



# KAMU BİNALARINDA DÜŞÜK KARBON SALINIMLI ENERJİ YÖNETİM MODELİ VE ÖRNEK UYGULAMA

*A Model Application Based On Low Carbon Energy Management Of Integrated Buildings For Public Sector*

**İsmail PAÇACI**  
**Koray ÜLGEN**  
**M. Ziya SÖĞÜT**

## ÖZET

Bütünleşik yapılar, çoğunluğu kamunun yönetiminde olan, birden çok enerji kaynağı tüketen bütünleşmiş binalardır. Bu yapılar farklı enerji taleplerine karşın merkezi bir yönetim yapısına sahip, konvansiyonel enerji dönüşüm sistemleriyle işletilir. Çoğu fosil yakıt kaynağı tüketen ısı ihtiyaçlarında yüksek tersinmezliklerden dolayı aşırı kayıpların olduğu görülür. Çoğunlukla ihtiyacın üstünde, buhar üretim teknolojileri ile enerji verimsizliğinin yoğun olduğu yapılardır.

Bu çalışma öncelikle bir yerleşke içinde talep analizi referans alınarak enerji verimlilik potansiyeli irdelenmiştir. Çalışmada, konsantre güneş teknolojileriyle birlikte, sistemin enerji talebini yönetecek bir çerçeve önerilmiştir. Bu kapsamda optimal sistem ihtiyaçları değerlendirilerek bir tüketim tasarruf analizleri incelenmiştir. Çalışmada model alınan yerleşkede termoekonomik analizler ile birlikte, modelin sağlayacağı çevresel tasarruflar da incelenmiştir. Çalışmanın sonunda uygulama prosedürlerine ilişkin bilgi verilmiş ve ihtiyaçlar irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kamu sektörü, Bütünleşik yapılar, Enerji yönetimi, Düşük karbon, Sürdürülebilirlik

## ABSTRACT

Integrated structures are integrated buildings, most of which are in public administration, which consume more than one source of energy. Despite the different energy demands, these structures are operated by domestic energy conversion systems with a central management structure. It is seen that there are excessive losses with high irreversibility in most fossil fuel source consuming heat needs. In these structures, steam production technologies and energy inefficiency are often above the need.

In this study, firstly, energy efficiency potential is examined by reference to demand analysis in a campus. In the study, together with concentrated solar technologies, a framework was proposed to manage the energy demand of the system. In this context, the optimal system requirements were evaluated and a consumption saving analysis was examined. In addition to the thermoeconomic analysis in the model, the environmental savings of the model were investigated. At the end of the study, information was given about the application procedures and needs were discussed.

**Key Words:** Public sector, Integrated buildings, Energy management, Low carbon, Sustainability.

## 1. GİRİŞ

Türkiye’de bina sektörü son yıllarda hızla gelişmekte olup, sektörün nihai enerji tüketimi 2000 yılında 19,5 milyon TEP iken 2015 yılında %66 artarak 32,4 milyon TEP değerine ulaşmıştır. Yıllık ortalama %4,4 enerji talep artışı gerçekleşen bina sektörünün nihai enerji tüketimindeki payı ise %32,8 değerine ulaşarak sanayi sektörünün önüne geçmiştir[1]. Enerji talebini karşılamada %73 oranında dışa bağımlı

bir ülke olan Türkiye'ye bu durum ekonomik anlamda ciddi bir yük oluşturmaktadır. Türkiye Ekonomi Kalkınma Politikası gereği kişi başına düşen birincil enerji tüketimini düşürmek için binalarda enerjinin verimli kullanılması büyük önem addetmektedir. Enerjinin verimli kullanımı doğrultusunda yapılabilecek aktif ve pasif iyileştirmeler ile binalarda yüksek oranda enerji tasarrufunun yapılabilmesi mümkündür.

Mevcut binaların yerleşkeleri tanımlayan bölümü %20'ler seviyesindedir. Yerleşkeler çoğunlukla kamu veya eğitim kurumlarının faaliyet gösterdiği alanlardır. Bütünleşik yapı özelliği gösteren bu alanlarda enerji kullanımı yoğun olmakla birlikte, çok yönlü ve farklı amaçlar için tercih edilmektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadelenin değer kazandığı günümüzde enerji maliyetlerinin düşürülmesi, birincil enerji tüketiminin azalması hedefleri doğrultusunda kamu yönetimindeki fosil kaynaklı enerji tüketen bütünleşik yapılarda enerji yönetimi kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı değer kazanmıştır.

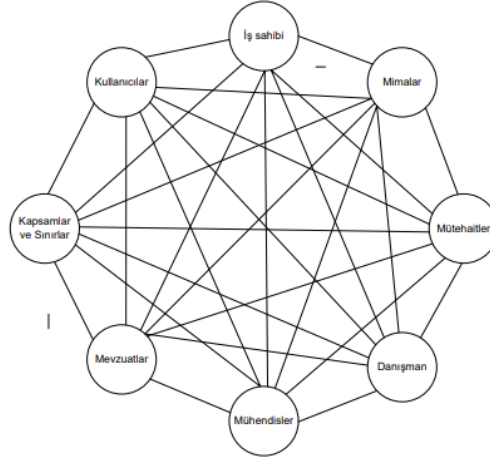
Enerji yönetimi; enerji kaynaklarının ve enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak üzere yürütülen eğitim, etüt, ölçüm, izleme, planlama ve uygulama faaliyetlerini içermektedir[2]. Özellikle birçok bina yapısından bir araya gelmiş kamu yerleşkelerinde başarılı bir enerji yönetim modeli ile enerji verimliliğini yükseltmek mümkündür. Enerji yönetimi ile bina yapısı içinde var olan sistem ve organizasyonlarda meydana getirilecek iyileştirmeler ile mevcut enerji tüketiminin azaltılması amaçlanmaktadır. Enerji tüketiminin azaltılmasına ek olarak, yapı içerisinde kullanılan enerji elde etme yöntemleri ve materyallerinde değişim sağlanarak enerjinin daha düşük bir maliyet ve insan sağlığına daha az oranda zarar verecek şekilde üretilmesi sağlanabilmektedir. Bu kapsamda çevre ve insan sağlığına duyarlı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranını yükseltmek önemli bir kazanımdır. Yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıt tüketimini azaltarak, karbon emisyon değerini düşürmektedir.

Bu çalışmada bütünleşik yapı olarak değerlendirilen yerleşkeler için bir enerji yönetim sistemini ve etkinliğini geliştirecek bir çerçeve geliştirilmiştir. Güneş enerjisi ve özellikle CSP teknolojilerin yapısal bütünlük içinde enerji yönetim sistemiyle entegrasyonu hedeflenmiştir. Bu kapsamda kamu binalarında düşük karbon salınımlı model oluşturulmuş ve örnek bir uygulama çalışması yapılmıştır.

## 2. BÜTÜNLEŞİK YAPILAR

Üretim ve teknoloji sektöründe uzun yıllardır süre gelen gelişmeler kentlere göçü hızlandırmıştır. Kentleşme oranındaki hızlı artış, insanların ortak yaşam alanlarında yaşamlarını sürdürmesi ve artan konfor talebi gibi nedenlerden dolayı dünya üzerinde pek çok kentte modern binalar inşa edilmiştir. Binalarda gerçekleştirilen faaliyetlerin çeşitlenmesi, farklı türlerdeki enerji taleplerinin artmasına bağlı olarak modern yapıların enerji tüketiminin artması enerji sistemlerinde düşük karbon teknolojilerini ön plana çıkartmış ve az enerji tüketen, yüksek enerji verimine sahip binaların tasarlanması ve yapılması zorunlu hale gelmiştir. Bu amaç doğrultusunda yapılan çalışmalar "bütünleşik yapı tasarımı ve uygulaması" kavramını ortaya çıkarmıştır.

Bütünleşik yapılarda mekanik proje tasarımı tıpkı mimaride olduğu gibi, tüm bileşenleri ve oyuncuları ile birlikte, enerji etkin bir çözümü öne çıkartır. Bu kapsamda tasarım sürecinde de en az işgücü ve zaman kaybı dikkate alınarak çalışılmalıdır. Bütünleşik tasarım kısaca, mimari, statik, mekanik ve elektrik tesisatı gibi tüm bileşenlerin bütünleşik tasarımı olarak ifade edilir. Tasarımda sadece ilk yatırım maliyeti değil tüm yaşam döngüsü maliyeti ve faydalar göz önüne alınır. Bu kapsamda mekanik sistemlerde, ısı taleplerinin konfor şartlarına bağlı oldukça düşük seviyede tutulması, yenilenebilir enerji payının yükseltilmesi, net sıfır enerji hedeflerine yaklaşabilecek bütüncül bir yapı oluşturulması hedeflenmiştir[3].



Şekil 1. Bütünleşik Yapı Tasarım Modeli [3]

### 3. DÜŞÜK KARBON YAKLAŞIMI İLE BİNA MODELİ

Düşük karbon yaklaşımı ile yeni binaların tasarımı ya da mevcut binalardaki yapılacak iyileştirmeler ile karbon emisyon değerlerinin düşürülmesi hedeflenmektedir. Bu bağlamda bir düşük karbon strateji planı geliştirilmelidir. Düşük karbon strateji planı kapsamında bina mimarisinde pasif iyileştirmeler yapılarak binanın enerji talebi düşürülebilmektedir. Pasif iyileştirmeler dâhilinde ısı yalıtım yöntemiyle kayıplar minimize edilebilir, kontrol edilemeyen sızıntılar engellenebilir, güneş kaynaklı ısı kazançlarından maksimum derecede yararlanılarak soğutma yükü düşürülebilir, gün ışığından yüksek şekilde faydalanarak aydınlatma için harcanan enerjiden tasarruf sağlanabilir ve doğal havalandırma sistemlerinden yararlanılabilir. Bunun yanı sıra yüksek enerji verimliliğine sahip donanım kullanımı, otomatik kontrol sistemleriyle birlikte, enerji izleme ve yönetim sistemlerinin devreye alınması, sıfır ve düşük karbon emisyonuna sahip yenilenebilir enerji kaynaklarının yapının enerji üretim sistemine adapte edilmesi gibi yöntemlerle de aktif iyileştirmeler yapılarak enerji talebi düşük, düşük karbon emisyon değerlerine sahip bina tasarımı yapılabilmesi mümkündür.

Binaların karbon emisyon değerlerinin düşürülmesi kapsamında yapılan çalışmalar planlama, tasarım, imalat ve kullanım süreci adı altında dört ana adımda değerlendirilmektedir. Planlama aşaması, binanın kullanım amacı belirtilerek istenilen konfor ve işletim şartlarından ödün vermeden sağlanabilecek düşük karbon emisyon hedefi belirlenerek, güçlü bir tasarım ekibinin oluşturulması ile mali olanaklar dahilinde yapılacak olan iyileştirmelere karar verilen aşamadır. Tasarım aşaması bina tadilatında odaklanacak noktaları kapsamaktadır. Bu aşamada bina kabuğundan yapılacak değişiklikler, ısı yalıtım malzemesi ve kalınlığı, ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri için yüksek enerji verimine sahip donanımların seçilmesi, enerji talebini düşürecek yeni havalandırma sisteminin tasarımı ve diğer çeşitli bina enerji performansını iyileştirecek opsiyonların uygulanmasının belirlendiği, etkin enerji çözümlerinin gerçekleştirildiği aşamadır. İmalat bölümü tasarım bölümünde karar verilen çözümlerin hayata geçirildiği bölümdür. Kullanım aşaması ise bina kullanıcılarının yapılan iyileştirmeler ve hayata geçirilen etkin enerji çözümlerinin uygulanması konusunda bilgilendirilerek, bunları doğru bir şekilde işlenmesi yönünde teşviklerin yapıldığı aşama olarak tanımlanmaktadır.

### 4. DÜŞÜK KARBON STANDARDI

Binalarda enerji talebi ve bunlara ilişkin standartlar genellikle ulusal yönetmelik ve kurullarla tanımlanmıştır. Ancak ulusal standartlar arasında yerel ölçütler genel bir standart olarak değerlendirilmemektedir. Bu durum binalarda sürdürülebilir enerji yönetimi yönüyle yararlı olsa da küresel etki yönüyle bir standart sağlamamıştır. Küresel emisyon potansiyelinde oldukça önemli bir pay edinen bina sektöründe düşük karbon standartlarını temel alan yeşil bina uygulamaları toplumsal stratejileri etkileyen bir kavram olmuştur. Bu kapsamda özellikle binalarda düşük karbon stratejilerinin

kullanılması sürdürülebilir enerji yönetimi ve fosil kaynaklı enerji tüketiminin azaltılmasını temel alan çalışmalar önem kazanmıştır. Bu yönüyle bu tür teknolojilerin kullanımı ülkelerce çeşitli standartlarla şekillendirilmiştir.

Avrupa Birliği 2006 yılında, Bina Enerji Performans Direktifini yayınladı ve bu direktifte de ulusların enerji performans hesaplamalarına bağlı olarak binalarda enerji verimlilik sertifikalarını oluşturmalarını istedi. Bu yönüyle İngiltere, İskoçya gibi ülkelerde ortaya çıkartılan düşük karbon standartları uygulayan ülkeler için öncelikle sera gazı emisyonlarının %80 azaltılmasını hedef alan bir standart olarak geliştirilmiştir. Bu kapsamda özellikle 2008 yılında yürürlüğe konulan uygulama ile 2019 yılına kadar tüm yeni binalar da bu standardın içinde değerlendirilmiştir. Standart, kapsam olarak binaların yaşam döngülerinde bina yapıları, işletmeleri veya binaların yeniden dönüşümü veya restorasyonu gibi süreçler ile birlikte bir bütün uygulamadır. Sera gazı emisyonlarının azaltılması yönüyle, örneğin binalarda yapı bileşenlerinin düşük karbon standartlarına uygun şekillendirilmesi atık yönetimi ve transferi olmak üzere tüm çevresel geri dönüşümlerin sağlanmasıyla birlikte tipik bir bina için 1000-1500 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> olan ortalama etkinin %80 azaltılması olarak görülmelidir. Bu yönüyle uygulama alanı bulan standart, yapılarda kullanılan materyallerin azaltılması, düşük emisyon faktörlerine sahip materyallerin seçimi, geri dönüştürülebilir teknolojilerin geliştirilmesini içermektedir.

Sera gazı emisyonları binalarda, elektrik, fosil kaynaklı enerji tüketimi, atık su ve bina kaynaklı katı atıklardan oluşmaktadır. Binaların kullanım özellikleri ve yapılarına göre emisyon potansiyeli yıllık 0 ile 100 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> aralığında değişmektedir. Düşük karbon standartları binalarda özellikle doğrudan emisyon yüklerinin yıllık 10 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> değerinin altına düşmesi için geliştirilmiş bir standarttır. Bu amaçla yukarıda ifade edilen yapısal iyileştirmeler yanında enerji tüketiminin azaltılması, yenilenebilir enerji kullanımının geliştirilmesi ve enerji geri kazanımı önemli kazanımlar sağlayacaktır. Mevcut yapı teknolojilerinin neden olduğu yapılara göre binaların enerji ihtiyaçları, iklimsel ve bölgesel değerler nedeniyle yüksektir. Düşük karbon standardı bu yapılar için sıfır karbon stratejileri için bir geçiş aşaması olarak değerlendirilmelidir.

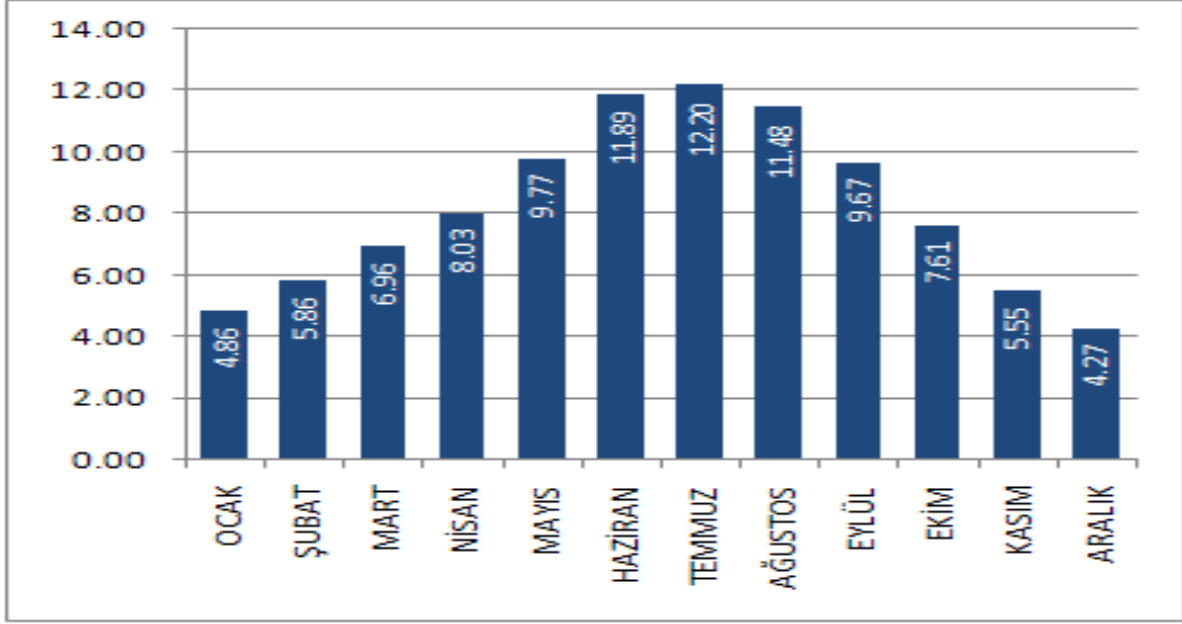
## 5. GÜNEŞ ENERJİSİ VE MODEL ÇALIŞMA

Ülkemiz, coğrafi konumu sebebiyle güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup>yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri verilmiştir[4].

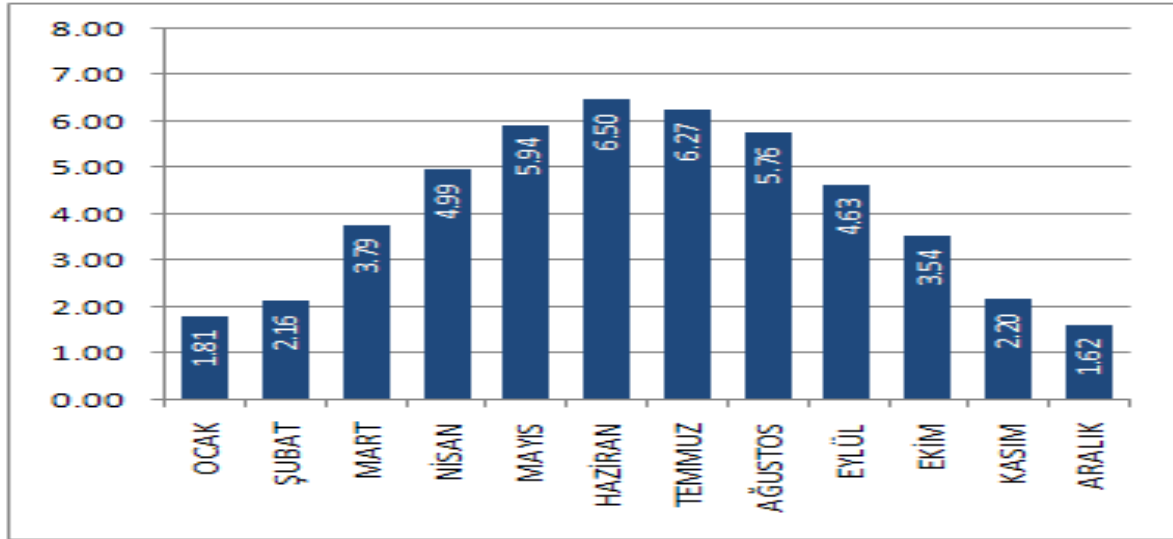
**Tablo 1.** Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli [4].

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (Kcal/cm <sup>2</sup> -ay)	(KWh/m <sup>2</sup> -ay)	Güneşlenme Süresi (Saat/ay)
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0
Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
Toplam	112,74	1311	2640
<b>Ortalama</b>	<b>308 cal/cm<sup>2</sup>-gün</b>	<b>3,6 KWh/m<sup>2</sup>-gün</b>	<b>7,2 saat/gün</b>

İzmir ili güneş enerjisi potansiyeli olarak Türkiye ortalamasının üzerindedir. EİE verilerine göre İzmir'in yıllık ortalama güneşlenme süresi 7.8 saat/gün, güneş radyasyon ortalaması ise 1500 kWh/m<sup>2</sup>yıl'dır.



Şekil 2. İzmir Güneşlenme Süreleri (Saat) [5]



Şekil 3. İzmir Global Radyasyon Değerleri (kWh/m<sup>2</sup>gün) [5].

İzmir ili güneşlenme süreleri ve radyasyon değerlerini veren iki grafik incelenerek çeşitli saptamalar yapılabilmektedir. Güneş radyasyon değeri ve güneşlenme sürelerinin en yüksek değerlere ulaştığı haziran ve temmuz aylarında yüksek miktarlarda güneş enerjisinden enerji elde edilebileceği ortaya çıkmaktadır. Aralık ve ocak aylarında en az miktarda güneş enerjisi değerleri okunmasına rağmen göz ardı edilemeyecek değerlerde enerji üretilebilmektedir.

Uzun güneşlenme süreleri ve yüksek güneş radyasyon değerlerine sahip İzmir ilinde güneş enerjisi kaynaklı enerji üretimi ile çevre ve insan sağlığını tehlikeye atmadan önemli oranda enerji ihtiyacı karşılanabilmektedir.

Düşük karbon yaklaşımı ve sürdürülebilirlik kavramları doğrultusunda özellikle yüksek değerlerde enerji tüketimine sahip kamu sektörü tarafından kullanılan yerleşkelerde güneş enerjisinden faydalanılarak enerji maliyet değerlerini düşürmek mümkün olmaktadır. Bu amaçla çalışmada İzmir ilinde bulundan bir kamu kuruluşu yönetimi idaresi altındaki bir yerleşkenin yıllık enerji tüketim değeri üzerinden termoekonomik analizler yapılarak düşük karbon salınımlı enerji yönetim modeli izlenerek örnek bir uygulama çalışması yapılmıştır.

Yerleşke yaklaşık olarak 35000 m<sup>2</sup> aktif kullanım alanına sahip, birbirine yakın bina yapılarından oluşmuş ve etkin bir mekanik sisteme sahiptir. Kurumda enerji türü olarak elektrik ve ısı enerjisinin kullanıldığı görülmektedir. Kurum elektrik ihtiyacını ulusal şebekeden karşılarken, ısı enerjisi ihtiyacını doğal gazla dayandırmaktadır. Kurumun kullanılan enerji türüne göre 2017 yılı enerji tüketiminin ve en yüksek düzeyde enerji talep ettiği pik değerinin aylık bazdaki değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

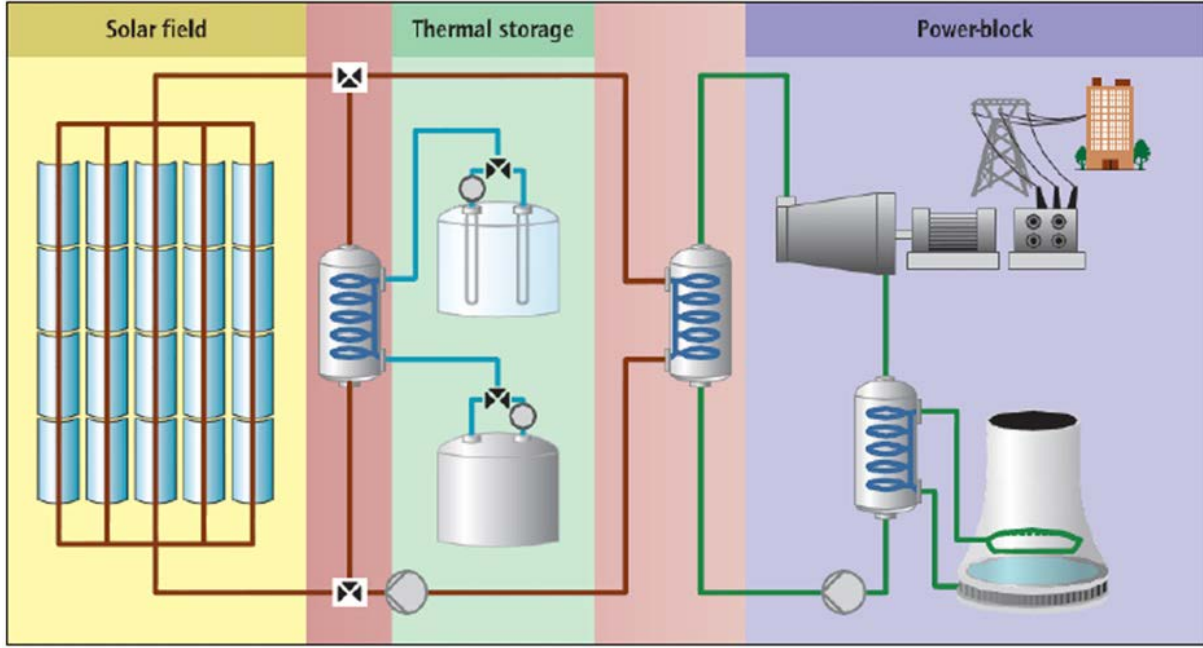
**Tablo 2.** Yerleşkenin Kullanılan Enerji Türlerine Göre Elektrik Tüketimi

Yıl	Ay	Elektrik		Doğal Gaz		Toplam	
		Tüketim kWh	Pik Enerji kWh	Tüketim kWh	Pik Enerji kWh	Tüketim kWh	Pik Enerji kWh
2017	Ocak	76162	412,13	33509,55	253,85	109671,6	665,98
	Şubat	124447	673,41	23815,67	180,42	148262,7	852,83
	Mart	84688	458,26	26453,83	200,4	111141,8	658,65
	Nisan	89398	483,7	19936,87	151,03	109334,9	634,73
	Mayıs	79866	432,17	3408,14	25,81	83274,14	457,98
	Haziran	72621	392,97	2009,01	15,21	74630,01	408,18
	Temmuz	64976	351,6	1643,74	12,45	66619,74	364,04
	Ağustos	75091	406,33	3040,69	23,03	78131,69	429,36
	Eylül	93321	504,98	2313,03	17,52	95634,03	522,5
	Ekim	69878	378,12	2238,72	16,96	72116,72	395,07
	Kasım	75264	407,27	9657,76	73,16	84921,76	480,43
	Aralık	94179	509,62	24477,27	185,43	118656,3	695,05
TOPLAM		999891	5410,56	152504,3	1155,23	1152395	7433,02

**Tablo 3.** İzmir Global Radyasyon Değerleri (kWh/m<sup>2</sup>gün) ve Yerleşkenin Pik Enerji İhtiyacı (kWh)

Aylar	Güneş Işınım Değerleri (kWh/m <sup>2</sup> yıl)	Pik Enerji İhtiyacı (kWh)
Ocak	1,81	665,98
Şubat	2,16	852,83
Mart	3,97	658,65
Nisan	4,99	634,73
Mayıs	5,94	457,98
Haziran	6,50	408,18
Temmuz	6,27	364,04
Ağustos	5,76	429,36
Eylül	4,63	522,5
Ekim	3,54	395,07
Kasım	2,20	480,43
Aralık	1,62	695,05

Güneş enerji sistemlerinde parabolik toplama toplayıcıları (PTC) ARGE sürecini tamamlamış ve ticari bir özelliğe sahip toplayıcılardır. Ortalama verimleri %15-25 aralığında olan bu teknolojilerin ısı geri kazanım üniteleriyle birlikte ortalama verimleri %40'ları bulmaktadır. Güneş enerjisi toplayıcılarında enerji transferi ikincil bir akışkan hattına bağlıdır. Özellikle birden fazla enerji ihtiyacının olduğu süreçler için bu sistem tercihleri önemli bir avantajdır. Prosesin akış şeması Şekil 4'te verilmiştir.



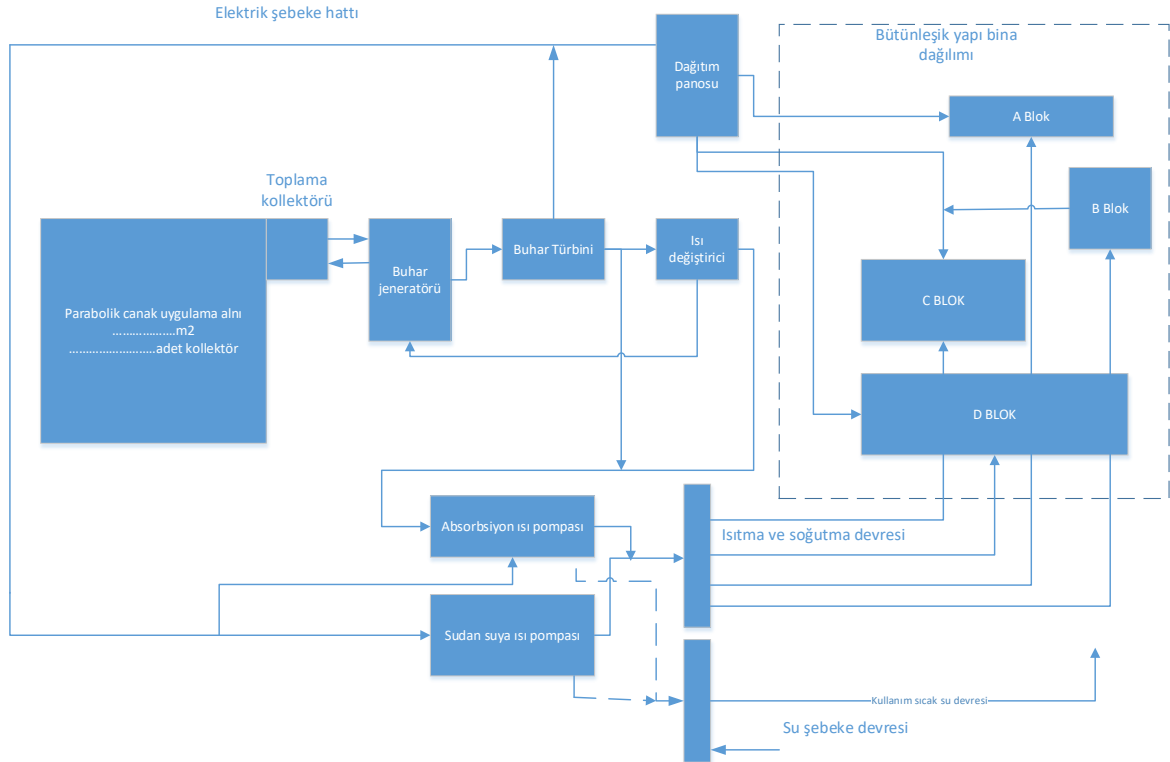
**Şekil 4.** PTC Güneş Enerji Sistem Şeması[6].

PTC genellikle kapasiteye bağlı olarak bir grup montajı ile çalışan ünitelerdir. Bu ünitelerde gümüş veya akrilik özellikli yansıtma yüzeyine sahip yüzey yapısıyla, gelen güneş ışınları doğrudan odak çizgisinde bulunan emici tüpler vasıtasıyla birincil devre akışkanına ısı olarak iletilir. Bu tür sistemlerde güneş ışınlarından maksimum yararlanmak için genellikle odak noktası ve yansıtıcı yüzey, güneş ile birlikte hareket eder[6]. Bu tür uygulamalarda yaklaşık 350°C bulan sıcaklık kapasitesine bağlı olarak, birincil devre için kullanılan akışkan, istenilen ısı yüküne göre farklılık gösterir. Buna ilişkin dağılımlar Tablo 4'te verilmiştir

**Tablo 4.** Kullanılan Akışkanın Çalışma Sıcaklık Dağılımları

Akışkan	Su+glükol(max%40)	Isıl akışkan (Thermal oil)			Tuz eriyiği
Çalışma sıcaklığı	Tüm sıcaklıklarda	İlk çalışma 20°C	Ortalama 150-225°C	Maksimum 275°C	250-300°C

Genellikle düşük sıcaklık formlarında su+glükol karışımı en çok tercih edilen uygulamadır. Ancak yüksek kapasitelerde ısıl akışkanlar öne çıkmakta ve tipik olarak, ikincil buhar devresi için enerji üretim süreçlerinde genellikle rankine çevrimi temel alınmaktadır. Bu amaçla ara istasyon olarak birincil devreden buhar üretimi öncelikli çalışma olarak görülür. Parabolik Toplayıcı yüzeyin odak noktasında yer alan alıcı boru, yüksek ısı yutma özelliğine sahip metal bir borudur ve taşınım yoluyla ısı kayıplarının azaltılması, ısıl genleşmeye izin vermesi yönüyle dış yüzeyine bir hava boşluğu ile birlikte cam boru örtüyle kaplanır. Her iki çıkış yüzeyinde cam metal conta, ısı kayıplarını azaltmada önemlidir [7]. Yerleşkenin enerji talebine bağlı olarak tüm enerjinin öncelikle güneş kaynaklı desteklenmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda doğrudan enerji kapasite analizleriyle birlikte yıllık enerji yönetimine bağlı yük analizleri yapılmıştır. Yerleşkede, fosil kaynaklı enerji tüketiminden vazgeçilmiştir. İşletmede enerji talebi ve özellikle ısı ihtiyaçları için ısı pompa uygulamaları modellenmiştir. Buna göre değerlendirilen sistem modeli Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Yerleşkenin Enerji Modeli

## 6. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

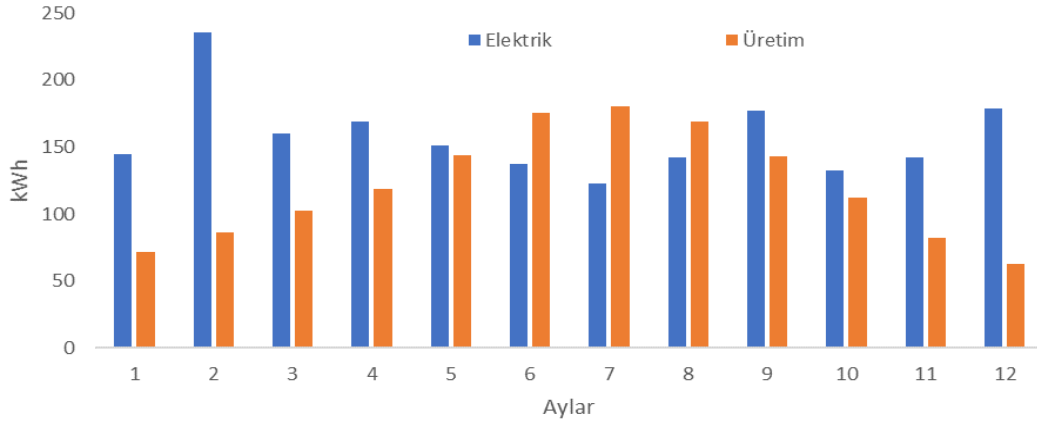
Yerleşkenin pik enerji talebi her ay için ayrı ayrı değerlendirilerek planlanmıştır. Öncelikle işletmede bir enerji üretim alanı şekillendirilmiştir ve temel hedef elektrik olarak belirlenmiştir. Enerji ihtiyacı için planlama elektrik tüketimi referans alınarak hesaplanmıştır. İşletme için önerilen toplayıcı kapasitesi, değerleri ve işletme verileri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Kapasite ve İşletme Verileri

Parametreler	Birimler	Veriler
Birincil devre sıcaklığı	°C	250 (ısıl akışkan-thermal yağ)
Depolama minimum sıcaklık	°C	250
Çalışma basıncı	Bar	9
Ortam sıcaklığı (min/max)	°C	0 ve 40
Akışkan debisi	lt/dk	50-100

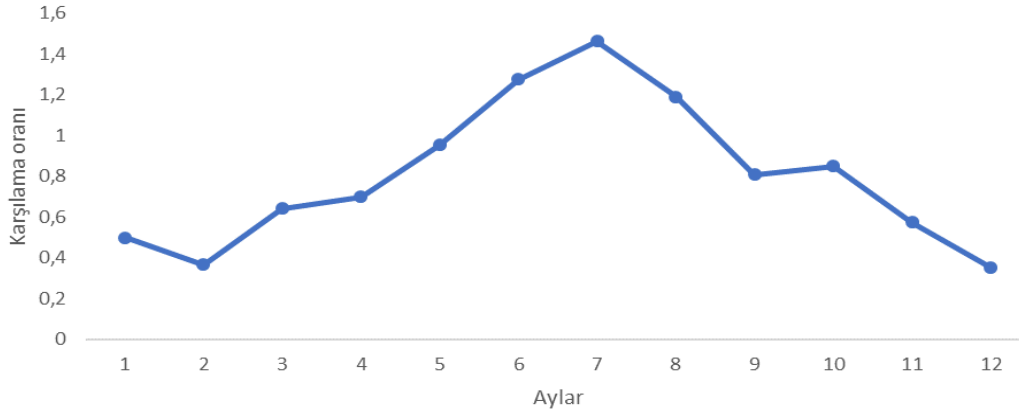
Sistemde öncelikle düşük sıcaklıklar için bir buhar tercihi dikkate alınmıştır. Bu kapsamda tercih edilen buhar türbini 200 kW güç ihtiyacı olmak üzere 2 adet buhar türbini planlanarak toplamda 2x700 kW pik yük öncelikle referans alınmıştır. Depolama sıcaklığı 250°C için etkinlik faktörünün %93 olduğu koşullar için ısı dönüşüm yükünde buhar jeneratörünün minimum üreteceği sıcaklık 270°C ile 250°C çıkış koşulları ve türbin çıkış sıcaklığı 105°C için bir değerlendirme yapılmıştır. Buna göre her bir türbin pik yük üretim değeri 502 kW'e olarak bulunmuştur. Toplam yük değeri için ortalama üretim potansiyeli için genel toplamda %80-85'lik bir karşılama oranı hedeflenmiştir. Buna göre yapılan analizlerde referans alınan toplayıcı yapısı ile toplam alan ihtiyacı 6,4 dönüm olarak bulunmuştur. İşletmede toplam toplayıcı dağılımı, 16'lık yapıda 2 sıra olarak değerlendirilmiştir. Buna göre toplam elektrik talep ve üretim dağılımı Şekil 6'da verilmiştir.





Şekil 6. Süreç Talep ve Üretim Dağılımı

Yerleşkenin enerji ihtiyacı güneşlenme saati dikkate alınarak saatlik bir tüketim analizi yapılmıştır. İşletmenin bu dağılıma göre karşılama oranları da değerlendirilmiştir. Buna göre dağılımlar Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Yerleşkenin Enerji Karşılama Oranı

Yerleşkenin karşılama oranı, yıllık toplamda %80,55 olarak bulunmuştur. Bu dağılımın bir toplayıcı yapısı için karşılama oranı, %17,72 ile %70,64'lük bir dağılımı göstermektedir. İşletmede seçilen buhar türbinine bağlı olarak değerlendirilen ısı geri kazanım potansiyeli de değerlendirilmiştir. Buna göre toplam ısı ihtiyacı referans alınarak özellikle ısı talebi doğrudan ısı pompası ile sağlanırken, soğutma talebi özellikle yaz ayları için öncelikle absorpsiyonlu ısı pompası ile karşılanacaktır. Ayrıca ısı talebi için çalışma optimizasyonu bina ısı yönetimine bağlı yapılacaktır. Ancak doğrudan talep yönetimi elektrik kontrollü yapılarak ısı pompası ile sağlanacaktır.

## 7. SONUÇLAR

Bu çalışmada bir yerleşke binaları için ihtiyaç duyduğu enerjinin güneş enerji destekli bir çözüm modeli geliştirilmiştir. Çalışmada işletmenin ısı kaynaklı ısıtma ve soğutma ihtiyacı çift kademeli bir ısı pompa çözümü ile sağlanmıştır. Buna göre işletmenin elektrik enerji karşılama oranı %80,55 olarak hesaplanmıştır. Yerleşkenin ısı çözümü ile birlikte toplamda, seçilen sistem şeması ile 28.666 m<sup>3</sup>/yıl doğalgaz tasarrufu ile birlikte, 805.444 kWh elektrik tasarrufu sağlanabilecektir. Bu çalışmada görüleceği gibi bütüncül enerji yaklaşımı ile birlikte bu tür yerleşkeler için düşük karbon yönetimi, sürdürülebilir, yenilenebilir enerji kullanabilen bir model geliştirilebilir. Bu tür modellerde termoekonomik model, performansa bağlı sistem optimizasyonları ile sürdürülebilir sistem çözümleri üzerinde çalışılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (Bina Sektörüne Yönelik Eylemler), Yaşanılabilir Şehirler Sempozyumu – EKİM 2017
- [2] Kanunu, Enerji Verimliliği. "Kanun no: 5627." *Resmi Gazete, Mayıs* (2007).
- [3] SÖĞÜT, Mehmet Ziya, T. Hikmet KARAKOÇ, Hamit MUTLU. "Bütünleşik Yapılar İçin Enerji Etkin Mekanik Sistem Tasarımı Metodolojisi Ve Örnek Uygulama." – Nisan 2017
- [4] Türkyılmaz, Oğuz, and C. Özgiresun. "Türkiye'nin enerji görünümü." *Chamber of Mechanical Engineers. Web-based database:* ([http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/dd924b618b4d692\\_ek.pdf](http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/dd924b618b4d692_ek.pdf))(last visited 01.02. 14) (2012).
- [5] Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA), <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/35.aspx> (Erişim: 08.01.2019)
- [6] OECD/IEA, technology roadmap, concentrating solar power, 2010.
- [7] H.L. Zhang, J.Baeyens, J.Degreve, G.Caceres, Concentrated solar power plants: Review and design methodology, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 22 (2013) 466–481.

## ÖZGEÇMİŞ

### İsmail PAÇACI

1995 yılı Bursa doğumludur. İlkokul ve ortaokulu Dilek Özer İlköğretim okulunda okudu. 2012 yılında Bursa Anadolu Kız lisesini bitirdi. Aynı yıl üniversite hayatına başladı ve 2017 yılında Doğuş Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2018 yılının Şubat ayında Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Enerji Teknolojisi ana bilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Halen daha yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

### Koray ÜLGEN

1965 yılı Ankara doğumludur. 1988 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsünden 1993 yılında Enerji Yüksek Mühendis ve 2000 yılında ise Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Güneş Enerjisi Anabilim Dalından Doktor ünvanını almıştır. 1991–2002 Yılları arasında Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsünde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2002 yılından beri ise Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Enerji Teknolojisi Anabilim Dalı'nda öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Binalarda enerji verimliliği ve yönetimi ile yenilenebilir enerji teknolojileri konularında çalışmaktadır.

### M. Ziya SÖĞÜT

1964 Mardin doğumludur. 2005 yılında Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünden Makine Mühendisliği yüksek lisans programını, 2009 yılında aynı enstitünün Makine Mühendisliği doktora programını tamamlayıp doktor unvanını almış, 2009 yılında yardımcı doçentlik kadrosuna atanmış ve 2013 yılında Makine Mühendisliği Enerji Teknolojileri dalında doçentlik unvanını almıştır. Halen, Piri Reis Üniversitesi Denizcilik Fakültesinde Öğretim Üyesi olarak Lisans, Yüksek Lisans ve Doktora dersleri vermektedir. Ayrıca Sertifikalı Bina enerji yöneticisi, Enerji Verimliliği Derneği Üyesi, Ulusal ve uluslararası bilimsel dergilerde hakemlik görevlerine devam etmektedir. Enerji, Ekserji, Eksergo-ekonomik analizler ve optimizasyon, Isı geri kazanımı, Yenilenebilir Enerjiler ve uygulamaları, Enerji yönetimi, Soğutma teknolojileri ve uygulamaları, çevre teknolojileri ve analizleri konularında akademik ve proje çalışmaları yapmaktadır.