Tasarruf Sözleşmesi kredinin ESCO tarafından alınması durumunda yapılan sözleşmedir. Bu tür bir sözleşmede kredinin geri ödeme ve performans riski ESCO'ya aittir. Garantili Tasarruf Sözleşmesinde (guaranteed savings contract) ise alınan miktarın geri ödenmesi kredinin alındığı finansal kurum ile firma arasında yapılan anlaşmaya göre olur ve proje sahibi firmanın bilançosuna uygun olarak kredi verilir. Bu iki yapı arasındaki, ilkinde finansal açıdan güçlü Süper ESCO'lara ihtiyaç duyulurken, ikincisinde ise müşteriler için enerji verimliliğine uygun ve teşvik edici uygun kredilere ihtiyaç duyulur. Bu noktada, hali hazırda Türkiye Bankacılık sektörü, özellikle, Dünya Bankası, Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası, Avrupa Yatırım Bankası ve benzeri Avrupa ve dünya uluslararası finans kuruluşlarının desteği ile özelleşmiş kredi portföyü oluşturabilmektedir. Diğer eksik nokta olan Süper ESCO yapıları için ise mevcut durumda halen bir takım büyük holdinglerin çatısı altında hazırlıklar sürmektedir. Yakın zamanda bu şekilde finansal açıdan güçlü Süper ESCO yapılarının ortaya çıkacağı tahmin edilmektedir.

Kamu binalarında da yine yayımlanan bir yönetmelik ile ESCO yapılarının kurulması hedeflenmiştir. 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu Ek Madde 1'e dayanılarak hazırlanan 2850 Kamuda Enerji Performans Sözleşmelerine İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Karar 21 Ağustos 2020 Tarihli 31220 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Karara göre Kamu kurum ve kuruluşlarının enerji verimliliklerini yükseltmek ve tasarruf oranlarını artırmak için imzalayacakları "Enerji Performans Sözleşmesi" için düzenleyecekleri ihalelere

en az iki Enerji Verimliliği Danışmanlık şirketinin teklifi alınacak. İhaleyi kazanan üstlenici firmalar, enerji performans sözleşmesine konu olacak olan projelerinin uygulamasını doğrulamak adına 12 ayda bir kez yıllık tasarruf doğrulama raporu hazırlayacaklar. Tasarruf doğrulama raporuna göre hiç tasarruf sağlanamamış ise sözleşme iptal edilecek ve önceden verilen teminat, irat olarak kaydedilecek.

Enerji performans sözleşmeleri kapsamında yapılacak olan yatırım yıllık 2 milyon TL'den az olamayacak. Yıllık toplam enerji tüketiminin %10'u veya herhangi bir enerji tüketimi alanında uygulanacak her bir enerji verimliliği önlemi için %20'den az tasarruf garantisi verilemeyecek.

Sağlıklı ESCO yapıları enerji verimliliğinin tabana yayılıp geliştirilmesinde şu yüzden kilit rol oynayacaktır:

1. Alanında uzman firmalar ile birlikte, çok daha sağlıklı ve düşük riskli projeler gerçekleştirilmeye başlayacaktır.
2. Finans kuruluşları, bu büyük pazarı görececek ve bu düşük riskli projeleri finanse etme konusunda daha iştahlı olacaktır.
3. Uygun koşullu finansman seçenekleri ile son kullanıcılar bu tip yatırımlara daha hevesli olacaklardır.
4. Son kullanıcıların ilgisi, piyasadaki danışman firmaların ve ekipman tedarikçilerinin hem bilgi birikimi hem finansal açıdan güçlenmesini sağlayacaktır.

5.3 Bina Sistemleri ile İlgili Pratik Öneriler¹¹²

Bir binanın maksimum verimde inşa edilebilmesi için sadece yüksek verimli ekipmanların tercih edilmesinden çok, bütünlüklü bir tasarım yapılması gerekmektedir. Bu noktada, binanın hem iklim, arazi koşulları gibi dış şartları hem de kullanım profili gibi iç şartları göz önünde bulundurularak, ısıtma, soğutma, havalandırma, yapay ışık talepleri minimuma indirilecek şekilde bir mimari tasarım yapılmalı, sonrasında ise ekipman seçimine geçilmelidir. Bütünlüklü tasarım kılavuzu için ÇŞB'nin ilgili yayınlarına bakılabilir ¹¹³.

5.3.1. Isı Yalıtım Sistemleri

Isı Yalıtım malzeme seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar

Isı kayıplarının/kazançlarının azaltılmasında kullanılan, hafif, kolay uygulanabilen ve yüksek ısı direnç özelliğine sahip ürünlere ısı yalıtım malzemesi denir. Bu malzemelerin özelliği, ısı iletkenliklerinin düşük, ısı geçişine karşı gösterdikleri direncin ise yüksek olmasıdır. Isı yalıtım malzemelerinde aşağıda ki kavramları iyi bilmek gerekmektedir.

¹¹² Bu bölüm, ÇŞB tarafından, AB mali destek programı altında "Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması için Teknik Yardım Projesi" kapsamında yayınlanan rehber kitaplardan derlenmiştir. Daha detaylı bilgi için <https://www.csb.gov.tr/dokumanlar>

¹¹³ Örn: <https://webdosya.csb.gov.tr/csb/dokumanlar/mhgm0007.pdf>

a) Isıl İletkenlik Değeri (W/mK)

Birbirine paralel iki yüzeyin sıcaklıkları arasındaki fark 1 °C olduğunda birim zamanda (1 saat) birim alan (1 m²) ve bu alana dik yöndeki birim kalınlıktan (1m) geçen ısı miktarıdır. Her malzeme muhtelif yöntemler ile ölçülen farklı ısı iletkenlik değerine sahip olup, TS 825 Standardın da ısı yalıtımı malzemelerinin ısı iletkenlik değerleri belirtilmiştir.

b) Isıl Direnç, R (m²K/W)

Isı yalıtım malzemeleri, ısı transferine yüksek direnç gösteren özel malzemelerdir. Isıl direnç; kullanılan malzeme kalınlığının, malzemenin ısı iletkenli değerine bölünmesi ile elde edilir ve R değerinin 1'den büyük çıkması beklenir. Isıl direncin büyük çıkması yapı bileşenlerinde ki ısı transfer katsayısının düşmesini sağlar. (R = kalınlık / ısı iletkenlik değeri)

Isıl iletkenlik değeri küçük olan malzemeler, TS 825'e göre hesaplanan kalınlıktan daha düşük kalınlıkta uygulanırsa, ısı kayıpları istenilen düzeyde önlenemeyeceği için yakıt tüketiminde beklenen hedeflere ulaşamayacaktır. Düşük ısı direnç katsayısına sahip malzemeler, istenilen yakıt tüketimi hedeflerine ulaşılmasında tek başlarına yeterli olmayabilirler.

c) Yoğunluk (kg/m³)

Malzemenin birim hacminin (1 m³) kütlesine yoğunluk adı verilir. Isı yalıtım malzemelerinde yoğunluk ısı iletkenlik değerini pek etkilememekle birlikte malzemenin dayanımı ile doğrudan ilgilidir. Genellikle ısı yalıtım malzemelerinin yoğunlukları geniş bir aralıkta değişkenlik göstermektedir. Malzeme seçiminde yalıtım uygulanacak bölgeye göre uygun yoğunlukların seçilmesi gerekmektedir. Bu sayede, malzemenin boyutsal olarak deformasyona uğraması engellenmiş olur.

d) Sıcaklık Dayanımı (°C):

Her ısı yalıtım malzemesinin özelliklerini kaybetmeye başlayıp deforme olmaya başladığı bir sıcaklık noktası vardır. Bu nedenle malzemenin uygulandığı yerde maruz kalacağı sıcaklık önceden belirlenmeli ve bu sıcaklığa uygun malzeme seçilmelidir.

e) Yangın Sınıfı (TS EN 13501-1)

Yapı ve yalıtım malzemelerinin yangın sırasındaki davranışlarını ölçmek için çeşitli deney metotları geliştirilmiştir. Aşağıda belirtilen standarda bağlı olarak yapılan deneylere tabi tutulan malzemenin davranışı ölçülür ve sınıflandırılır.

f) Boyut Stabilitesi

Boyut değişimi sıcaklık ve zamanla çekme (rötire) durumlarına göre ayrı ayrı düşünülür. Levhaların ısı genleşme katsayısı, 17 K'lık sıcaklık farkında yaklaşık 1 mm/m bir değişim göstermesidir.

Örnek vermek gerekirse; EPS'nin sıcaklık karşısında boyut değişim faktörü, 17 °C'lık sıcaklık farkında yaklaşık 1 mm/m bir değişim olur. Bu da %0,1 demektir. Normal şartlarda

ve uygulamalarda, bu mertebede ki boyut değişimi sorun oluşturmaz ve ek tedbir alınması gerekmez. Çok büyük yalıtım levhalarının büyük sıcaklık farkına maruz kaldığı yerlerde kullanılması halinde gerekli önlemler (derz) alınmalı ve uygulanmalıdır. (PÜD (Polistren Üreticileri Derneği) kitapçık)

g) Mekanik Dayanım (kPa) (Basma Dayanımı)

Isı yalıtım malzemelerinin basma dayanımlarının kullanılacak yere göre belirlenmesi gerekmektedir.

Örneğin temel altlarında ya da toprak altında kalacak duvarlarda kullanılacak ısı yalıtım malzemelerinin üzerine uygulanan basınçtan kaynaklı deformasyona uğramaması için mekanik dayanımı yüksek malzemedan seçilmesi gerekir.

Ayrıca ısı yalıtım malzemesinin yük altında ya da zamana bağlı olarak kalınlığını kaybetmesi ısıl direncin de azalmasına neden olacağından detaya uygun basma dayanımına sahip malzeme seçilmesi önemlidir.

h) Su buharı difüzyon direnç faktörü (μ)

Su buharı direnç faktörü; yapı elemanının durgun havadan kaç kat fazla su buharına geçişine direnç sağladığının ölçüsüdür. Su buharı, basınç farkı nedeni ile ısı transferi ile aynı yönde hareket eder ve yapı malzemelerinin gözeneklerinden geçerek yüksek nemli alandan az nemli alana doğru hareket eder. Bu transfer sırasında doyma veya düşük sıcaklıkta ki bir yüzeyle temas etmesi durumunda buharın bir kısmı yoğunlaşarak su haline dönüşür. Bu su, yapı elemanı içinde birikerek yapının kendisine ve konfor şartlarına zarar verir.

Yoğuşma, yapı elemanı yüzeyinde oluştuğunda, dökülmelere, küf oluşumuna, paslanmalara, ahşap çürümesi vb. deformasyonlara neden olur. Yoğuşmanın yapı elemanı ara yüzeylerinde olması durumunda ise, yapımızın taşıyıcı sisteminde bulunan demirlerin paslanmasına ve yapı ömrünün azalmasına neden olur. Yalıtım malzemelerinin yüzeyinde ve içerisinde su buharının oluşmaması istenir. Böyle bir durumda su buharı suya dönüşür ve bulunduğu yapı malzemesinin yapısını bozar ve ısıl iletkenlik değerinin yükselmesine neden olur.

i) Su buharı difüzyonuna karşı direnç (S_d)

Su buharı difüzyonuna karşı direnç değeri, bir yapı elemanı katmanının su buharına geçişine karşı gösterdiği performans değeridir. Bu değer, su buharı difüzyon direnç faktörü (μ) ile malzeme kalınlığının çarpılması ile elde edilen bir büyüklüktür ve yapı elemanının su buharına geçişine karşı gösterdiği performansı ifade etmektedir.

j) Hacimce Su Emme (%)

Suyun ısı iletkenlik değeri havadan 25 kat, buzun ise 80 kat fazladır. Yalıtım malzemesinin içine giren su, ısı yalıtım malzemesinin ısıl direncini azaltır. Dolayısıyla bünyesine su almayan ısı yalıtım malzemelerinin kullanımı detay çözümlerimizde bize avantaj sağlar. Su emme değeri yüksek olan malzemelerin kullanılacağı detaylarda ise malzemeyi neme ve suya karşı koruyacak tedbirler alınması ve detayların bu şekilde çözülmesi gerekmektedir.

Fayda maliyet açısından günümüzdeki en iyi sistemlerin karşılaştırılması

Bir binanın ısı yalıtımında aşağıdaki sistemler tercih edilebilir

1. Tüm cephelerin geleneksel ısı yalıtım malzemeleri ile kaplanması. En uygun dış cephe yalıtım malzemeleri:
 - o XPS/EPS (yanmaz sınıfta)
 - o Taş Yünü/Cam Yünü
 - o Gaz Beton sistemler
2. Havalandırmalı cephe tasarımın/çift cidarlı cephe tasarımı
3. Yenilikçi ısı yalıtım malzemeleri ile yalıtım
 - o Vakum ve Gaz yalıtımlı malzemeler (VIM&GIM)
 - o Aerogel malzemeler
 - o Faz değiştirebilen malzemeler

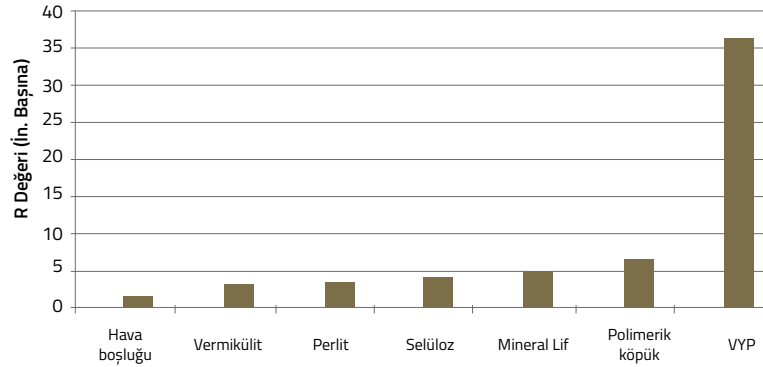
Yukarıdaki sistemler, maliyet açısından da ucuzdan pahalıya doğru sıralanmıştır. Fayda maliyet analizi yapıldığında, açık ara en yüksek fayda maliyet oranına geleneksel ısı yalıtım malzemeleri ile ulaşmak mümkündür. Ancak burada kilit nokta, optimum ısı yalıtım kalınlığı seviyesinin seçimi ve doğru uygulamanın yapılmış olmasıdır. Aksi halde, sıklıkla karşılaşıldığı üzere, gerektiğinden daha ince seçilmiş kalınlıklar veya hatalı uygulamalar özellikle uzun vadede oldukça maliyetli olacaktır.

Uygulamada dikkat edilmesi gerekenler

- Öncelikle uygulama özelinde en uygun malzemenin seçimi yapılması gerekmektedir. Isı yalıtım performansı parametrelerinin yanında, mekanik dayanım, sıcaklık dayanımı yoğunluğu veya basınç dayanımı da uygulama özelinde hesaba katılması gereken parametrelerdir.
- Yalıtım uygulamasının uzun ömürlü ve beklenen performansa sahip olmasının en önemli koşulu, uygulamanın doğru yapılmasıdır. Aksi halde en iyi malzemeyle bile istenen sonuç alınamaz. Bu yüzden, doğru uygulama firmasının seçilmesi oldukça önemlidir.
- Uygulamada dikkate edilecek ayrıntılar ve uygulama prensipleri için ÇŞB'nin ve ilgili derneklerin yayınladığı kılavuzlar incelenmelidir.

Önümüzdeki dönemlerde yaygınlaşması beklenen sistemler

Isı yalıtımı, en basit en basit haliyle, ısı transferinin engellenmek istenen kısımları hava boşluklu katmanlar ile birbirinden ayrılmasıdır. Hava iyi bir ısı yalıtkan olduğundan yeterli miktarda ısı transferi engellenebilir. Ancak havadan daha iyi ısı yalıtımı sağlayan maddelerde mevcuttur. Aşağıdaki grafik, ısı yalıtımı performansı konusunda hava ile diğer maddelerin karşılaştırmasını vermiştir:



Şekil 5-2: Farklı malzemelerin ısı yalıtım performansı¹¹⁴

Üstteki grafikte görüldüğü üzere, ısı yalıtım malzemelerin içinde hava boşluğu yerine vakum kullanıldığında, ısı yalıtım performansı oldukça güçlü bir şekilde artmaktadır. Böylece:

- Çok daha ince uygulamalar ile aynı performans alınabilecektir
- Daha ince malzemelerin uygulanması, uygulamada çok önemli kolaylıklar sağlayacak, uzun vadede hatalı uygulamalardan dolayı ortaya çıkan sıkıntıların elemine edilmesine yardımcı olacaktır.

Dolayısı ile gelecekte yukarıdaki sıraya benzer bir sırada, önce perlit dolgulu ısı yalıtım malzemelerinin, sonrasında polimerik köpük dolgulu malzemelerin ve en sonunda ise vakum etkisi yaratan malzemelerin kullanımının yaygınlaşması beklenmektedir.

5.3.2. Pencere Sistemleri

Ekipman seçiminde dikkat edilecek hususlar

Pencerelerin ısı yalıtımını etkileyen faktörleri aşağıda sıralanmıştır.

a) Ara Boşluk Genişliği

Ticari genişlikler standart olarak 6-16 mm arasında değişmektedir. Ara boşluk çift cam ünitesinin yalıtım değeri de artmaktadır. İki cam arasında hapsedilen kuru ve durgun hava sayesinde bina ısısının pencerelerden dışa kaçışını tek cama göre yarı yarıya azaltmaktadır.

b) Ara Boşluk Gaz Dolgusu

Standart olarak kuru havadır. Hava yerine ara boşluğa doldurulan Argon vb. ağır gazlar çift cam ünitesinin yalıtım değerini artırır.

¹¹⁴ Bayrakçı, H. C., Davraz, M., Başpınar, E., Yeni Nesil Isı Yalıtım Malzemesi: Vakum Yalıtım Paneli, 2011, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/196106>

c) Camın (Kaplamanın) Yayınım (Emisivite) Değeri

Yayınım (ϵ) bir cisim üzerinden elektromanyetik yolla enerji transferinin ölçüsüdür. Yayınım değeri teorik olarak 0 ile 1 arasında değişir. "Mutlak siyah" cisimlerin yayınım değeri 1'dir. Düşük yayınım daha iyi yalıtım demektir. Camın yayınım değerinin azaltılması ve dolayısıyla da ısı transferinin yavaşlatılması cam üzerine yapılan Low-E (düşük emisiviteli) kaplamalar ile sağlanır. Low-E ısı kontrol kaplamalı çift cam üniteleri oda ısısını görünmez bir ayna gibi tekrar içe yansıtarak bina sıcaklığının dışa kaçışını klasik çift cama göre yarıya yakın bir düzeye indirebilmektedir.

Low-E ısı kontrol kaplamalı çift cam ünitelerinin özellikleri şunlardır:

- Camlarda ısı kaybını tek cama göre ortalama %65-70; standart yalıtım camı ünitelerine göre ortalama %35-40 oranında azaltabilmekte,
- Güneş ışınlarının içeri girişine izin vererek ve içeri giren güneş enerjisini içte tutarak ısıtmada güneş enerjisinden yararlanma olanağı sağlayabilmekte,
- Pencere önlerindeki "soğuk bölge" olgusunu önleyerek oda ısısının daha dengeli dağılımını sağlayabilmekte ve
- Kışın çok soğuk günlerinde oda içine bakan cam yüzeylerindeki terlemeleri önleyebilmektedir.

Yazın ise kaplamalı camlar ile bina ısı kazanımları azaltılabilmekte ve güneş ısısının iç mekâna kontrollü olarak girmesine izin verildiği için soğutma giderleri de azaltılabilmekte, bina içi konfor düzeyi sağlanabilmektedir. Camda güneş kontrolü; camın üretim aşamasında cam hamuruna renk verici bazı maddelerin ilave edilmesiyle renkli cam üretimiyle ve renkli veya renksiz düz cam üzerine yapılan metalik kaplamalarla sağlanabilmektedir.

d) Pencere çerçeve malzemesi

Alüminyum, ahşap, PVC ve fiberglas gibi çeşitli malzemelerden temin edilebilir. Çerçeveler tek bir malzemedен veya birkaç malzemenin kombinasyonu olarak imal edilebilirler.

Her çerçeve malzemesinin avantajları ve dezavantajları vardır, kullanım yeri ve amacına göre seçimi yapılmalıdır. Güçlü yapılarına rağmen en fazla ısı iletkenler alüminyum çerçevelerdir, çerçevelerin iç ve dış tarafları arasına yalıtımlı şeritler yerleştirilerek yalıtımı iyileştirilmiş tipleri mevcuttur. En iyi ısı direnci gösteren çerçeve ahşap çerçevelerdir. Öncelikle polivinil kloritten (PVC) yapılmış vinil pencere çerçeveleri birçok avantaj sunmaktadır. Geniş stil ve şekil çeşitleri mevcuttur, vinil çerçeveler orta- yüksek ısı dirence sahiptir ve çok düşük bakım gerektirirler. Vinil çerçeveler metal veya ahşabın kendine has gücüne sahip değilken, daha büyük boyutlu pencereler genellikle alüminyum veya çelik takviye çubuklarıyla güçlendirilir.

Cam cephe sistemlerinde ise mimari kaygılar ve yüksek dayanım özellikleri dolayısı ile alüminyum çerçeveler daha çok tercih edilmektedir. Bu noktada ise ısı yalıtımlı profil (**thermal break**) kullanılması oldukça önemlidir. Bunun yanında camlarda da ısı ve ışık kontrollü katmanlar, binanın enerji verimliliğini önemli ölçüde yükseltecektir.

Fayda maliyet açısından günümüzdeki en iyi sistemlerin karşılaştırılması

Fayda maliyet oranını etkileyen en önemli parametre bina cephesindeki pencere alanı olacaktır. Cam cepheler gibi yüksek oranda cam veya pencere içeren cephelerde çok daha ısı yalıtımlı pencere sistemleri kullanılması çok daha önemli fayda sağlayacaktır. Burada çok genel bir yaklaşım ile pencere sistemlerinin U değerlerine göre kategorize edersek, en yüksek fayda/maliyet oranları şu durumlarda ortaya çıkacaktır:

1. U değeri 1,0'dan düşük çok yüksek verimli pencere sistemleri: TS825 iklim bölgelerinden 4. Bölge'deki gibi çok soğuk iklimlerde yüksek pencere oranına sahip cephelerde
2. U değeri 1,0 ila 1,5 arasındaki yüksek verimli pencere sistemleri: 4. İklim bölge düşük pencere oranına sahip cephelerde veya 3. Bölgede veya 2. Bölgede yüksek pencere alanına sahip cephelerde
3. U değeri 1,5 ila 1,8 arası verimli pencere sistemleri: Daha ılıman iklimlerdeki uygulamalarda

Yukarıda verilen değerler, genel bir yaklaşımdır ve fikir verme amaçlıdır. Uygulama özelinde optimum U değeri hesabı yapılması gerekir.

Uygulamada dikkat edilmesi gerekenler

Pencereler, doğal olarak ısı iletkenlikleri diğer opak cephe elemanlarına göre yüksektir. Bunun yanında ışık geçirgenlikleri de yüksek olduğundan iç ortamın doğal aydınlatmasına yardımcı olurlar ve yapay aydınlatma için harcanacak enerjiyi düşürürler. Dolayısı ile uygulamada, termal yalıtım ve doğal aydınlatma ihtiyaçları birlikte düşünülerek pencerelerin konumlarına ve boyutlarına karar verilmelidir. Ayrıca, yine doğal aydınlatma kazançlarını da arttırırken, soğutma yüklerini de arttırmamaya gayret edilmeli, gerekirse güneş kontrollü camlar ya da gölgelendirme sistemleri tercih edilmelidir.

Önümüzdeki dönemlerde yaygınlaşması beklenen sistemler

Güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi önümüzdeki dönemin ana konsantrasyon konusudur. Bu noktada PV panellerin tüm cephe elemanlarına olduğu gibi pencere sistemlerine de entegrasyonu önümüzdeki dönemde beklenen gelişmelerdir. İnce film teknolojilerindeki gelişme ile saydamlığı yüksek PV filmler üretilebilmekte ve bunlar cam sistemlerine entegre edilerek, camların da enerji üretiminde aktif rol alması sağlanabilmektedir.

5.3.3. Isıtma Sistemleri

Ekipman seçiminde dikkat edilecek hususlar

Öncelikle elektrikli mi yoksa fosil yakıtlı bir ısıtma sistemi mi tercih edileceğine karar verilmelidir. Sanılanı aksine, özellikle ısı pompaları çok soğuk iklim şartlarında da oldukça verimli çalışabilir. Zaten ısı pompalarının en yüksek oranda kullanıldığı İskandinav ülkelerinin iklimi göz önünde bulundurulduğunda durum daha da iyi anlaşılabilir. Burada önemli husus, hava kaynaklı ısı pompalarının uç hava şartlarından daha çok etlendiğidir. Bunun yanında toprak ve su kaynaklı ısı pompaları, iklim şartlarından çok daha az etkilenecek verimlerinden çok az kaybederler.

Fosil yakıtlı sistemlerde ise en yüksek yakma verimine sahip ve çevresel en az zararı olan doğalgaz'ın kullanılması zaten ilgili mevzuat çerçevesinde de zorunlu kılınmıştır. Ancak yine de bir doğalgaz kazanı seçilirken aşağıdaki noktalara dikkat edilmesi gerekir:

a) Verimi

Yoğuşmalı tip doğalgaz kazanları her zaman tercih edilmesi önerilir.

b) Kapasitesi

Gereğinden büyük kazan boyutlandırması, kazanın her zaman optimum yük miktarından daha düşük yükte çalışmasına, dolayısı ile daha düşük verimde olmasına neden olur. Ayrıca, özellikle binalar gibi değişken yükler söz konusu olduğunda, kontrollü/modülasyonlu brülör kullanımı ile daha yüksek yakma verimlerine ulaşılabilecektir. Yine tek bir büyük kazan yerine daha küçük boyutlu birden fazla kazanın kaskad olarak çalışması, tüm yük aralıklarında optimum verimi sağlayacaktır.

c) Çalışma sıcaklıkları

Düşük sıcaklıkla çalışan ısıtma sistemleri, örneğin yerden ısıtma genel olarak yüksek sıcaklıkta çalışan sistemlerden daha verimlidir. Ancak maliyeti yukarı çekebilir.

Fayda maliyet açısından günümüzdeki en iyi sistemlerin karşılaştırılması

Günümüzdeki en verimli ısıtma sistemi, toprak ya da su kaynaklı ısı pompalarıdır. Ancak fayda/maliyet oranına bakıldığında, daha düşük fiyatlarından dolayı yoğuşmalı doğal gaz kazanı ihtiva eden sistemler daha yüksek performans göstermektedir. Isıtma yükünün yıl içinde değişimine göre, kaskad sistemler çok yüksek dalgalanmalara sahip yük profillerinden en iyi fayda/maliyet oranını sağlayacaklardır.

Uygulamada dikkat edilmesi gerekenler

Uygun ısıtma ekipmanı seçildikten sonra, ısı transfer hatları da yine aynı özende planlanması gerekmektedir. Isı dağıtım sisteminin de yalıtımı ayrıca dikkatlice yapılmalıdır.

Bir diğer husus, optimum ortam sıcaklık değerinin belirlenmesidir. Gereğinden yüksek belirlenmiş sıcaklıklar enerji kaybına yol açacaktır.

Ayrıca baca gazı sıcaklıkları ve oksijen oranı da gerekli periyotlarda kontrol edilerek gerçek yakma verimleri hesaplanmalıdır. Mümkün olan her durumda, özellikle baca gazından ısı geri kazanımı incelenmelidir.

Yine sistemdeki sirkülasyon pompalarının da verimli seçilmesi ve hız/frekans kontrolü yapılması verimi en üst seviyeye taşıyacaktır.

Önümüzdeki dönemlerde yaygınlaşması beklenen sistemler

Yerinde enerji üretimi gelecekteki odak noktası olduğundan, ısıtma sistemlerinin de enerji üretimine katkıda bulunması beklenecektir. Bu noktada, kojenerasyon sistemleri, yine fosil yakıtlardan beslendiği için yaygınlaşması gerçekleşmeyecektir ancak özellikle düşük sıcaklıktaki ısı ısıdan elektrik üretebilen ORC sistemlerinde yaygınlaşma beklenmektedir. ORC sistemleri için gereken enerji ısı geri kazanımı veya binadaki biyoatıklar yardımıyla sağlanacaktır.

Kendi elektrik ihtiyacını kendisi üreten binalara evrilme gerçekleştiğinde, tüm mekanik tesisatın da elektrikli olması tercih edilebilecektir. Bu noktada ısı pompaları yine verimleri ile öne çıkmaktadır.

5.3.4. Soğutma Sistemleri

Ekipman seçiminde dikkat edilecek hususlar

Soğutma sistemlerinde AB direktifleri ile uyumlu olarak ülkemizde de enerji verimliliği sınıflamaları mevcuttur. Split klima ve VRF sistemleri için A+++ ve D arasında sınıflandırılan iklimlendirme sistemleri seçimi yapılırken alınabilecek en yüksek sınıftan seçim yapılması önemlidir.

Elektrikli soğutma gruplarında (Çiller) Eurovent'in A ile G arasındaki sınıflandırması kullanılabilir. Bu sınıflandırma, yasal bir sınıflandırma olmamasına rağmen, Eurovent'e üye üreticilerin bu sınıflandırma tabi ürünlerini tercih etmek faydalı olacaktır.

Bina iklimlendirmesinde sistemin verimini en üst noktaya çıkaran elemanlar kontrol sistemleridir. Dolayısı ile seçilecek tüm ekipmanların en azından temel otomatik kontrol sistemlerini ihtiva etmesi beklenmelidir.

Yine kapasite seçimi oldukça önemlidir. Büyük kapasiteli ekipmanlar düşük yükler altında optimum verimde çalışmayabilir. Eğer büyük kapasiteli tek bir soğutma ekipmanı alınacak ise, frekans/hız kontrollü olmasına dikkat edilmelidir.

Fayda maliyet açısından günümüzdeki en iyi sistemlerin karşılaştırılması

Isıtma sistemlerinde olduğu gibi, soğutma sistemi olarak bakıldığında da günümüzdeki en verimli sistemler toprak ve su kaynaklı ısı pompalarıdır. Ancak yine fayda maliyet açısından bakıldığında, yüksek verimli VRF sistemler hem yüksek verimli hem de yüksek esnekliğe sahip sistemler olarak ön plana çıkmaktadır. VRF sistemleri hem değişken yük profillerinde hem de binanın farklı yük profiline sahip bölgelerinin ayrılabilmesi konusunda oldukça iyi iş çıkarmaktadır.

Bunun yanında, tüm iklimlendirme sistemlerinde bina otomasyon sistemleri, verimin maksimize edilmesi konusunda oldukça önemli rol üstlenmektedir. Binanın anlık ihtiyacına veya kullanım eğilimine göre ekipmanların çalışma parametrelerinin optimize edilmesi ancak bina otomasyon sistemleri ile gerçekleştirilebilir.

Uygulamada dikkat edilmesi gerekenler

İşletim esnasında şunlara dikkat edilmesi gerekmektedir:

- Toplam soğutma yükü, tesisin toplam işletme maliyetini en aza indirecek şekilde soğutma grupları arasında dağıtılmalı,
- Soğutma ihtiyacı olmadığı zaman bütün soğutma grubunu kapatmak için otomatik kontrol sistemi kullanılmalı,
- Ön soğutma gerektiren uygulamalarda, optimum başlatma kontrolü kullanılmalı,
- Birden fazla soğutma grubunun olduğu tesislerde su pompalarının çalışmasını en aza indirmek üzere boşa çalışan entegre evaporatörleri devre dışı bırakılmalı,
- Su soğutma gruplarında, evaporatör borusunun su tarafındaki kenarlarının uygun aralıklarla temizlenmesi gerekmektedir. Evaporatörün su tarafındaki yüzeylerinin kirlenmesi, evaporatörleri istenilen sıcaklığı temin etmek için daha düşük bir sıcaklıkta çalışmaya zorlanmasına neden olur ve enerji tüketimini artırır. Evaporatörün kirlenmesi kondenserin kirlenmesinden daha az olur ve genellikle temizlenmesi daha kolaydır.
- Kondenserdeki sıvı soğutucu akışkanla soğutma kulesine giren su arasındaki sıcaklık farkı düşük olmalıdır. Böylece soğutucu akışkanla soğutma suyu arasında verimli ısı transferi gerçekleşir. Kondenser suyunun giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark ise büyük olmalıdır. Böylece kondenser suyu ısıyı verimli şekilde çekebilir. Bu sıcaklık farkları sadece birkaç derecedir ve sıcaklık farkları soğutma grubu yüküyle değişir.

Bu yüzden sıcaklıkların soğutma grubu yükünün her kapasitesinde ne olması gerektiğini gösteren bir diyagram hazırlanmalı ve temizlik zamanlarının saptanmasında kullanılmalıdır.

Önümüzdeki dönemlerde yaygınlaşması beklenen sistemler

VRF tipi sistemlerin daha önceki bölümlerde anlatıldığı üzere sahip olduğu yüksek esneklik sayesinde her türlü bina tipi ve yük profili için uygun ve yüksek çözümler üretilebilmektedir. Dolayısı ile VRF sistemleri her geçen gün gelişen verimleri ile gelecekte de ön planda olmaya devam edeceklerdir. Bu noktada asıl gelişim, uygulanacak yeni mimari çözümler ve kullanılacak yeni tip malzemeler ile binaların soğutma ihtiyaçlarının minimize edilecek olmasıdır.

5.3.5. Havalandırma Sistemleri

Ekipman seçiminde dikkat edilecek hususlar

Havalandırma sistemlerinde enerji verimliliğini arttırmak için ilk yapılması gereken, tasarım aşamasında bina projesinin doğal havalandırma imkânlarından yararlanacak şekilde yapıma imkanlarının değerlendirilmesidir.

Yine Eurovent'in A+ ve E sınıfları arasındaki verimlilik kategorileri kullanılarak, mümkün en yüksek verimli klima santralleri tercih edilmelidir. Eğer böyle bir sınıflama mevcut değil ise, fan verimleri, fan kontrolleri ve ısı geri kazanım verimleri dikkate alınmalıdır.

Fayda maliyet açısından günümüzdeki en iyi sistemlerin karşılaştırılması

Havalandırma ihtiyacı, diğer iklimlendirme sistemlerinde olduğu gibi, mimari tasarıma çok bağlıdır. Dolayısı ile doğal havalandırmadan mümkün olan en yüksek faydayı sağlamak gerekmektedir.

Uygulamada dikkat edilmesi gerekenler

Havalandırma sistemlerinde ve klima santrallerinde enerji verimliliği için doğru projelendirme ve sistem tasarımı çok önemlidir. Enerji verimliliği için planlama, sızdırmazlık, yalıtım, düşük basınç kaybı, yüksek verimli fan kullanımı, kontrol stratejileri, serpantin ve kanal temizliği, ısı geri kazanımı gibi konular çok önemlidir.

- Havalandırma sisteminin bina boşken kapalı olup olmadığı kontrol edilmeli, hava yenileme mekanlarının kullanımı ile bağlantılı olarak personelin mevcudiyetine göre yapılmalıdır. Hava kalite sensöründen veya CO₂ sensöründen kumanda alan "talep kontrollü havalandırma" yapılmalıdır. Bu sistem binaların kullanım biçimlerine bağlı olarak (Kafe, ofis, spor salonu vb.) geleneksel sistemlere göre enerji tüketiminde %20-50 oranında tasarruf sağlayabilmektedir. Ancak binalarda minimum enerji tüketimiyle kabul edilebilir bir iç hava kalitesine ulaşabilmek için ticari binalar ve

konutlar için tavsiye edilen kişi başına düşen taze hava miktarı (ASHRAE Standard 62) ile saat başına hava değişim sayıları mutlaka dikkate alınmalıdır.

- Binalarda ısı ve elektrik israfına neden olan aşırı havalandırmaya çok sık rastlanmaktadır. Havalandırma sistemlerinin hava akımlarını ölçülmeli ve azaltma yönünde önlemler alınmalıdır.
- Havalandırma kanalları aynı kol üzerindeki besleme havası açıklıkları arasındaki basınç farkı 12,5 Pa değerini aşmayacak şekilde tasarlanması tavsiye edilmektedir.
- Yalıtılmamış borular, elektrikli cihazlar, aydınlatma ve benzer kaynaklardan gelen ısı kazançları havalandırma sisteminin ve klimaların daha çok çalışmasına ve para israfına neden olur. İstenmeyen ısı kaynaklarının olup olmadığı kontrol edilmeli ve gerekli önlemler alınmalı, tesisat boruları, kollektörler ve bağlantı malzemeleri, vanalar, havalandırma ve iklimlendirme kanalları ve diğer mekanik tesisat ekipmanları "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" hükümlerine uygun olarak yalıtılmalıdır.
- Temiz havayı ısıtmak çok maliyetlidir. Mümkünse, genel havalandırma sistemlerinde hava kalitesinden ödün vermeden taze hava oranının bir miktar azaltılması ve karışım havasının kullanılması önerilmektedir.
- Enerji tasarrufu ve kapasite artırımı sağlamak amacıyla egzoz havasının ısısını geri kazanan ısı/soğutma geri kazanım eşanjörleri kullanımına yönelik fizibilite çalışmaları yapılmalı, içeri alınan temiz havanın ön ısıtılması/soğutulması yoluyla geri kazanılması imkanlarından yararlanılmalıdır.
- Dış havanın kullanılması özellikle geçiş mevsimlerinde önemlidir. İlkbahar ve sonbaharda ısıtma veya soğutma yerine dış hava kullanılarak önemli tasarruflar sağlanabilir. Ancak dış havanın seçiminde ortam ve dış hava sıcaklıklarını karşılaştırmak yerine entalpilerini (enerjilerini) karşılaştırıp seçmek enerji verimliliği açısından daha etkilidir.
- Çoğu iklim kuşaklarında yaz ve geçiş mevsimi boyunca sabah saatlerinde dış hava sıcaklığı mahal ortam sıcaklığından daha düşük olabilmektedir. Gece havalandırması (Night Purge) ile binanın mekanik soğutması başlamadan geceleyin serin olan dış hava ile ön-soğutma yapılabilir. Böylece, tüm çalışma günü boyunca binada biriken kirli hava ve bina zarfında depolanan ısı yükü dışarı atılır.
- Değişken hız sürücüler, farklı yüklerdeki talebe göre elektrik motorlarının çıkış gücünü otomatik ayarlayan sürücü devreleridir. Değişken hız sürücüler, özellikle binahavalandırmasistemlerinde fan motorlarının elektrik tüketiminde %30 civarı tasarruf sağlayacaktır. Maliyetleri de uygun olduğu için yatırım kendini çok hızlı bir şekilde kendini amorti edecektir.

Önümüzdeki dönemlerde yaygınlaşması beklenen sistemler

Mekanik havalandırma sistemlerinin gelişimine bakıldığında, özellikle kontrol teknolojilerinde hızlı bir gelişim olduğu görülmektedir. Yeni nesil sistemler, entegre kontrol sistemleri sayesinde iç hava parametrelerini anlık olarak ölçüp anlık çalışma parametreleri ayarı yapabilmektedir.

Özellikle pandemik hastalıkların etkisini gösterdiği son dönemlerde, bina havalandırma sistemlerinde de özellikle kirli hava kullanımında birtakım kısıtlamalar meydana gelmiş, %100 temiz hava kullanımı teşvik edilmiştir.

Önümüzdeki yıllarda yine önceki bölümlerde söz edildiği gibi bütünleşik tasarımlar ve mimari çözümler ile binanın mekanik havalandırma ihtiyacının minimize edildiği binaların yaygınlaşması beklenmektedir. Yine bir havalandırma sisteminin temel enerji tüketen birimi olan elektrik motorlarında da yine IE4 ve IE5 sınıfı AC motorları ile yine yüksek verimli DC motor kullanımının artması beklenmektedir.

5.3.6. Aydınlatma Sistemleri

Ekipman seçiminde dikkat edilecek hususlar

Bir bina aydınlatması söz konusu olduğunda artık iki lamba tipinden söz etmek mümkündür. Lineer floresan (T5 tipi) ve LED lambalar diğer tüm lamba tiplerinin fiyat performans açısından önüne geçmiş durumdadır. T5 tipi lineer floresan lambalar ve armatürleri, halen en verimli ofis aydınlatma çözümlerini sunmaktadır. Bunun yanında LED teknolojisi, esnek kullanım alanı dolayısı ile geleceğin aydınlatma teknolojisi durumundadır. Ekipman seçiminde aşağıdaki konulara dikkat edilmesi gerekmektedir:

- Lamba ve armatür ışık verimi
- Renksel geriverim
- Armatürün kamaşma özellikleri
- Işık rengi
- Armatürün ışığı yayma/odaklama özellikleri
- Ömür

Özellikle LED lambalar/armatürler, yüksek verime sahip olmalarına karşın sıklıkla yanlış şekilde uygulandıkları için kısa ömürlü olmaktadır. Öncelikle özellikleri gereği LED'ler noktasal ışık kaynağıdır ve homojen bir aydınlatma elde edebilmek için iyi planlanmış reflektör sistemlerine ihtiyaç duyarlar. Ayrıca, LED'ler temelde elektronik devre olduklarından elektrik akımı ile ısınırlar ve bu ısının iyi planlanmış bir soğutma bloğu ile devreden uzaklaştırılması gerekir. Aksi halde LED devrenin ömrü çok kısa olacaktır. Dolayısı ile LED sistemler tercih edilirken, konusunda uzman firmaların tercih edilmesi önemlidir.

Fayda maliyet açısından günümüzdeki en iyi sistemlerin karşılaştırılması

Yukarıda bahsedildiği gibi en yüksek fayda maliyet oranına sahip sistemler LED ve T5 tipi lineer floresan ihtiva eden sistemlerdir.

Uygulamada dikkat edilmesi gerekenler

- Aydınlatılacak ortamın, standartlarda geçen aydınlık düzeyine homojen bir şekilde ulaştıracak şekilde aydınlatılması gerekmektedir.
- Dikkat gerektiren çalışma ortamlarında soğuk beyaz, 4000K ve üstü ışık rengine sahip lambalar kullanılmalıdır. Sıcak beyaz, 3000K ve altı renk sıcaklıkları rahatlama ve uyku hormonlarını tetikleyerek dikkatin dağılmasına yol açar. Lobi ve konutlar gibi rahatlama alanlarında ise sıcak beyaz renkler önerilir.
- Hareket Sensörleri, Zamanlayıcılar, dimmer sistemleri ve gün ışığı sistemleri lambanın yanacağı zamanı veya ihtiyaca göre ışık miktarını, dolayısı ile güç tüketimini otomatik olarak ayarlayan sistemlerdir. Ortalama olarak %20 ila %80 arasında tasarruf sağlarlar.

Önümüzdeki dönemlerde yaygınlaşması beklenen sistemler

Aydınlatma teknolojilerinin geleceği şüphesiz ki LED'lerdir. Hem mimari tasarımla bütünleşik hem kontrol sistemlerine kolayca adapte edilebilen tek aydınlatma sistemi şu an için LED sistemlerdir. Dolayısı ile gelişen teknoloji ile birlikte verimi daha da yükselecek LED sistemlerin tamamen yaygınlaşması beklenmektedir.

5.3.7. Yenilenebilir Enerji Sistemleri

Ekipman seçiminde dikkat edilecek hususlar

Günümüzde, binalarda kullanılacak yenilenebilir enerji sistemleri şu şekilde sıralanabilir:

1. PV sistemleri
2. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri
3. Biyoatıkların toplanması ile mikro biyogaz tesisleri
4. Mikro rüzgar türbinleri (örneğin horizontal türbinler)
5. Atık ısıdan faydalanan ORC sistemleri

Bunlar arasında, PV sistemleri ile güneş enerjili su ısıtıcıları hem şu anda hem de gelecekte en sık kullanılacak sistemler olarak öne çıkmaktadır. Bu noktada PV sistemlerin seçiminde gerekli referanslara sahip panel ve uygulayıcı seçimi çok önemlidir. Panel verimi konusunda da bir fayda/maliyet optimizasyon hesabı yapılması gerekmektedir. Piyasadaki en verimli PV

paneller fiyatlarındaki yüksek fark dolayısı ile her zaman en iyi çözüm olmayabilir.

Güneş enerjili su ısıtma sistemleri konusunda ise Türkiye oturmuş bir tedarikçi altyapısına sahiptir. İklim koşullarına göre Vakum tüplü paneller veya düz panellerin tercihi yapılmalıdır. Güneş enerjili su ısıtıcı kollektörlerde, yüksek verimli kollektör ile standart verimdeki kollektör arasında PV'deki kadar büyük fark olmayacağından alınabilecek en yüksek verimde kollektör tercih edilmesi gerekir.

Fayda maliyet açısından günümüzdeki en iyi sistemlerin karşılaştırılması

Fayda maliyet oranı en uygun ürünler düşük fiyatları sayesinde güneş enerjili su ısıtıcı sistemlerdir. Ancak hızla ucuzlayan PV sistemleri de yakın zamanda binalarda en çok tercih edilen yenilenebilir enerji sistemi olacaktır.

Uygulamada dikkat edilmesi gerekenler

- Güneş enerjili su ısıtıcı sistemlerde:
- Kolektörlerin optimum verimde çalışabilmesi için kolektör temizliğine önem verilmelidir. Periyodik aralıklarla toz ve kirden arındırılmalıdır.
- Sistemde dönen suyun kireçli olmamasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde borular içerisinde kireçlenme yaparak büyük verim kayıplarına yol açılabilir.
- Güneş enerjisinden sıcak su üretimi gündüz yapıldığından, gece depolanmış sıcak su kullanımı yerine gündüz anlık olarak ısıtılan suyu kullanmak sistem verimini arttıracaktır. Dolayısı ile bağlı termal yükler gündü kullanılacak şekilde planlanmalıdır.
- Özellikle düz panellerde, donmaya karşı antifriz kullanılmalıdır.
- Sistemdeki tüm borular ısı kayıplarına karşı yalıtılmalıdır. Ayrıca her türlü kaçak engellenmelidir.
- Kullanılacak pompalar verimli olarak seçilmeli ve uygun çalışma noktalarında çalıştırılmalıdır.

PV sistemlerde ise:

- Öncelikle en önemli nokta, uygulamanın uzman bir şirket tarafından yapılmasıdır. invertörlerin doğru boyutlandırılması ve topraklanması, panellerin açısının doğru seçilmesi, konstrüksiyonda doğru malzemelerin, kar ve rüzgar yükleri hesaplanarak seçilmesi ve tüm ekipmanların üreticiden bağımsız olarak garanti altına alınması oldukça önemlidir.
- Sistemin doğru izlenmesi ve anlık hasar tespiti yapılabilmesi için detaylı izleme sistemleri kurulması gereklidir.

- Panel ve diğer ekipmanların terör, hırsızlık ve doğa olaylarından zarar görmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır.
- Panellerin temizliği periyodik olarak profesyonel bir şekilde yapılmalıdır.
- Şebekeye bağlantı izinlerinin takibi ve verilen takvime uymak için gerekli planlama yapılmalıdır. Aksi halde alınan izinler iptal olabilir.

Önümüzdeki dönemlerde yaygınlaşması beklenen sistemler

Önümüzdeki yıllarda, bina sektöründe PV sistemlerin yenilenebilir enerji olarak pazara hakim olacağı açıktır. Hedeflenen nokta yerinde üretim ve tüketim olduğundan, buna en uygun enerji kaynağı güneştir. Özellikle gelişen teknolojiler ile, mimari yapıya çok daha iyi entegre edilebilecek PV paneller, her binanın ihtiyacı olan enerjiyi en verimli şekilde üretebilecektir. Bu noktada, özellikle ince film teknolojisinin daha da gelişip mimari tasarımlarda standart olarak kullanılması beklenmektedir.

EK 1

BEP MODELİNİN DOĞRULAMASI

Modelin sonuçlarını doğrulamak için çeşitli incelemeler gerçekleştirilmiştir. Bir boyutu, faydalı enerji talebinin ISO 52016 normuna göre tam olarak hesaplanmasıdır. Bu, normun sağladığı tüm test durumları yeniden başarılı şekilde üretilerek gerçekleştirilmiştir. Nihai enerji talebi, literatürdeki kanıtlanmış durumlarla en iyi şekilde doğrulanır. İlk karşılaştırma, Alman bina stokundan örneklerle yapılmıştır. Ancak bu çalışmanın odağı Türk bina stoku olduğundan, diğer kontroller, Türkiye'ye ve benzer iklim bölgelerine odaklanan literatür ile gerçekleştirilmiştir.

Model, çalışmaların tam değerlerini yeniden üretemeyecektir. Bu; örneğin gereken tüm giriş parametrelerinin belgelendirilmemesi, farklı iklim dosyaları ya da hesaplama yöntemleri gibi çeşitli nedenlerden kaynaklanmaktadır. Ancak, aspirasyon $\pm\%15$ 'lik bir makul aralık ya da ± 5 kWhs/(m²y)'lik bir mutlak sapma dahilinde sonuçlar elde etmeye yöneliktir.

Isıtma

Isıtma ve KSS talebi öncelikle 2017 yılındaki **Alman enerji tasarrufu kılavuz ilkelerinin** bir ön incelemesinden örnek durumlarla doğrulanır. Çok-haneli ev (küçük ve büyük) ve farklı ısıtma sistemleri (gaz, ısı pompası (hava-su), ısı pompası (toprak kaynaklı-su) içeren çeşitli test durumları seçilmiştir.

	Birim	ÇHK küçük (Gaz)	ÇHK küçük (IP hava)	ÇHK büyük (Gaz)	ÇHK büyük (IP toprak)
Net zemin alanı	m ²	473	473	3.811	3.811
Literatür					
Faydalı Isıtma	kWh/m ² /a	31,7	26,8	33,0	32,2
Faydalı KSS	kWh/m ² /a	11,9	11,9	11,2	11,2
BEP Aracı					
Faydalı Isıtma		31,1	28,56	35,33	33,49
Faydalı KSS		12,57	12,57	11,75	11,75
Delta Isıtma		%-2	%7	%7	%4
Delta KSS		%6	%6	%5	%5
Literatür					
Nihai enerji (ısıtma + KSS)	kWs/y	56,6	16,8	57,0	13,4
BEP Aracı					
Nihai enerji (ısıtma + KSS)		56	17,26	62,1	15,42
Nihai enerji delta		%-1	%3	%9	%15

Şekil EK1-1: Alman bina literatürü ile ısıtma ve KSS talebinin doğrulanması ¹¹⁵

Faydalı enerji talebine ilişkin maksimum sapma, nihai enerji talebi için (toprak kaynaklı-hava ısı pompası ile büyük ÇHK) Şekil EK1-2'de gösterildiği gibi %7 ve %15'tir. Bu nedenle, tanımlanan gerekleri karşılar.

Ek olarak, model, **Türk bina verimliliği kılavuz ilkelerinden (TS825)** elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmaktadır. TS825, ülkeyi dört iklim bölgesine böler. Binanın yüzey/hacim oranına (A/V) bağlı olarak, kılavuz ilkeler, faydalı ısıtma talebinin bir yönelim değerini sağlar. Bölge 1 için örnek formül şöyledir: $Q_{isi} = 44,1 \cdot \frac{A}{V} + 10,4 \left[\frac{kWs}{m^2 \cdot y} \right]$ Formül, bölgelere ilişkin ortalama iklimi hesaba katarak bir ortalama değer sağlar. Bu nedenle, her bir iklim bölgesi için farklı yükseklik ve konumlara sahip iki şehir hesaplanmıştır. Referans bina, 0,33'lük bir A/V oranını ve normda verilen yalıtım gereklerini karşılamaktadır.

¹¹⁵ EnEV 2017 – Vorbereitende Untersuchungen [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2017/bbsr-online-16-2017-dl.pdf? blob=publicationFile&v=2](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2017/bbsr-online-16-2017-dl.pdf?blob=publicationFile&v=2)

	Bölge 1	Bölge 2	Bölge 3	Bölge 4
	kWs/(m ² y)	kWs/(m ² y)	kWs/(m ² y)	kWs/(m ² y)
TS 825	25	48	62	78
Hesaplanan BEP aracı (Referans Şehir 1)	31	40	54	91
Hesaplanan BEP aracı (Referans Şehir 2)	15	60	64	57
Hesaplanan BEP aracı (Ortalama Şehir 1 ve 2)	23	50	59	74
Delta BEP (Şehir 1) - TS825	%24	%-16	%-12	%17
Delta BEP (Şehir 2) - TS825	%-40	%25	%4	%-27
Delta BEP (Ortalama) - TS825	%-8	%5	%-4	%-5
Referans Şehir 1	İzmir (d.s.ü. 25m)	Bursa (d.s.ü. 100m)	Ankara (d.s.ü. 938m)	Erzurum (d.s.ü. 1.950m)
Referans Şehir 2	Antalya (d.s.ü. 30m)	Amasya (d.s.ü. 300m)	Eskişehir (d.s.ü. 800m)	Kayseri (d.s.ü. 1000m)

Şekil EK1-2: Türk bina standardı (TS825) ile ısıtma talebi hesabının doğrulanması

Şekil EK-2 BEP aracı ile hesaplanan sonuçların, her iki yönde, bölgedeki tam konuma bağlı olarak norm değerinden saptığını göstermektedir. Her bir bölgedeki Şehirlerin ortalaması alındığında, TS 825 formülüne benzer şekilde, sonuçların sapması dört bölgenin tümünde %10'dan düşüktür.

Soğutma

Soğutma enerjisi talebi, , 2016 yılında Türkiye'deki binalara ilişkin u-değerlerinin maliyet en iyiliğini değerlendiren bir çalışma olan U-değeri harita raporu⁴ ile doğrulanmaktadır. Çalışma, bu iş için ilgili olan üçü alınan 12 şehri göz önüne almaktadır (bu bölgede soğutma ilgili olmadığı için Erzurum kapsam dışı tutulmuştur).

	Birincil Enerji Soğutması (kWs/m ² y)		
	İzmir	İstanbul	Ankara
U-Değeri Haritası - Rapor	16.1	8.6	6.8
BEP Aracı (0,5 gölgeleme)	15.6	7.1	7.2
Rapora göre Delta BEP	%-3	%-17	%6

Şekil EK1-3: U-değeri harita raporu ile soğutma talebi hesabının doğrulanması

Maksimum sapma, %17 ile İstanbul'un iklimine ilişkindir, ancak 1,5 kWh/(m²a)'lık küçük mutlak soğutma enerjisi talebi farkına ilişkin olarak, tolerans dahilinde olduğu değerlendirilmektedir. Diğer iki iklim için, soğutma talebi yalnızca küçük sapmalarla yeniden üretilebilir.

Türkiye'deki binaların enerji performansına odaklanan ikinci çalışma, Ümit Eşiyok tarafından Dortmund Üniversitesi'nde hazırlanan tezdır. Tezden, iki farklı bina tipi ve iklim seçilmiştir. BEP aracı sabit değil ancak dinamik performans katsayısına (COP) sahip olduğundan, iki bina hesaplanmıştır ve karşılaştırma için bir ortalama değer alınmıştır. Sonuçlar, her iki referans şehir için oldukça önemli şekilde farklılık göstermektedir. Ancak, soğutma derecesi günleri (CDD) karşılaştırıldıktan sonra, tezin farklı bir iklim dosyası kullanmış olduğu netleşmektedir. Bu nedenle, iklim sapması da hesaplanmıştır (CDD sapmasında). CDD'deki fark, soğutma enerjisi talebinin sapmasını neredeyse tamamen yansıtmaktadır, bu da model sonuçlarının tez sonuçları ile eşleştiğinin kabul edilmesinin nedenidir.

Birincil Enerji Soğutma				
İstanbul	Havalandırılmalı Sistem	Geleneksel Sistemler		
Soğutma Tezi	Referans	Referans	# Tez (Tset=18.3)	CDD
	15.0	17.3		450
Soğutma talebi BEP Aracı (COP 4)	23.9	27.7	#Meteonorm (Tset=18.3)	674
Soğutma talebi BEP Aracı (COP 5)	18.7	21.7		
Soğutma talebi BEP Aracı (ortalama)	21.3	24.7		
COP 4.5'ten delta (ortalama)				
	%42	%43	Delta CDD	%50
Birincil Enerji Soğutma				
Antalya	Havalandırılmalı Sistem	Geleneksel Sistemler		
Soğutma Tezi	Referans	Referans	# Tez (Tset=18.3)	CDD
	47.8	61.1		1083
Soğutma talebi ISO Aracı (COP 4)	67.5	79.7	#Meteonorm (Tset=18.3)	1307
Soğutma talebi ISO Aracı (COP 5)	52.7	62.3		
Soğutma talebi BEP Aracı (ortalama)	60.1	71		
COP 4.5'ten delta (ortalama)				
	%26	%16	Delta CDD	%21

Şekil EK1-4: Türk binalarının enerji verimliliğine ilişkin tez ile soğutma talebi hesabının doğrulanması

Soğutma talebine ilişkin olarak dikkate alınan ek bir çalışma da, bigEE-Projesi¹¹⁶ dahilindeki çeşitli iklimlerdeki soğutma enerjisi talebi hakkındadır. Abu Dhabi ikliminde, üç farklı yalıtım tipine sahip bir referans bina (çok haneli konut) değerlendirilmiştir.

Nihai Enerji talebi (ÇHK)			
Senaryo	bigEE (nemsiz dahil)	BEP Aracı	Delta
-	kWs/m ² y	kWs/m ² y	%
Referans	58	65	%12
DEB	31	32	%3
UDEB	17	12.7	%-25

Şekil EK1-5: bigEE-Projesi dahilinde bir çalışma ile soğutma talebi hesabının doğrulanması

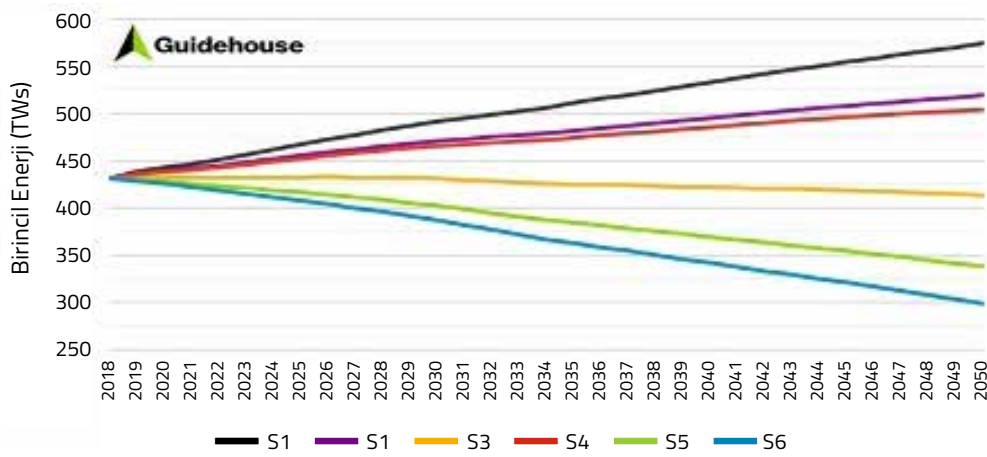
BEP aracının sonuçları ile bigEE çalışması için kullanılan simülasyon modelinin karşılaştırılması mümkündür. Ultra düşük enerjili bina durumu (ULEB) %25'lik sapmalar göstermektedir, ancak 4,3 kWh/(m²a)'lik mutlak değer, sapma toleransı dahilindedir.

¹¹⁶ <http://www.bigee.net/>

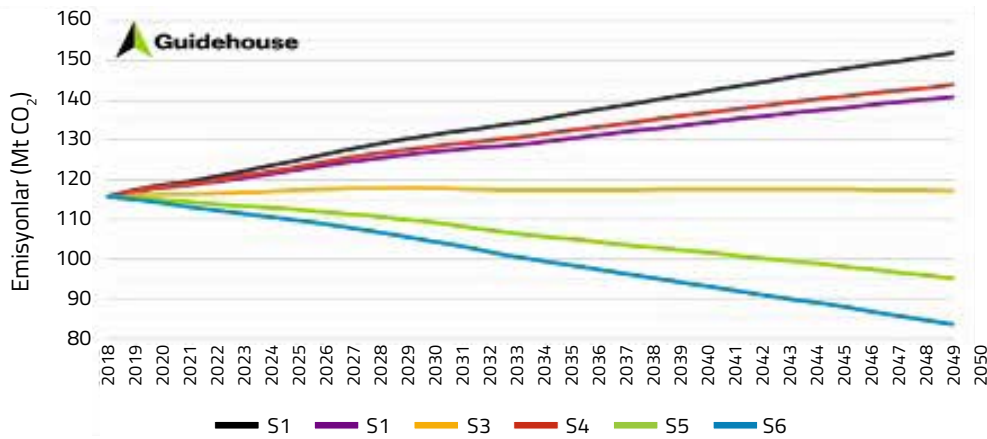
EK 2

%'1'LİK BİR SABİT YENİLEME ORANI İÇİN SENARYO SONUÇLARI

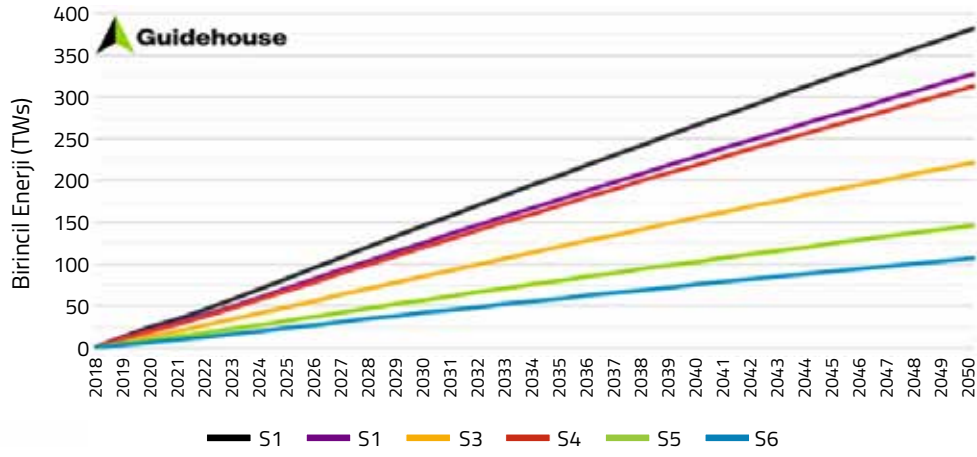
Aşağıdaki şekiller, %1'lik varsayılan bir orta büyük çapta yenileme oranı ile, senaryo hesaplarının ana sonuçlarını göstermektedir. Şekilleri takiben, altta yatan veriler Tablo EK2-1'de sunulmuştur.



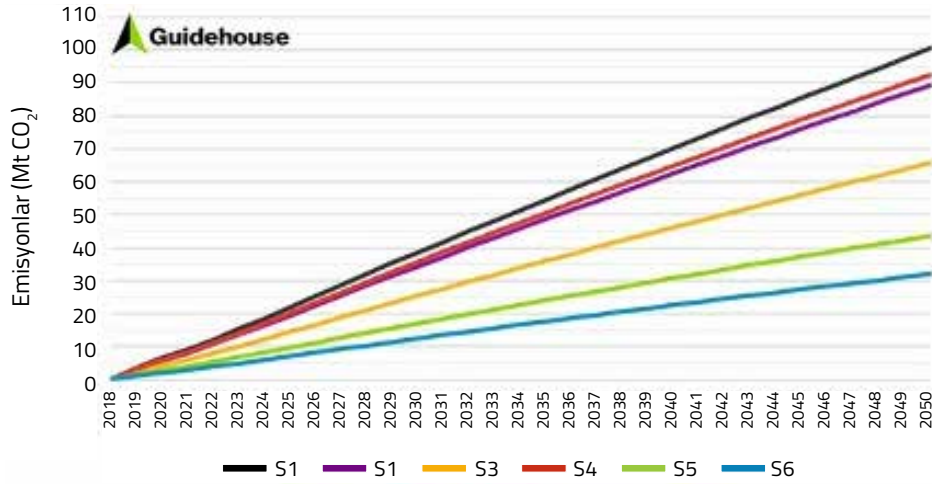
Şekil EK2-1: Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen (orta yenileme oranı) mevcut binalar da göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi



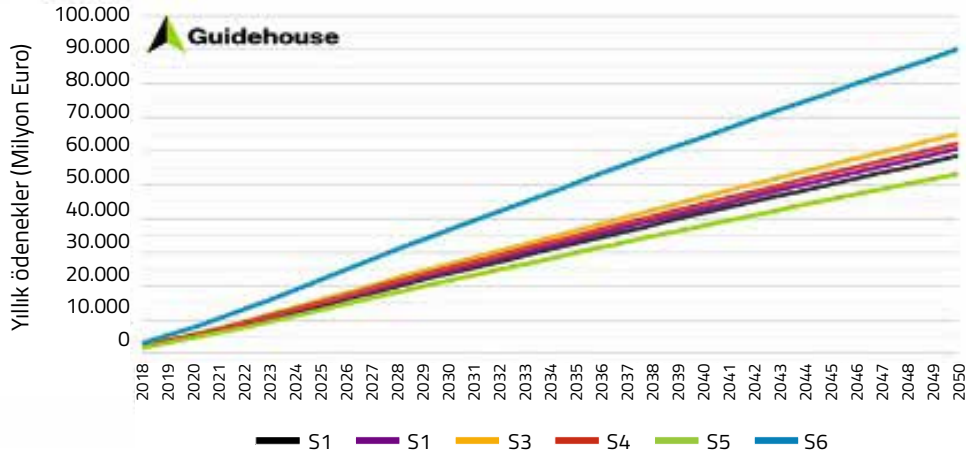
Şekil EK2-2: Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen (orta yenileme oranı) mevcut binalar da göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 CO₂-emisyonları



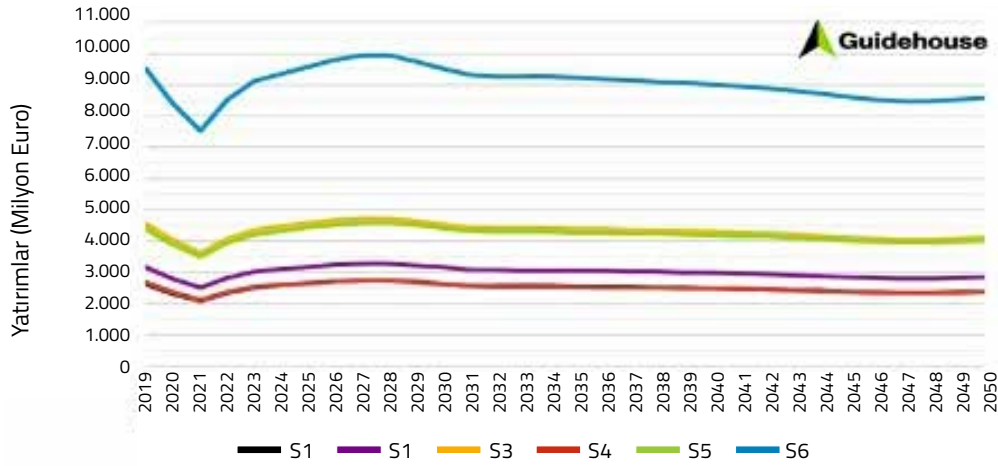
Şekil EK2-3: Yalnızca etkilenen yeni ve yenilenmiş binalar (orta yenileme oranı) göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi



Şekil EK2-4: Yalnızca etkilenen yeni ve yenilenmiş binalar (orta yenileme oranı) göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 CO₂-emisyonları



Şekil EK2-5: 6 senaryoda etkilenen yeni ve yenilenmiş binalara ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 küresel yıllık maliyet ödenekleri (orta yenileme oranı)



Şekil EK2-6: 6 senaryoda etkilenen yeni ve yenilenmiş binalara (orta yenileme oranı) ilişkin olarak kurulu bina tedbirleri için hesaplanan 2018-2050 yatırımları



Tablo EK2-1: %1'lik bir orta büyük çaplı yenileme oranı ile 6 senaryoya ilişkin sonuçlar

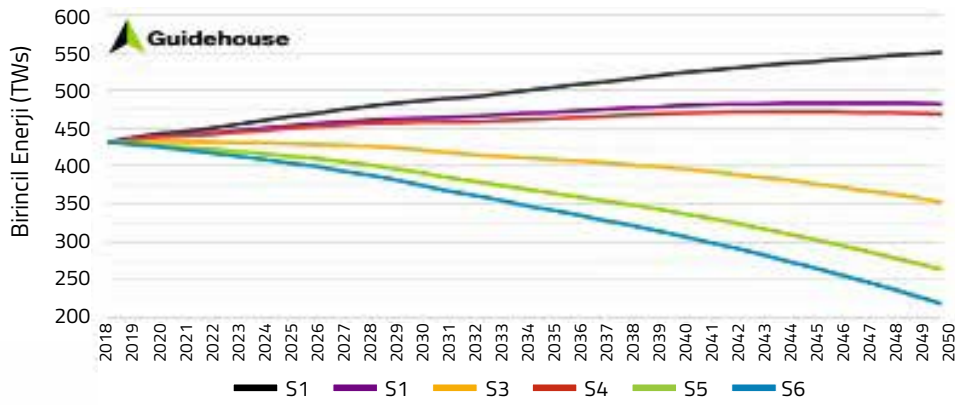
Orta yenileme oranı

		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050		
Bincil Enerji (TWh)		S1	632	638	643	647	651	655	662	667	672	678	683	687	692	696	699	703	706	611	616	620	624	629	633	637	642	646	650	654	658	662	666	670	674	
		S2	632	636	640	642	645	648	652	655	659	662	666	668	671	673	675	677	679	682	482	485	487	490	493	495	498	501	503	506	508	510	513	515	517	519
		S3	632	633	633	633	632	632	632	633	633	633	632	632	631	630	628	627	625	624	624	623	623	622	622	621	620	619	618	618	617	616	615	614	614	
		S4	632	636	639	640	643	646	649	652	655	658	661	664	666	667	669	670	672	674	677	679	681	683	685	688	690	692	694	696	698	700	701	703	704	
		S5	632	630	628	626	623	621	619	616	614	611	609	605	602	598	595	591	587	584	381	378	375	372	369	366	363	360	357	354	351	348	345	342	338	
		S6	632	629	626	622	618	615	611	608	604	600	596	591	587	582	577	572	567	561	361	356	350	346	342	338	334	329	325	321	317	313	308	304	299	
Emisyonlar (Mt)		S1	116	117	119	120	121	122	123	125	126	127	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	
		S2	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	127	128	129	129	130	131	131	132	132	133	134	135	135	136	137	138	138	139	140	140	141	
		S3	116	116	116	116	117	117	117	117	118	118	118	118	118	118	118	117	117	117	117	117	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	117	117	117	117
		S4	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	130	131	132	133	134	135	136	136	137	138	139	140	140	140	140	140	140	140	140
		S5	116	115	115	114	114	113	113	113	112	111	111	110	109	109	108	107	106	105	104	103	103	102	102	101	101	100	99	99	99	98	97	97	96	95
		S6	116	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106	105	104	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	83	
Yatırımlar (M EUR)		S1	-	2.614	2.334	2.081	2.368	2.624	2.687	2.648	2.711	2.740	2.749	2.701	2.637	2.684	2.684	2.661	2.664	2.664	2.663	2.632	2.620	2.608	2.604	2.600	2.464	2.442	2.416	2.385	2.350	2.307	2.246	2.204		
		S2	-	3.154	2.791	2.602	2.829	3.026	3.101	3.174	3.248	3.292	3.280	3.231	3.155	3.083	3.070	3.096	3.067	3.067	2.045	2.031	3.016	3.002	2.986	2.968	2.949	2.924	2.893	2.866	2.827	2.812	2.811	2.800	2.803	
		S3	-	4.664	4.038	3.611	4.078	4.369	4.468	4.672	4.677	4.738	4.733	4.664	4.662	4.419	4.413	4.413	4.401	4.383	4.363	4.343	4.232	4.299	4.274	4.266	4.270	4.166	4.115	4.073	4.062	4.082	4.079	4.107		
		S4	-	2.678	2.397	2.105	2.369	2.603	2.691	2.661	2.708	2.740	2.734	2.684	2.621	2.670	2.661	2.647	2.647	2.639	2.608	2.616	2.666	2.691	2.678	2.663	2.647	2.626	2.600	2.571	2.547	2.536	2.536	2.562	2.566	
		S5	-	4.394	3.897	3.604	3.966	4.228	4.332	4.434	4.637	4.698	4.697	4.618	4.415	4.330	4.299	4.296	4.297	4.286	4.270	4.302	4.324	4.325	4.194	4.171	4.146	4.112	4.070	4.021	3.982	3.962	3.889	4.015		
		S6	-	9.633	8.625	7.837	8.633	9.132	9.302	9.685	9.909	9.942	9.934	9.788	9.627	9.337	9.266	9.264	9.264	9.227	9.188	9.146	9.103	9.057	9.009	8.965	8.897	8.820	8.674	8.624	8.479	8.427	8.284	8.692		
Yıllık ödenekler (M EUR)		S1	-	1.981	3.726	5.262	6.987	8.829	10.719	12.665	14.631	16.630	18.623	20.591	22.495	24.274	26.041	28.106	29.971	31.832	33.685	35.532	37.371	39.201	41.023	42.832	44.632	46.418	48.186	49.935	51.669	53.396	55.125	56.867	58.622	
		S2	-	2.054	3.866	5.449	7.228	9.199	11.100	13.037	14.137	15.221	16.296	17.329	18.312	19.258	20.169	21.019	21.914	22.971	34.885	36.793	38.691	40.579	42.458	44.325	46.180	48.020	49.860	51.629	53.422	55.196	56.922	58.741	60.563	
		S3	-	2.202	4.139	5.947	7.778	9.844	11.963	14.132	16.349	18.593	20.830	23.024	25.166	27.345	29.560	31.800	34.024	36.270	37.630	39.080	41.718	43.746	45.754	47.764	49.764	51.722	53.670	55.593	57.495	59.388	61.282	63.189	65.108	
		S4	-	2.119	3.979	5.615	7.462	9.437	11.464	13.538	15.658	17.801	19.938	22.084	24.079	26.084	28.073	30.059	32.043	34.021	35.899	37.948	39.895	41.834	43.760	45.674	47.574	49.427	51.320	53.199	55.079	56.900	58.601	60.425	62.263	
		S5	-	1.798	3.380	4.776	6.364	8.042	9.737	11.546	13.357	15.190	17.017	18.810	20.580	22.274	23.974	25.672	27.368	29.098	30.741	32.413	34.080	35.735	37.382	39.017	40.640	42.249	43.839	45.410	46.963	48.509	50.054	51.610	53.177	
		S6	-	3.018	5.075	6.934	10.705	13.554	16.405	19.407	22.567	25.675	28.777	31.821	34.790	37.699	40.584	43.464	46.342	49.211	52.065	54.905	57.731	60.541	63.334	66.109	68.865	71.593	74.292	76.955	79.588	82.200	84.827	87.664	90.118	

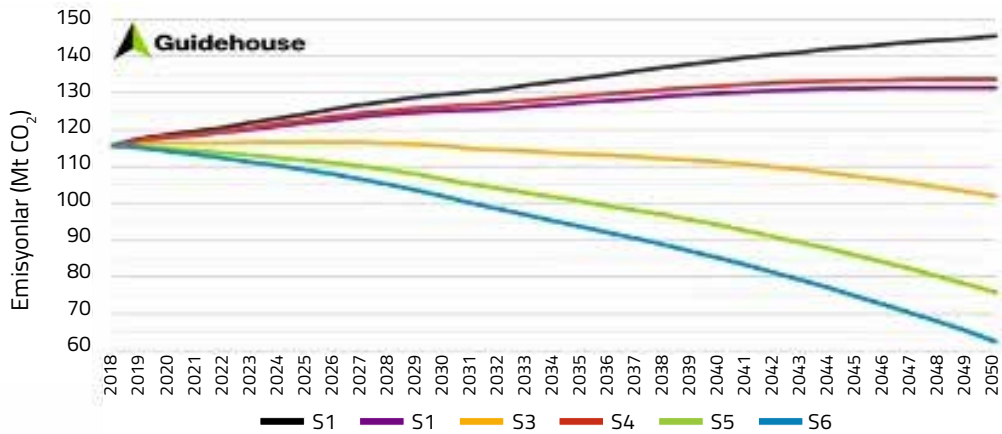
EK 3

2018 YILINDA %1'DEN 2050 YILINDA %2'YE SÜREKLİ ARTAN BİR VARSAYILAN YENİLEME ORANI İÇİN SENARYO SONUÇLARI

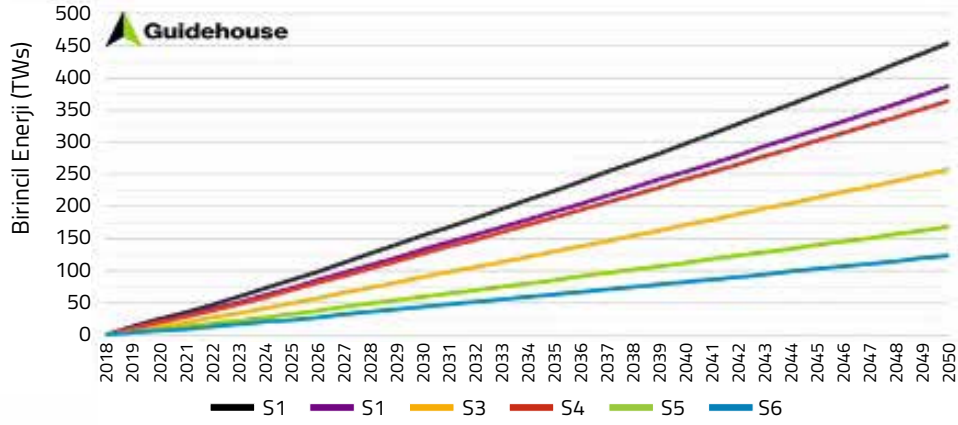
Aşağıdaki şekillerde, 2018 yılında %1'den 2050'de %2'ye sürekli artan bir varsayılan yenileme oranı ile senaryo hesaplamalarının ana sonuçlarını göstermektedir. Şekilleri takiben, altta yatan veriler de sonraki tablolarda sunulmuştur.



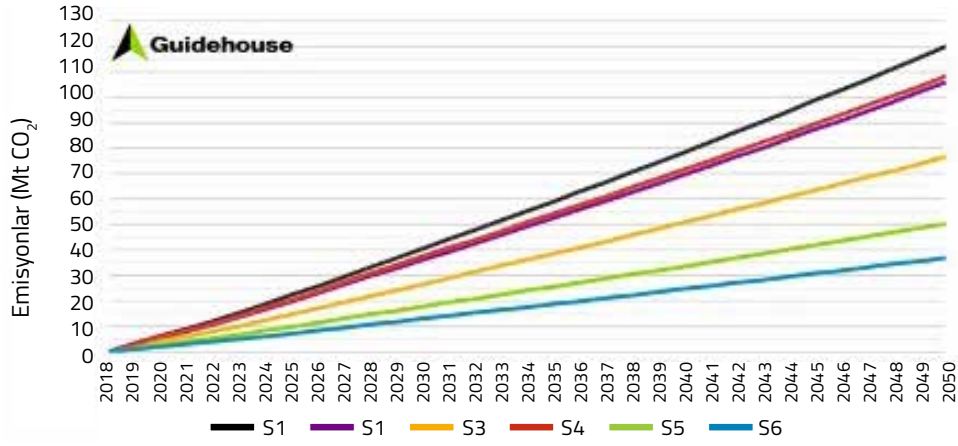
Şekil EK3-1: Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen (yüksek yenileme oranı) mevcut binalar da gözüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi



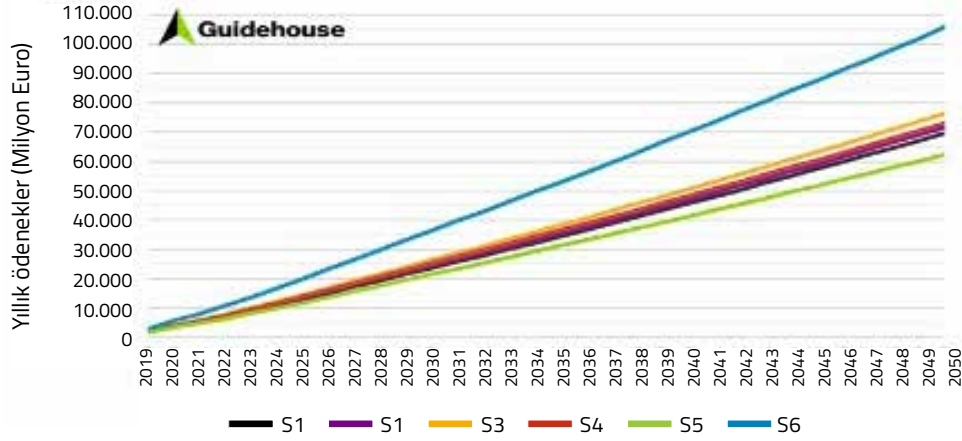
Şekil EK3-2: Stoktaki, büyük çaplı yenilemelerden etkilenmeyen (yüksek yenileme oranı) mevcut binalar da gözüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 CO₂-emisyonları



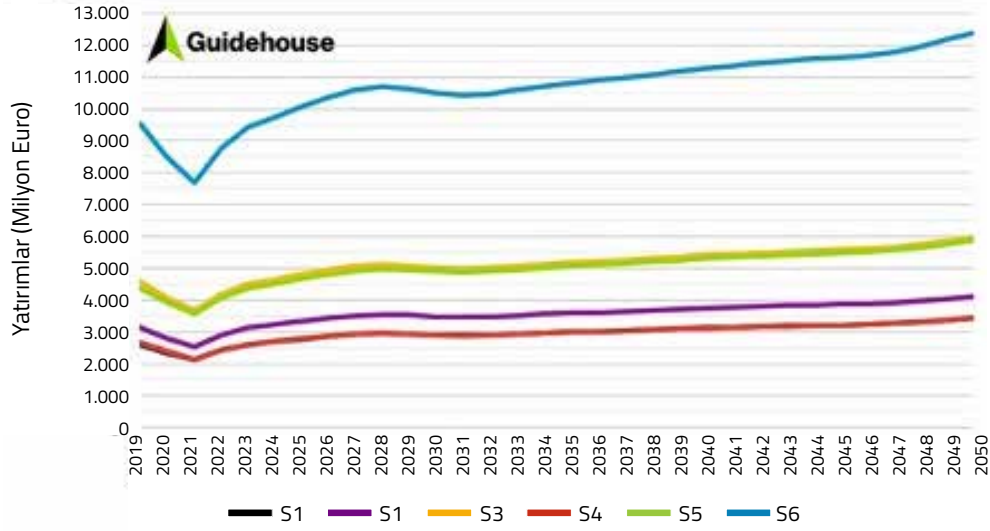
Şekil EK3-3: Yalnızca etkilenen yeni ve yenilenmiş binalar (yüksek yenileme oranı) göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 birincil enerji talebi



Şekil EK3-4: Yalnızca etkilenen yeni ve yenilenmiş binalar (yüksek yenileme oranı) göz önüne alınarak, 6 senaryodaki alan ısıtması, alan soğutması, sıcak su üretimi, aydınlatma ve yardımcı enerjiye ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 CO₂-emisyonları



Şekil EK3-5: 6 senaryoda etkilenecek yeni ve yenilenmiş binalara ilişkin olarak hesaplanan 2018-2050 küresel yıllık maliyet ödenekleri (yüksek yenileme oranı)



Şekil EK3-6: 6 senaryoda etkilenecek yeni ve yenilenmiş binalara (yüksek yenileme oranı) ilişkin olarak kurulu bina tedbirleri için hesaplanan 2018-2050 yatırımları

Tablo EK3-1: %1'lik bir orta büyük çaplı yenileme oranı ile 6 senaryoya ilişkin sonuçlar

		Orta yenileme oranı																																
		2016	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Birincil Enerji (TWh)		432	438	443	447	451	456	460	466	470	476	483	486	489	492	496	500	504	508	512	516	519	523	526	529	533	536	539	541	543	546	549	550	
51	-	432	438	443	447	451	456	460	466	470	476	483	486	489	492	496	500	504	508	512	516	519	523	526	529	533	536	539	541	543	546	549	550	
52	-	432	436	440	442	444	447	450	453	456	459	461	464	466	468	470	471	473	475	477	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492
53	-	432	433	433	432	431	431	430	429	428	428	426	424	422	419	416	414	411	409	407	406	404	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403
54	-	432	435	439	440	442	445	447	450	452	454	456	458	459	460	461	463	464	466	468	469	470	471	472	472	472	472	472	472	472	472	471	470	469
55	-	432	430	428	426	422	420	417	413	410	405	402	397	391	385	380	375	370	366	360	356	350	344	338	332	326	319	312	304	297	289	288	272	264
56	-	432	429	425	421	417	413	409	404	399	394	388	382	376	368	361	356	349	342	336	330	323	315	308	301	294	286	276	267	258	249	249	229	219
Emisyonlar (Mt)		51	116	117	119	119	121	122	123	124	127	128	129	130	131	132	133	134	136	136	137	138	139	140	140	141	142	143	144	144	145	145		
51	-	116	117	119	119	121	122	123	124	127	128	129	130	131	132	133	134	136	136	137	138	139	140	140	141	142	143	144	144	145	145	145		
52	-	116	117	118	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	141	142	142	142	142	
53	-	116	116	116	116	116	117	117	117	117	117	116	116	115	114	114	114	113	113	113	113	112	111	111	110	109	109	109	107	106	104	103	102	102
54	-	116	117	118	118	120	121	122	123	124	125	126	127	128	128	128	129	130	130	130	130	131	131	132	132	133	133	133	134	134	134	134	134	134
55	-	116	115	115	114	114	113	112	112	111	110	109	108	107	106	104	103	102	100	99	98	97	96	94	93	91	89	88	86	84	82	80	78	76
56	-	116	115	114	114	112	111	110	109	108	107	105	104	102	100	98	96	94	92	90	88	87	85	83	81	79	77	75	72	70	68	65	62	62
Yatırımlar (M EUR)		51	2.564	2.334	2.121	2.420	2.608	2.694	2.791	2.870	2.936	2.984	2.946	2.913	2.891	2.894	2.904	2.966	2.996	3.021	3.046	3.072	3.098	3.124	3.149	3.173	3.193	3.209	3.220	3.228	3.269	3.312	3.371	3.434
51	-	2.564	2.334	2.121	2.420	2.608	2.694	2.791	2.870	2.936	2.984	2.946	2.913	2.891	2.894	2.904	2.966	2.996	3.021	3.046	3.072	3.098	3.124	3.149	3.173	3.193	3.209	3.220	3.228	3.269	3.312	3.371	3.434	
52	-	3.154	3.015	2.951	2.904	3.128	3.232	3.336	3.441	3.518	3.560	3.528	3.489	3.466	3.461	3.477	3.566	3.632	3.682	3.715	3.746	3.776	3.806	3.830	3.850	3.864	3.887	3.903	3.917	4.000	4.134	4.274	4.414	
53	-	4.564	4.073	3.682	4.197	4.508	4.897	4.987	5.066	5.111	5.088	5.025	4.991	5.015	5.088	5.127	5.176	5.220	5.264	5.309	5.356	5.400	5.444	5.488	5.524	5.562	5.574	5.608	5.669	5.740	5.846	5.993	6.134	
54	-	2.678	2.388	2.147	2.434	2.617	2.703	2.788	2.873	2.932	2.956	2.935	2.904	2.885	2.888	2.903	2.965	3.013	3.058	3.103	3.144	3.189	3.231	3.273	3.313	3.351	3.389	3.421	3.507	3.640	3.820	4.051	4.334	
55	-	4.384	3.932	3.576	3.066	4.377	4.523	4.669	4.918	4.928	4.977	4.951	4.902	4.872	4.889	4.953	5.014	5.069	5.111	5.158	5.206	5.253	5.301	5.349	5.394	5.432	5.463	5.488	5.524	5.591	5.698	5.764	5.871	
56	-	9.333	8.696	7.680	8.753	9.433	9.747	10.060	10.378	10.609	10.703	10.634	10.513	10.436	10.482	10.589	10.710	10.810	10.900	11.000	11.100	11.200	11.296	11.384	11.462	11.560	11.610	11.675	11.788	11.965	12.164	12.387	12.637	
Yıllık ödenekler (M EUR)		51	1.981	3.741	5.305	7.077	8.981	10.952	12.986	15.081	17.218	19.371	21.611	23.930	25.738	27.868	30.000	32.169	34.398	36.588	38.798	41.048	43.318	45.608	47.919	50.249	52.695	55.138	57.328	59.118	61.155	64.356	67.094	69.300
51	-	1.981	3.741	5.305	7.077	8.981	10.952	12.986	15.081	17.218	19.371	21.611	23.930	25.738	27.868	30.000	32.169	34.398	36.588	38.798	41.048	43.318	45.608	47.919	50.249	52.695	55.138	57.328	59.118	61.155	64.356	67.094	69.300	
52	-	2.049	3.867	5.484	7.338	9.291	11.332	13.437	15.606	17.817	20.046	22.267	24.445	25.618	28.002	31.008	33.239	35.491	37.652	40.081	42.259	44.988	48.388	51.782	54.780	56.991	59.013	61.449	63.811	66.407	69.449	71.838	74.638	
53	-	2.202	4.154	5.882	7.870	10.000	12.200	14.470	16.688	19.139	21.593	23.974	25.332	28.656	30.966	33.337	35.743	38.149	40.571	43.072	45.470	47.947	50.441	52.952	55.480	58.022	60.873	63.132	65.703	68.398	70.927	73.604	76.328	
54	-	2.119	3.994	5.669	7.549	9.596	11.690	13.860	16.095	18.373	20.665	22.938	25.193	27.410	29.645	31.900	34.179	36.477	38.792	41.123	43.428	45.838	48.220	50.619	53.035	55.463	57.901	60.346	62.804	65.286	67.799	70.399	72.965	
55	-	1.798	3.392	4.813	6.429	8.170	9.968	11.823	13.739	15.682	17.643	19.988	21.909	23.414	25.325	27.254	29.203	31.168	33.149	35.141	37.149	38.172	41.259	43.260	45.234	47.000	49.483	51.672	53.672	55.790	59.938	60.121	62.365	
56	-	3.018	5.696	8.007	10.833	13.931	16.826	19.388	23.055	23.510	23.839	31.142	36.421	39.636	42.860	46.153	49.441	52.739	56.157	59.540	62.949	66.383	69.841	73.129	76.328	80.351	83.888	87.444	90.997	94.592	98.233	101.359	106.712	



<https://meslekihizmetler.csb.gov.tr/bina-sektoru-enerji-verimliliği-teknoloji-atlası-i-100251>



**T.C. ÇEVRE VE
ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI**

On behalf of:



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

Implemented by

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

of the Federal Republic of Germany

The preparation and design of the Building Sector Energy Efficiency Technology Atlas of Turkey has been financed by the Turkish-German cooperation project "Energy Efficiency in Public Buildings in Turkey" as part of the German Climate and Technology Initiative under the International Climate Initiative (IKI). The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) supports this initiative on the basis of a decision adopted by the German Bundestag.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü
Enerji Verimliliği ve Tesisat Dairesi Başkanlığı

meslekihizmetler.csb.gov.tr

Tel: (312) 410 79 80