TÜRKİYE'NİN FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE BİR KONUT BİNASININ ENERJİ ETKİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Suzi Dilara MANGAN
Gül KOÇLAR ORAL

ÖZET

Güncel çevre, enerji sorunları ve enerji tüketimleri açısından, binaların önemli bir etkiye sahip olması, binalarda enerjinin etkin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Binalarda enerjinin etkin kullanımı, sosyal refah, konfor koşulları, istenilen performans düzeyi ve kaliteden ödün verilmeden, enerji tüketiminin en aza indirilmesidir. Ülkemizde yıllardır süregelen, enerji etkin yaklaşımın göz ardı edildiği yapılaşma, enerji tüketimlerinin giderek artmasına yol açmaktadır. Ülke enerji ekonomisi açısından, mevcut binaların enerji etkinliklerinin değerlendirilmesi, enerji tüketimlerinin azaltılması için önerilerin geliştirilmesi, diğer bir deyişle enerji etkin iyileştirilmesi, günümüzde son derece önem taşımaktadır.

Bina sektörü içerisinde, enerji tüketimlerinin önemli bir bölümünün gerçekleştiği mevcut konut binalarının, öncelikli olarak, enerji etkin iyileştime kapsamında ele alınması gerekmektedir. Böylelikle, bina sektöründe sağlanacak enerji tasarrufuna da önemli bir katkı sağlanacağı açıktır. Bu nedenle, bu bildiride, TOKİ (Toplu Konut İdaresi) tarafından inşa edilmiş bir konut projesinin, Türkiye'nin ılımlı nemli, sıcak nemli ve soğuk iklim bölgelerine yönelik enerji simülasyonları yapılmış, mevcut enerji tüketimlerinin ve CO_2 salımının azaltılması için senaryolar geliştirilmiştir. Her bir senaryo için enerji simülasyonları ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve uygun seçeneğin belirlenmesi amaçlanmıştır. Enerji simülasyonları, EnergyPlus dinamik termal simülasyon motorunun kapsamlı arayüzü olan Design Builder simülasyon programı ve PV*SOL Expert programı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada enerji simülasyon programı aracılığı ile elde edilen hesaplama sonuçları tartışılarak, enerji etkin yaklaşıma dayalı ileriye dönük yapılacak çalışmalara ışık tutulması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Binaların enerji performansı, enerji etkin iyileştirme, konut binaları, enerji etkin tasarım.

ABSTRACT

Use of energy efficiently in buildings, is necessitated because of the significant impact of buildings on the up-to-date environment, energy issues and energy consumption. Effective use of energy in buildings, enables minimum energy consumption without compromising the social welfare, comfort conditions, required performance level and quality. In Turkey, building construction, disregarding energy efficient approach for a long time, cause to the gradually increase on energy consumption. In terms of national energy economics, evaluating the energy efficiency of existing buildings, developing suggestions for the reduction of energy consumption, in other words, energy efficient retrofitting is extremely important at the present day.

Existing residential buildings, a great portion of energy consumed in the building sector, should be taken up primarily as a part of energy efficient retrofitting. In this way, it is obvious that significant contribution is also ensured to the energy savings in residential building sector. For this purpose, in this paper, it is aimed to carry out the energy simulations for a residential building constructed by TOKI (Housing Development Administration of Turkey) for different climatic regions(temperate humid, hot

humid, and cold) of Turkey, to develope energy efficient scenarios in order to decrease the current energy consumptions and CO_2 emissions, compare the acquired results of the energy simulations for each scenario and determine the appropriate option. The energy simulations have been carried out by means of the simulation programs, Design Builder, the comprehensive interface of dynamic thermal simulation engine of Energy Plus, and PV*SOL Expert. Moreover, it is aimed to show the way to the based on energy efficient approach for future studies by discussing the calculation results, obtained by means of energy simulations.

Key Words: Building energy performance, energy efficient retrofitting, residential buildings, energy efficient design.

1. GİRİŞ

Küreselleşen çevre ve enerji sorunlarının, hızlı ve maliyet etkin olarak, çözüme ulaştırılmasında enerji etkinlik önemli bir rol oynamaktadır. Enerji etkinlik, enerji kaynaklarının üretiminden tüketimine kadar tüm aşamalarda en yüksek verimlilikte değerlendirilmesi, yeni teknolojilerin kullanımı ile üretimi, kaliteyi ve performansı düşürmeden, sosyal refahı engellemeden birim hizmet yada ürün miktarında enerji tüketiminin azaltılmasıdır.

Dünya çapında nüfüs artışı ve yaşam standartlarının yükselmesine bağlı olarak gittikçe artan, ekonomik ve sosyal açıdan önem arz eden bir enerji talebi söz konusudur. Öte yandan, artan enerji talebinin karşılanmasına yönelik kullanılan enerji kaynaklarının kıt ve tükenebilir olması, buna paralel enerji maliyetlerinin artması ve bu artışların dünya ekonomisindeki etkileri nedeni ile her alanda gelişmiş enerji etkinlik düzeyinin sağlanması tüm ülkelerin birincil önemli konusunu oluşturmaktadır. Dolayısıyla sürdürülebilir, dönüşüm ve büyümeyi kapsayan kaynak etkin bir ekonominin esasını gelişmiş enerji etkinlik düzeyi oluşturmaktadır. Gelişmiş enerji etkinlik düzeyinin sağlanması ile enerji tüketiminden kaynaklı çevresel etkilerin azaltılacağı da açıktır.

Türkiye'nin artan enerji talebini karşılamada dışa bağımlılık oranı ve bundan kaynaklı risklerin çok yüksek düzeyde olduğu bilinmektedir. Ekonomik, sosyal göstergelerle birlikte sera gazı emisyonu göstergelerine bakıldığında Türkiye ekonomisi, gelişmiş ülkelere kıyasla, "enerji yoğun" ve "karbon yoğun" olarak değerlendirilmektedir[1]. Bu değerlendirmeler, Türkiye için enerji etkin yaklaşımın önemini ve enerji tüketiminin azaltılması gerekliliğini vurgulamaktadır.

Tüm dünya da olduğu gibi, Türkiye'de de tüketilen enerjinin sektörel dağılımında bina sektörü önemli bir yüzde teşkil etmektedir Binalarda tüketilen enerjinin büyük bir kısmı ise, kullanıcıların iklimsel konforunu sağlamak üzere mekanların ısıtılması, soğutulması ve havalandırılması için harcanmaktadır. Dolayısıyla, günümüzde enerji ve çevre sorunlarının çözümünde enerji etkin binaların tasarlanması ve mevcut binaların enerji etkin olarak iyileştirilmesi giderek daha da büyük önem taşımaktadır. Bu açıdan mevcut konutların enerji performanslarının değerlendirilmesi, enerji tüketimlerini ve CO_2 salımlarını azaltacak yönde enerji etkin önerilerin sunulması gerekmektedir. Bu bağlamda, yapılan bu çalışma ile Türkiye'de konut üretiminde etkin rol oynayan TOKİ tarafından inşa edilmiş toplu konut projesi ele alınmış, bu proje kapsamında referans konut bloğunun enerji etkin iyileştirilmesine yönelik uygulanabilecek öneri senaryolar sunulmuş ve önerilen her bir senaryo enerji simülasyonları aracılığı ile irdelenmiştir.

2. YÖNTEM

Çalışma, farklı iklim bölgelerinde mevcut konut binalarının enerji etkin iyileştirilmesine yönelik bina kabuğunda uygulanabilecek enerji etkin senaryoların önemini vurgulamak amacıyla yapılmıştır. Bu bağlamda, TOKI tarafından "kaynak geliştirme uygulaması" adı altında 2008 yılında İstanbul'da yapımı tamamlanmış bir toplu konut projesi ele alınmıştır. Konut projesinde belirlenmiş referans bir bloğun

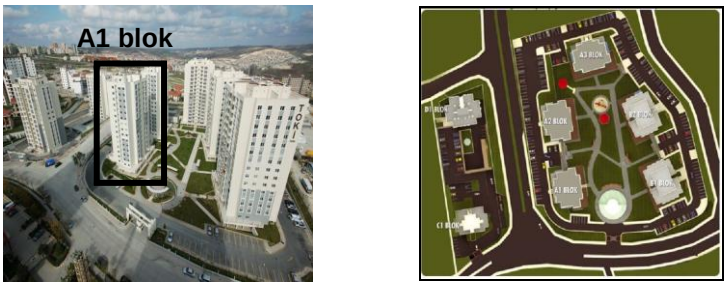
enerji performansı değerlendirilmiş, enerji etkin olarak iyileştirilmesi için senaryolar önerilmiş ve bu senaryolara yönelik simülasyonlar yapılmıştır. Yapılan enerji simülasyonları sonucunda, elde edilen ısıtma ve soğutma amaçlı enerji tüketimi ve bu enerji tüketimlerinden kaynaklı CO_2 salımları karşılaştırılmıştır. Simülasyonlar, Türkiye'deki farklı iklim bölgelerini temsil eden üç il için gerçekleştirilmiş olup bu iklim bölgelerinin açıklamaları ve temsili illeri, Tablo 1'de belirtilmiştir.

Tablo 1. Çalışma Kapsamında Ele Alınan İklim Bölgelerine Göre Seçilen İller.

İklim Bölgesi[2,3,4]	İl	Isıtma Derece-Gün Bölgesi (TS 825) [5]
Ilımlı-nemli iklim bölgesi	İstanbul	2. Bölge
Sıcak-nemli iklim bölgesi	Antalya	1. Bölge
Soğuk iklim bölgesi	Erzurum	4. Bölge

2.1. Bina modeli

Ele alınan toplu konut projesi, 25 dönüm alan üzerine kurulu, 7 blok ve 408 konuttan oluşmaktadır. Şekil 1'de vaziyet planı verilen 7 blok içerisinden A1 blok referans blok olarak çalışma çerçevesinde irdelenmiştir.

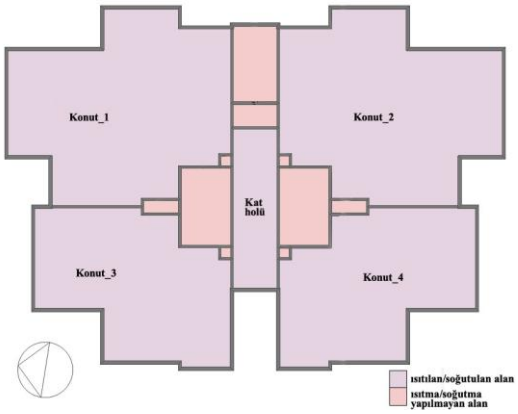


Şekil 1. Toplu Konut Projesinin Genel Görünümü ve Vaziyet Planı.

Şekil 2'de yönlendirilmesi ve formu verilen A1 blok, 2 bodrum kat, zemin kat, 12 normal kat ve 13. katı dubleks olarak tasarlanmış 17 katlı bir yapı olup kat yüksekliği 2.79 m'dir. Çatı tipi yürünebilir teras çatıdır. Biçim faktörü (plandaki bina uzunluğu/bina derinliği) 1.37, A/V oranı (toplam dış yüzey alanı / bina hacmi) 0.19, taban alanı 573 m^2 ve toplam bina yüksekliği ise 48.28 m'dir.

Ele alınan A1 bloğun her katında dört konut birimi yer almakta olup her bir konut birimi şartlandırılmış (ısıtma/soğutma yapılan alan) tek bir zon olarak kabul edilmiştir. Her bir zon içerisinde kullanıcı aktivite düzeyi, 110 W/kişi olarak kabul edilmiştir. Kullanıcı giysi tipi, ısıtma dönemi için 1 clo, soğutma dönemi için ise 0.5 clo olarak ele alınmıştır. İç ortam konfor sıcaklığı ısıtma istenen dönem için 21ºC, soğutma istenen dönem için ise, 25ºC alınmıştır. Soğutma istenen dönemde, iç hava sıcaklığının 23ºC'in üzerinde olması durumunda, doğal havalandırmanın aktif olacağı kabul edilmiştir. A1 blok ısıtma sistemi, çatı katı yoğuşmalı kazan tipli merkezi sistem ve kullanılan yakıt doğal gazdır. Çalışmada soğutma sisteminin mevcut olduğu ve soğutma için elektrik enerjisinin kullanıldığı varsayılmıştır.

A1 blok opak bileşenlerine ilişkin katman detayları, katmanları oluşturan malzemelerin ısı iletkenlik değerleri ve opak bileşenlerin U değerleri, Tablo 2'de verilmiştir. Saydam bileşen olarak plastik doğramalı (60 mm, U:1.912 W/m^2K [6]) çift camlı pencere (4 mm düz cam + 12 mm hava + 4 mm düz cam, U:2.725 W/m^2K [6]) sistemi kullanılmıştır. Saydamlık oranları (toplam saydam alan/toplam cephe alanı), kuzey, güney, doğu ve batı cepheleri için sırası ile, %14, %15, %24 ve %30 olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. A1 Bloğun Şematik Planı.

Tablo 2. A1 Blok Opak Bileşenlerine İlişkin Detaylar (dıştan-içe).

Opak bileşen	Malzeme	Kalınlık (m)	λ (W/mK)	U (W/m^2K)
Dış duvar(tip_1)	Dış sıva	0.03	1.60	U_D =0.371
	Isı yalıtım levhası (XPS)	0.05	0.035	
	Bims duvar	0.20	0.193	
	Alçı sıva	0.02	0.51	
Dış duvar(tip_2)	Dış sıva	0.03	1.60	U_D =0.576
	Isı yalıtım levhası (XPS)	0.05	0.035	
	Perde duvar	0.20	2.50	
	Alçı sıva	0.02	0.51	
Toprağa temas eden döşeme	Temel betonu	1.00	2.50	U_t =0.513
	Tesviye tabakası	0.03	1.65	
	Isı yalıtım levhası(XPS)	0.04	0.035	
	Koruma betonu	0.03	1.65	
	Katkılı şap	0.05	1.40	
	Laminat parke	0.01	0.08	
Teras çatı(tip_1)	Seramik kaplama	0.01	1.30	U_T =0.547
	Tesviye tabakası	0.03	1.65	
	Keçe serilmesi	0.0017	0.19	
	Isı yalıtım levhası (EPS)	0.05	0.033	
	2 Kat su yalıtımı(EPDM)	0.006	0.30	
	Meyil betonu	0.04	1.65	
	Betonarme döşeme	0.14	2.50	
	Alçı sıva	0.02	0.51	
Teras çatı(tip_2)	Çakıl	0.01	0.36	U_T =0.546
	Keçe serilmesi	0.0017	0.19	
	Isı yalıtım levhası (EPS)	0.05	0.033	
	2 Kat su yalıtımı(EPDM)	0.006	0.30	
	Meyil betonu	0.04	1.65	
	Betonarme döşeme	0.14	2.50	
	Alçı sıva	0.02	0.51	

2.2. Senaryoların Belirlenmesi

Çalışma kapsamında A1 bloğun ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri ve bu enerji tüketimlerinden kaynaklı CO_2 salımının azaltılması amacıyla önerilen senaryolar üç kategori olarak ele alınmış olup, aşağıda açıklanmıştır.

- Opak bileşenlerin iyileştirilmesi (S_1)
- Saydam bileşenlerin iyileştirilmesi (S_2, S_3),
- Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan sistemlerin entegre edilmesi (S_4).

Yukarıda tanımlanan kategoriler kapsamında ele alınan senaryolar için yapılmış kabuller, Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Senaryolar ile İlgili Kabuller.

Senaryo	Kabuller
S_1	Dış duvar ve teras çatı bileşenlerinde mevcut ısı yalıtım malzemesi kalınlığının artırılması,
S_2	Mevcut cam sisteminin kaplamalı yalıtım camı ünitesi olarak değiştirilmesi,
S_3	Güney, doğu ve batı cephelerinde gölgeleme araçlarının kullanılması,
S_4	Teras çatı alanında fotovoltaik sistemlerin (PV) kullanımı.

Tablo 3'te belirtilmiş olan senaryolar, çalışma kapsamında ele alınan ılımlı nemli iklim bölgesi temsili ili İstanbul, sıcak nemli iklim bölgesi temsili ili Antalya ve soğuk iklim bölgesi temsili ili Erzurum için ayrı ayrı irdelenmiştir.

Opak bileşenlerin iyileştirilmesi kapsamında ele alınan S_1 senaryosu ile farklı iklim bölgelerini temsil eden iller için dış duvar ve teras çatı bileşenlerinde mevcut ısı yalıtım malzemesi kalınlığının artırılması öngörülmüştür. S_1 senaryosu kapsamında dış duvar (tip_1/tip_2) ve teras çatı(tip_1/tip_2) bileşenlerinde farklı iklim bölgeleri için öngörülen ısı yalıtım malzemesi kalınlık (m) ve opak bileşen U değerleri (W/m^2K) (tip_1/tip_2) , Tablo 4' te verilmiştir.

Tablo 4. S_1 Senaryosu Kapsamında Ele Alınan Isı Yalıtım Kalınlıkları ve Opak Bileşen U Değerleri.

İklim Bölgesi-temsili il	Yalıtım kalın. (Dış duvar)(m)	U_D tip_1 (W/m^2K)	U_D tip_2 (W/m^2K)	Yalıtım kalın. (Çatı)(m)	U_T tip_1 (W/m^2K)	U_T tip_2 (W/m^2K)
Ilımlı nemli-İstanbul	0.07	0.306	0.433	0.08	0.365	0.365
Sıcak nemli-Antalya	0.06	0.336	0.494	0.07	0.411	0.410
Soğuk-Erzurum	0.10	0.243	0.316	0.125	0.244	0.244

Saydam bileşenlerin iyileştirilmesi kapsamında ele alınan S_2 senaryosu ile mevcut cam kalınlıkları (4mm+4mm), ara boşluk (12mm) ve doğrama sistemi (PVC) değiştirilmemiştir. Değiştirilen parametreler içerisinde, ara boşluk gazı (hava yerine argon gazı) ve farklı farklı cam yüzeylerine (2. veya 3. yüzey) yapılan kaplama (ısı kontrol, ısı ve güneş kontrol) tipleri yer almaktadır. Senaryo kapsamında ele alınan iklim bölgeleri için değişiklik gösteren camın ısı geçirme katsayısı (U_{cam}), çerçeve ve cam özelliklerine bağlı saydam bileşen ısı geçirme katsayısı (U_p) ve güneş ısısı kazanç katsayısı (SHGC) değerleri, Tablo 5'te belirtilmiştir.

S_3 senaryosu kapsamında A1 bloğun güney, doğu ve batı cephelerinde yer alan belirli saydam bileşenlerin dış yüzeyinde gölgeleme aracı kullanıldığı varsayılmıştır. Gölgeleme aracı olarak alüminyum dış jaluzi sistemi kullanılmıştır. S_3 senaryosu ile A1 bloğun mevcut soğutma enerjisi tüketiminin azaltılması hedeflenmiştir. Bu bağlamda, ele alınan iklim bölgeleri için soğutmanın gerekli olduğu dönemler içerisinde gölgeleme aracının cephe yüzeyinde aktif konumda olduğu kabul edilmiştir. İklim bölgelerini temsil eden iller için soğutma istenen dönemler, İstanbul ve Erzurum için 21 Mayıs-21 Eylül, Antalya için ise 21 Nisan-21 Ekim olarak belirlenmiştir [3]. Çalışma kapsamında dış jaluzi sisteminin parça eğim açıları ve gün içerisinde aktif konumda olduğu zaman aralıkları, ele alınan iller ve gölgeleme aracının uygulandığı cepheler için, Olgyay yöntemi [7,8,9] kullanılarak belirlenmiştir.

Tablo 5. S_2 Senaryosu Kapsamında Ele Alınan Saydam Bileşen Parametreleri.

İklim Bölgesi-temsili il	Saydam bileşen tanımı	U_{cam} (W/m^2K)	U_P (W/m^2K)	SHGC
Ilımlı nemli-İstanbul	4mm (ısı kontrol kapl.e2=0.04) 12mm argon gazı 4mm (düz cam)	1.364	1.5	0.433
Sıcak nemli-Antalya	4mm (ısı ve güneş kontrol kapl. e2=0.02) 12mm argon gazı 4mm (düz cam)	1.321	1.5	0.296
Soğuk-Erzurum	4mm (ısı kontrol kapl. e3=0.03) 12mm argon gazı 4mm (düz cam)	1.345	1.5	0.515

S_4 senaryosu kapsamında ise, A1 bloğun +39.06 kotunda yer alan yürünebilir teras çatı alanının tümünde (tip 1, 510.72m^2) oluşturulan ve şebekeye bağlı olduğu varsayılan PV sistemlerin enerji performansı değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, teras çatı alanında oluşturulan PV sistemlerin enerji performanslarını etkileyen PV hücre tipleri, panellerin yönlendirilmesi, panel eğim açısı, panel dizileri arasındaki gölgeleme mesafeleri gibi parametreler dikkate alınmış ve bu parametrelerin İstanbul, Antalya ve Erzurum illeri için uygun değerleri belirlenmiştir. S_4 senaryosu kapsamında PV sistemlere ilişkin yapılmış kabuller, aşağıda belirtilmiştir.

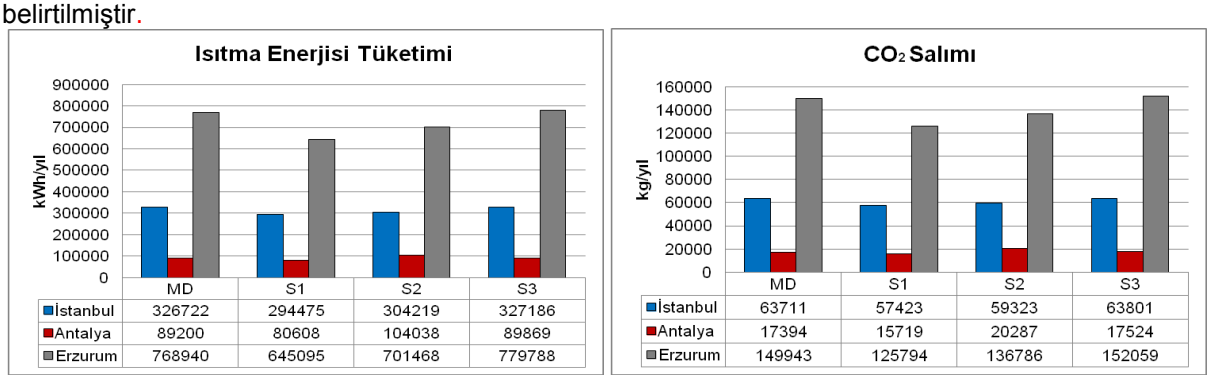
- Teras çatı alanlarında kullanımı uygun ve yüksek verimde çalışabilen kristal silisyum PV hücreleri tercih edilmiştir. Çalışma kapsamında, monokristal (190W) PV paneller ve polikristal (220W) PV panellerin enerji performansları kıyaslamalı olarak ele alınmıştır.
- Teras çatı alanlarında kurulacak PV paneller güneye yönlendirilmiştir.
- Ele alınan iller için teras çatı alanlarında kullanılan PV panellerin optimum eğim açılarının belirlenmesi amacıyla analiz çalışmaları yapılmıştır. Analiz çalışması sonuçlarına göre PV paneller için belirlenmiş optimum eğim açısı değerleri, İstanbul ve Erzurum için 31°, Antalya için 32°'dir.
- Mono kristal ve poli kristal panellerin kullanımı ile oluşturulan PV sistemler için panel dizilerinde gölgelenmeden kaynaklı kazanç kaybını %1'e indirecek mesafe aralıkları, panel dizileri arasındaki uygun gölgeleme mesafeleri olarak dikkate alınmıştır.

2.3. Bina Enerji Performansının Değerlendirilmesi

Geliştirilen S_1, S_2, S_3 senaryoları ve mevcut durum (MD) analizi kapsamında bina enerji performansının değerlendirilmesine yönelik yıllık ısıtma (doğal gaz) ve soğutma (elektrik) enerjisi tüketimleri EnergyPlus dinamik termal simülasyon motorunun kapsamlı arayüzü, DesignBuilder simülasyon programı kullanılarak hesaplanmıştır. DesignBuilder programı, Energy Plus simülasyon motorunu kullanarak hızlı bir şekilde binaları modelleyebilen ve oluşturulan model ile ilgili detaylandırılmış bir dizi çevresel performans verisini sunabilen bir programdır [6]. Isıtma ve soğutma enerjisi tüketimlerine bağlı CO_2 salım değerlerinin hesaplanmasında, IPPC Rehber'inde[10] belitilen Tier 1 (T1) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem direkt olarak üretim veya tüketim verilerinin emisyon faktörü ile çarpılmasını öngörmektedir [11]. Isıtma ve soğutma enerjisi tüketimlerine bağlı CO_2 salım değerlerinin belirlenmesinde emisyon faktörü olarak Avrupa ülkeleri için belirlenmiş değerler kullanılmıştır [9]. S_4 senaryosu kapsamında ise, teras çatı alanında oluşturulan PV sistemlerin enerji performansının değerlendirilmesi amacıyla yıllık elektrik enerjisi üretimi ve CO_2 salım azaltım değerleri, PV*SOL Expert programı kullanılarak hesaplanmıştır. PV*SOL Expert programı, çatıya entegre veya taşıyıcı strüktürlü şebekeye bağlı fotovoltaik sistemlerin üç boyutlu modellenebildiği ve modellenen bu sistemlere ait detaylı gölgeleme analizlerinin yapılabildiği dinamik simülasyon programıdır [12].

A1 blok kapsamında irdelenen S_1, S_2, S_3 senaryoları ve MD için hesaplanmış yıllık ısıtma enerjisi tüketimi ve ısıtma enerjisi tüketimine bağlı CO_2 salım değerleri, Şekil 3'te, soğutma enerjisi tüketimi ve soğutma enerjisi tüketimine bağlı CO_2 salım değerleri ise, Şekil 4'te belirtilmiştir. Toplam

(ısıtma+soğutma) enerji tüketimi ve toplam enerji tüketimine bağlı CO_2 salım değerleri, Şekil 5'te verilmiştir. A1 blok kapsamında teras çatı alanlarında PV sistem kullanımının irdelendiği S_4 senaryosu için hesaplanmış yıllık elektrik enerjisi üretimi ve CO_2 salım azaltım değerleri ise, Şekil 6'da belirtilmiştir.



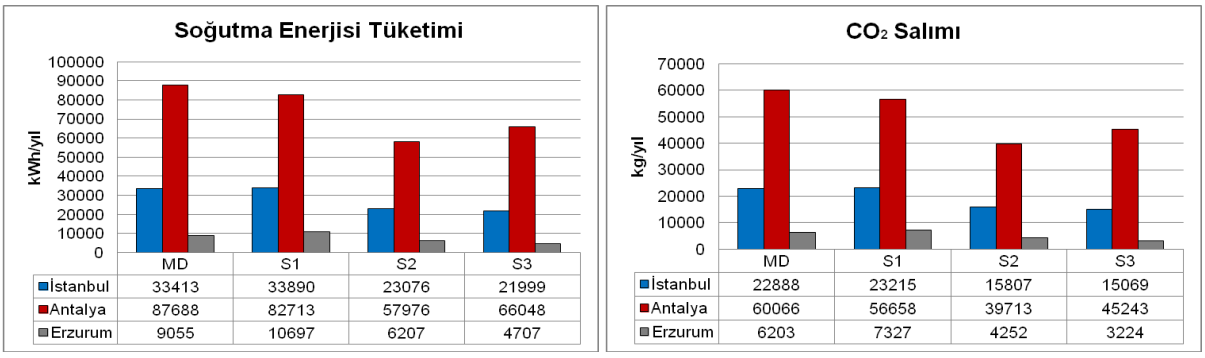
	MD	S1	S2	S3
İstanbul	326722	294475	304219	327186
Antalya	89200	80608	104038	89869
Erzurum	768940	645095	701468	779788

	MD	S1	S2	S3
İstanbul	63711	57423	59323	63801
Antalya	17394	15719	20287	17524
Erzurum	149943	125794	136786	152059

Şekil 3. S_1, S_2, S_3 ve MD İçin Yıllık Isıtma Enerjisi Tüketim ve CO_2 Salım Değerleri.

Şekil 3'te görüldüğü üzere, S_1 ve S_2 senaryoları ile ılımlı nemli iklim bölgesi temsili ili İstanbul ve soğuk iklim bölgesi temsili ili Erzurum için ısıtma enerjisi tüketim değerlerinde, mevcut enerji tüketimlerine kıyasla, azaltım sağlanmıştır. Sıcak nemli iklim bölgesi için ısıtma enerjisi tüketim değerlerinde, mevcut enerji tüketimlerine kıyasla, azaltımın sağlandığı senaryo ise, S_1 senaryosudur. Önerilen senaryolar kapsamında ısıtma enerjisi tüketim değerlerinde, mevcut enerji tüketimlerine kıyasla, sağlanan azaltım ve artış oranları irdelendiğinde, dış duvar ve teras çatı bileşenlerinde mevcut ısı yalıtım kalınlığının artırıldığı S_1 senaryosu ile İstanbul için %9.87, Antalya için %9.63, Erzurum için %16.11 oranında azaltım sağlanmıştır. Mevcut cam sisteminin değiştirildiği S_2 senaryosu ile ısıtma enerjisi tüketim değerlerinde İstanbul için %6.89, Erzurum için %8.77 oranında azaltım sağlanırken, Antalya için %16.63 oranında artış gözlenmiştir. S_3 senaryosu kapsamında, ele alınan tüm iklim bölgeleri için gölgeleme araçlarının soğutma istenen dönem süresince aktif konumda olduğu varsayılmıştır. Bu nedenle, S_3 senaryosunun ısıtma enerjisi tüketim değerlerinde etkisi olmamıştır.

Ele alınan senaryolar kapsamında, ısıtma enerjisi tüketimine bağlı CO_2 salım değerlerinde sağlanan azaltım ve artış oranları, S_1, S_2 ve S_3 senaryoları ile ısıtma enerjisi tüketiminde sağlanmış azaltım ve artış oranları ile benzerdir.



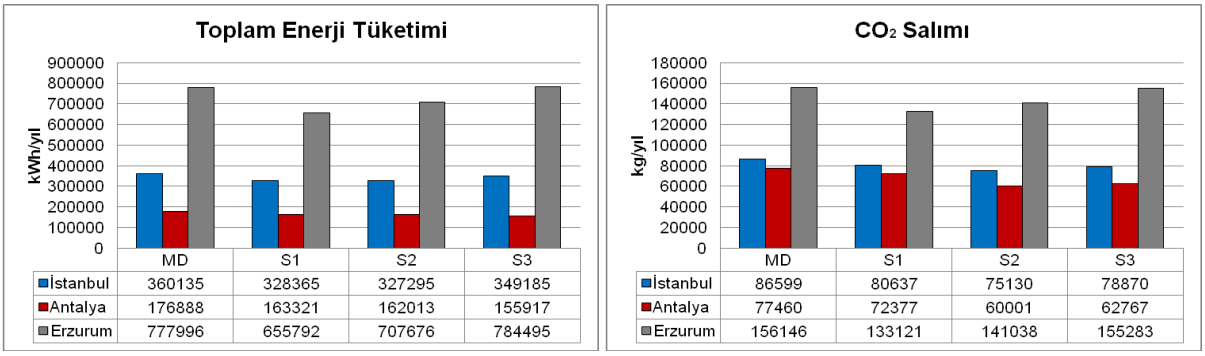
	MD	S1	S2	S3
İstanbul	33413	33890	23076	21999
Antalya	87688	82713	57976	66048
Erzurum	9055	10697	6207	4707

	MD	S1	S2	S3
İstanbul	22888	23215	15807	15069
Antalya	60066	56658	39713	45243
Erzurum	6203	7327	4252	3224

Şekil 4. S_1, S_2, S_3 ve MD İçin Yıllık Soğutma Enerjisi Tüketim ve CO_2 Salım Değerleri.

Şekil 4'te görüldüğü üzere, sıcak nemli iklim bölgesi temsili ili Antalya için soğutma enerjisi tüketim değerlerinde, mevcut enerji tüketimlerine kıyasla, önerilen tüm senaryolar ile azaltım sağlanmıştır. Sağlanan bu azaltım oranları, S_1 senaryosu için %5.67, S_2 senaryosu için %33.88 S_3 senaryosu için ise %24.68'dir. Ilımlı nemli iklim bölgesi temsili ili İstanbul ve soğuk iklim bölgesi temsili ili Erzurum için soğutma enerjisi tüketim değerlerinde, mevcut enerji tüketimlerine kıyasla, S_1 senaryosu ile artış, S_2 ve S_3 senaryoları ile azaltım sağlanmıştır. Bu bağlamda, S_1 senaryosu kapsamında hesaplanan artış oranları, İstanbul için %1.43, Erzurum için ise %18.13'tür. S_2 ve S_3 senaryoları kapsamında sağlanan azaltım oranları ise, sırası ile, İstanbul için %30.94, %34.16, Erzurum için %31.45, %48.02'dir.

Ele alınan senaryolar kapsamında, soğutma enerjisi tüketimine bağlı CO_2 salım değerlerinde sağlanan azaltım ve artış oranları, S_1, S_2 ve S_3 senaryoları ile soğutma enerjisi tüketiminde sağlanmış azaltım ve artış oranları ile benzerdir.



	MD	S1	S2	S3
İstanbul	360135	328365	327295	349185
Antalya	176888	163321	162013	155917
Erzurum	777996	655792	707676	784495

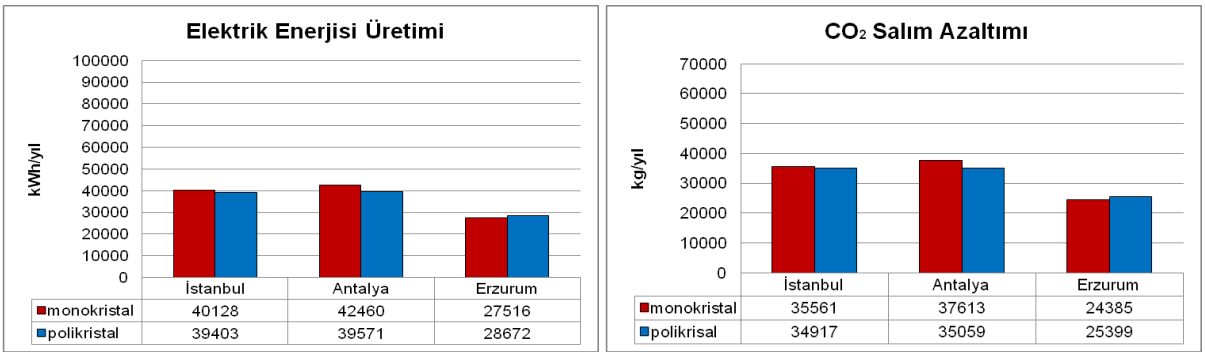
	MD	S1	S2	S3
İstanbul	86599	80637	75130	78870
Antalya	77460	72377	60001	62767
Erzurum	156146	133121	141038	155283

Şekil 5. S_1, S_2, S_3 ve MD İçin Yıllık Toplam Enerji Tüketimi ve CO_2 Salım Değerleri.

Şekil 5'te görüldüğü üzere, ılımlı nemli iklim bölgesi temsili ili İstanbul ve sıcak nemli iklim bölgesi temsili ili Antalya için önerilmiş tüm senaryolar ile toplam (ısıtma+soğutma) enerji tüketimlerinde, mevcut toplam enerji tüketimlerine kıyasla, azaltım sağlanmıştır. Soğuk iklim bölgesi temsili ili Erzurum için, S_1 ve S_2 senaryosu kapsamında, mevcut toplam enerji tüketimlerine kıyasla, azaltım sağlamış, S_3 senaryosu ise etkili olmamıştır. Toplam tüketilen enerji değerlerinde sağlanan azaltım oranları irdelendiğinde, S_1 ve S_2 senaryosu kapsamında, sırası ile, İstanbul için %8.82, %9.12, Antalya için %7.67,%8.41, Erzurum için %15.71, %9.04 oranında azaltım sağlanmıştır. S_3 senaryosu ile ise, toplam enerji tüketimlerinde İstanbul için %3.04, Antalya için %11.86 oranında azaltım sağlanmıştır.

Ele alınan senaryolar kapsamında, toplam enerji tüketimine bağlı CO_2 salım değerlerinde, mevcut toplam enerji tüketimine bağlı CO_2 salım değerlerine kıyasla, değişen oranlarda azaltım sağlanmıştır. Bu azaltım oranları, S_1, S_2 ve S_3 senaryosu kapsamında, sırası ile, İstanbul için %6.88, %13.24, %8.92, Antalya için %6.56, %22.54, %18.97, Erzurum için ise, %14.75, %9.68'tir.

S_4 senaryosu kapsamında, teras çatı alanı üzerinde, monokristal ve polikristal panellerin kullanımı ile oluşturulmuş PV sistemlerden yıllık üretilen elektrik enerjisi ve CO_2 salım azaltım değerleri de, ele alınan iklim bölgeleri için değişkenlik göstermiştir (Şekil 6).



	İstanbul	Antalya	Erzurum
monokristal	40128	42460	27516
polikristal	39403	39571	28672

	İstanbul	Antalya	Erzurum
monokristal	35561	37613	24385
polikrisal	34917	35059	25399

Şekil 6. S_4 için Yıllık Elektrik Enerjisi Üretim ve CO_2 Salım Azaltım Değerleri.

Ele alınan iklim bölgeleri açısından teras çatı alanlarında oluşturulmuş PV sistemler irdelendiğinde, ılımlı nemli iklim bölgesi temsili ili İstanbul için mono kristal paneller ile 25.08 kW kurulu güç ve %86.9 sistem performansına sahip PV sistem, poli kristal paneller ile ise, 24.86 kW kurulu güç ve %86.1 sistem performansına sahip PV sistem oluşturulmuştur. Mono kristal paneller ile oluşturulan PV sistem ile yıllık 40,128 kWh elektrik enerjisi üretilmiş olup, A1 bloğun mevcut soğutma amaçlı tükettiği 33,413 kWh'lık elektrik enerjisi karşılanmaktadır. Bu sistem ile CO_2 salımında yıllık 35,561 kg ve dolayısıyla mevcut toplam enerji tüketimine bağlı CO_2 salım değerlerinde %41.06 oranında azaltım

sağlanabilmektedir. Poli kristal paneller ile oluşturulan PV sistem ile yıllık 39,403 kWh elektrik enerjisi üretilmiş olup, A1 bloğun mevcut soğutma amaçlı tükettiği 33,413 kWh'lık elektrik enerjisi karşılanmaktadır. Bu sistem ile CO_2 salımında yıllık 34,917 kg ve dolayısıyla mevcut toplam enerji tüketimine bağlı CO_2 salım değerlerinde %40.32 oranında azaltım sağlanabilmektedir.

Sıcak nemli iklim bölgesi temsili ili Antalya için mono kristal paneller ile 25.08 kW kurulu güç ve %83.9 sistem performansına sahip PV sistem, poli kristal paneller ile 23.54 kW kurulu güç ve %83.3 sistem performansına sahip PV sistem oluşturulmuştur. Mono kristal paneller ile oluşturulan PV sistem ile yıllık 42,460 kWh elektrik enerjisi üretilmiş olup, A1 bloğun mevcut soğutma amaçlı tükettiği 87,688 kWh'lık elektrik enerjisini %48.42 oranında karşılamaktadır. Bu sistem ile CO_2 salımında yıllık 37,613 kg ve dolayısıyla mevcut toplam enerji tüketimine bağlı CO_2 salım değerlerinde %48.56 oranında azaltım sağlanabilmektedir. Poli kristal paneller ile oluşturulan PV sistem ile yıllık 39,571 kWh elektrik enerjisi üretilmiş olup, A1 bloğun mevcut soğutma amaçlı tükettiği 87,688 kWh'lık elektrik enerjisini %45.13 oranında karşılamaktadır. Bu sistem ile CO_2 salımında yıllık 35,059 kg ve dolayısıyla mevcut toplam enerji tüketimine bağlı CO_2 salım değerlerinde %45.26 oranında azaltım sağlanabilmektedir.

Soğuk iklim bölgesi temsili ili Erzurum için mono kristal paneller ile 18.43 kW kurulu güç ve %88.7 sistem performansına sahip PV sistem, poli kristal paneller ile 19.36 kW kurulu güç ve %88.0 sistem performansına sahip PV sistem oluşturulmuştur. Mono kristal paneller ile oluşturulan PV sistem ile yıllık 27,516 kWh elektrik enerjisi üretilmiş olup, A1 bloğun mevcut soğutma amaçlı tükettiği 9,055 kWh'lık elektrik enerjisi karşılanmaktadır. Bu sistem ile CO_2 salımında yıllık 24,385 kg ve dolayısıyla mevcut toplam enerji tüketimine bağlı CO_2 salım değerlerinde %15.62 oranında azaltım sağlanabilmektedir. Poli kristal paneller ile oluşturulan PV sistem ile yıllık 28,672 kWh elektrik enerjisi üretilmiş olup, A1 bloğun mevcut soğutma amaçlı tükettiği 9,055 kWh'lık elektrik enerjisini karşılamaktadır. Bu sistem ile CO_2 salımında yıllık 25,399 kg ve dolayısıyla mevcut toplam enerji tüketimine bağlı CO_2 salım değerlerinde %16.27 oranında azaltım sağlanabilmektedir.

SONUÇ

Günümüzde konut binalarının enerji etkin iyileştirilmesinde en önemli etkenlerden biri, konutların ısıtma ve soğutma amaçlı enerji tüketimlerini ve bu enerji tüketimlerine bağlı çevresel etkilerini minimize edecek şekilde değerlendirilmesi ve geliştirilmesidir. Diğer bir etken ise, tükettiği enerjiyi bina kabuğuna entegre yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan sistemlerden karşılaması ve enerji tüketimine bağlı çevresel etki düzeyinde azaltım sağlanmasıdır. Enerji etkin iyileştirme çalışmaları kapsamında konut binalarının ısıtma-soğutma enerjisi tüketimleri ve konut binalarına entegre yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan sistemlerin verimi üzerinde belirleyici unsur olan dış iklimsel faktörlerin etkisi de dikkate alınarak uygun çözümlerin belirlenmesi gereklidir. Bu açıdan bu çalışmada, mevcut bir konut binası ele alınmış, bu mevcut konut binasının ılımlı nemli, sıcak nemli ve soğuk iklim bölgesinde yer aldığı varsayılarak bu iklim bölgelerinin dış iklimsel koşulları içerisinde mevcut enerji performansı değerlendirilmiş ve enerji etkin iyileştirilmesi amacıyla farklı senaryolar önerilmiştir. Çalışmada geliştirilen enerji etkin senaryolar aracılığı ile mevcut durumdaki ısıtma ve soğutma amaçlı enerji tüketimlerinin ve bu enerji tüketimlere bağlı CO_2 salımlarının azaltılabileceği ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan sistemlerden üretilen enerji değerleri ile mevcut enerji tüketimlerinin karşılanabileceği ve CO_2 salımında azaltım sağlanabileceği vurgulanmıştır.

Çalışma kapsamında irdelenen senaryoların birbirleri ile kıyaslamalı sonuçları dikkate alındığında, dış iklimsel faktörlere bağlı olarak senaryoların enerji tüketimlerine etkisi iklim bölgelerine göre değişkenlik göstermiştir. Toplam enerji tüketimlerinin azaltımında S_1, S_2, S_3 senaryoları arasında en yüksek azaltımın sağlandığı senaryo, ılımlı nemli iklim bölgesi temsili ili İstanbul için S_2 senaryosu(%9), sıcak nemli iklim bölgesi temsili ili Antalya için S_3 senaryosu(%12), soğuk iklim bölgesi temsili ili Erzurum için ise, S_1 senaryosudur(%16). Toplam enerji tüketimlerine bağlı CO_2 salım değerlerinin azaltımında ise, İstanbul ve Antalya ili için en yüksek azaltımın sağlandığı senaryo S_2 senaryosu (%13 ve %23) iken, Erzurum ili için ise S_1 senaryosudur(%15).Yenilenebilir enerji kaynağı kullanılarak elektrik enerjisi üretiminin gerçekleştiği S_4 senaryosu kapsamında elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, Antalya ilinde PV sistemlerden en yüksek elektrik üretiminin sağlandığı ve yıllık soğutma enerjisi tüketimini

yaklaşık %50 oranında karşıladığı gözlenmiştir. Öngörülen PV sistem ile toplam enerji tüketimine bağlı CO_2 salım değerlerinde ise, %45 oranında azaltım sağlanabilmektedir. İstanbul ilinde PV sistemlerden üretilen elektrik enerjisi değeri ise, Erzurum ilinde PV sistemlerden üretilen elektrik enerjisi değerinden daha yüksek olup her iki il için, PV sistemlerden üretilen elektrik enerjisi değeri ile yıllık soğutma enerjisi tüketimi karşılanmaktadır. Öngörülen PV sistemler ile toplam enerji tüketimine bağlı CO_2 salım değerlerinde ise, İstanbul için %40, Erzurum için ise %16 oranlarında azaltım sağlanabilmektedir.

Çalışma kapsamında sınırlı sayıda senaryo için değerlendirme yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları enerji etkin iyileştirme çalışmalarında farklı iklim bölgelerine göre farklı senaryoların geliştirilmesinin önemini göstermektedir. Ancak kabul edilebilir genel sonuçlara ulaşabilmek için bu tür çalışmaların çok sayıda senaryo için gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesi gereklidir. Enerji etkin değerlendirme çalışmaları, enerji tasarrufu sağlamak amacıyla özellikle çok sayıda kullanıcıyı etkileyen toplu konutlar için daha kritik olmaktadır. Uygun alternatifleri seçmek için maliyet analizlerinin de yapılması gereklidir. Mevcut binalarda ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimlerinin azaltılması ile elde edilecek kazanç, diğer sektörlerde de enerji maliyetlerinin azaltılmasını sağlayarak ülke ekonomisine önemli bir katkı sağlayacaktır. Ayrıca, bu tür çalışmalar ile mimari tasarım sürecinde alınacak doğru kararlar, binaların sınırlı ve kıt olan kaynakları daha az tüketmesini ve çevre kirliliğini önleyen, sağlıklı, konforlu, sürdürülebilir yerleşmelerin gerçekleştirilmesini sağlayabilecektir. Bu tür çalışmaların istenilen düzeyde gerçekleştirilebilmesi, hiç kuşkusuz konuya ilişkin yasal mevzuat ile olanaklıdır. Bu açıdan, enerji etkin binaları tanımlayan, mimar/mühendise ve bina kullanıcılarına yol gösterici teknik bilgi ve kriterleri bütüncül bir yaklaşımla ele alan ve binaları enerji üreten sistemlerle entegre etmeyi hedefleyen enerji mevzuatının geliştirilmesi geleceğe dönük öncelikli çalışmalar olmalıdır.

KAYNAKLAR

[1] Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, “Enerji Raporu 2011”, 2011.
[2] ZEREN, L. ve diğerleri, “Türkiye’de Yeni Yerleşmeler ve Binalarda Enerji Tasarrufu Amacıyla bir Mevzuat Modeline İlişkin Çalışma”, Çevre ve Şehircilik Uygulama- Araştırma Merkezi, İ.T.Ü.,1987.
[3] BERKÖZ, E., ve diğerleri, “Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı”, Tübitak-İntag 201, Araştırma raporu,1995.
[4] YILMAZ, Z., ve diğerleri, “Türkiye ve İrlanda’daki Binaların Enerji Etkin Tasarım ve Yapımı için Sürdürülebilirlik Stratejileri”, Proje No:30657, İ.T.Ü., 2006.
[5] TS 825, “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı”, 2000.
[6] Design Builder software, “Design Builder 2.2.5 user manual” 2009.
[7] OLGYAY, A., ve OLGYAY, V., “Solar Control and Shading Devices”, Princeton University Press, 1957.
[8] ZEREN, L., “Türkiye’nin Tipik İklim Bölgelerinde En Sıcak Devre ve En Az Sıcak Devre Tayini, I.Mutedil Bölge”, İ.T.Ü., Mimarlık Fakültesi, Yapı Araştırma Kurumu, Seri C:Araştırmalar sayı 3, 1962.
[9] ZEREN, L., “Türkiye’nin Tipik İklim Bölgelerinde En Sıcak Devre ve En Az Sıcak Devre Tayini, II.Mutedil Bölge”, İ.T.Ü., Mimarlık Fakültesi, Yapı Araştırma Kurumu, Seri C:Araştırmalar sayı 6, 1967.
[10] Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli, “Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri için IPCC Rehber”, 2006.
[11] CAN, A., “Emisyon Envanteri Nasıl Hazırlanır”, TUİK, 2009.
[12] PV*SOL Expert software, “PV*SOL® Expert Version 5.0 Design and Simulation of Photovoltaic Systems User Manual”, 2011.

ÖZGEÇMİŞ

Suzi Dilara MANGAN

2004 yılı Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi mezunudur. 2004-2006 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi (İ.T.Ü.), Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi programında yüksek lisansını "Akıllı Binalarda Alt Sistem Değerlendirmesi: İstanbul Örneği" konulu tezi ile tamamlamıştır. 2003-2009 yılları arasında İstanbul'da çeşitli mimarlık ofislerinde mimari proje tasarım ve uygulama alanında çalışmalarda bulunmuştur. 2007 yılında İ.T.Ü. Yapı Bilimlerinde binalarda enerji performansı, bina enerji simülasyonları ve konut binalarının enerji etkin iyileştirilmesi üzerine doktora programına başlamıştır. 2010 yılında lisanslı BREEAM International Değerlendiricisi olup halen İ.T.Ü. Yapı Bilimlerinde Doktora eğitimine devam etmektedir.

Gül KOÇLAR ORAL

1984 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi (İ.T.Ü.) Mimarlık Fakültesi'nden mezun olmuştur. 1986 yılında, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nden 'Yüksek Mimar' unvanını, 1991 yılında 'Doktor' unvanını almıştır. 1987 – 1991 yılları arasında araştırma görevlisi olarak çalışmıştır.1992'de 'Yardımcı Doçent', 1998'de 'Doçent', 2004 yılında 'Profesör' unvanlarını almıştır. İ. T. Ü. Mimarlık Fakültesi'nde, Fakülte Kurulu Üyeliği, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı Koordinatörlüğü görevlerini üstlenmektedir. Yapı Fiziği Derneğinin kurucusu ve Yönetim Kurulu Başkanıdır. İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Fiziksel Çevre Kontrolü Çalışma Gurubu'nda, sürdürülebilir enerji, enerji etkin tasarım ve yenileme, ekolojik tasarım, pasif güneş enerjisi sistemleri, kabukta ısı ve nem denetimi ve yalıtım gibi konularda çalışmalarına devam etmekte olup, adı geçen konu alanlarında çok sayıda ulusal ve uluslar arası yayınları bulunmaktadır.