

# Güneş Bacası Sisteminden Elektrik Üretim Verimliliğinin İncelenmesi

## Investigating Electrical Production Efficiency of Solar Chimney

Yasin İçel<sup>1</sup>, M. Salih Mamiş<sup>2</sup>, Abdulcelil Buğutekin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü

Adıyaman Üniversitesi

yasinicel@gmail.com

<sup>2</sup>Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

İnönü Üniversitesi

msalihmamis@gmail.com

<sup>3</sup>Makine Mühendisliği Bölümü

Adıyaman Üniversitesi

acelil56@gmail.com

### Özet

Güneş Bacası Enerji Santrali üç temel bileşenden oluşur: güneş kolektörü, baca ve türbin. Kolektörün altındaki hava sera etkisi ile ısınır, ısınan havanın yoğunluğu azalır ve kolektörün merkezindeki bacaya doğru yükselir. Böylece baca girişine konulan türbinden elektrik üretilir.

Bu çalışmada, Adıyaman Üniversitesi yerleşke alanı içine kurulan "Güneş Bacası Enerji Santral Sistemi"nden alınan ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Bu amaçla günün belirli saatlerinde baca içindeki hava akış hızı ve sıcaklığı, ortam sıcaklığı, ortam rüzgâr hızı, kolektörün sera etkisi ile ısınan zemin sıcaklığı, kolektör altındaki sıcaklık ve hava hızı, farklı çaplarda türbinlerin devir sayısı ve Adıyaman güneş ışınım değerleri ölçülerek değerlendirilmiştir.

Yapılan bu çalışmada güneş ışınımı, çevre sıcaklığı, baca yüksekliği ve çapının, kolektörün altındaki zeminin güneş ışınım emilim oranının sistem verimlilik performansını etkileyen parametreler olduğu belirlenmiştir. Türbin montajının yapılacağı noktada sıcaklık ve hava hızının en yüksek olduğu görülmüş, ayrıca 0.8 m çaplı 3 kanatlı türbin modelinin sistem için en verimli model olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Güneş Bacası Enerji Santralının Adıyaman için bir alternatif enerji kaynağı olabileceği neticesine varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerjisi, Güneş Bacası Enerji Santrali, kanat modelleri, verimlilik.

### Abstract

Solar Chimney Power Plant consists of three basic components; solar collector, chimney and turbine. The air under the collector warms due to greenhouse effect, air density decreases

and air rises to the chimney mounted in the center of the collector. Thereby electricity is produced from turbines placed to the chimney entrance.

In this study, measurement results obtained from the Solar Chimney Power Plant built in Adıyaman University campus area are evaluated. For this purpose, the measured air flow velocity and temperature in the chimney, ambient temperature, ambient wind speed, floor temperature due to greenhouse effect of the collector, temperature and air flow at the bottom of collector, revolution of turbines with different diameters and solar radiation in Adıyaman during particular hours of day are examined.

In the study performed it was specified that the ambient temperature, the stack height and the diameter, the solar radiation absorption rate of the collector floor were parameters significantly affecting the system efficiency. It was determined that the temperature and air velocity were highest at the point that turbine installed and 3-blade turbine model with 0.8 m in diameter was the most efficient model for the system. The results has indicated that the solar chimney power plant is an alternative energy source for Adıyaman region.

**Key Words:** Solar power, solar chimney power plant, turbine blade models, efficiency.

### 1. Giriş

Enerjinin bugün sahip olduğumuz medeniyetin temel taşlarından ve ekonomik, sosyal kalkınmanın önemli bileşenlerinden biri olduğu ve gelişmişliğin bir göstergesi olarak yaşam standartlarının yükseltilmesinde hayati bir rol oynadığı bilinmekte-

dir. Sürdürülebilir bir kalkınmanın sürekli ve kaliteli bir enerji arzıyla mümkün olacağı da bilinen bir diğer husustur. Dünya nüfusunun hızla artması, sanayileşmenin ve globalleşmenin de buna paralel olarak hızlanması, dünya enerji ihtiyacını da giderek arttırmaktadır. Günümüz modern bilgi toplumunun; teknoloji, sanayi, ulaşım, iletişim gibi hayatın vazgeçilmez parçaları haline gelmiş her faaliyet için ihtiyaç duyduğu enerji, bugün en kıymetli ve en önemli bir kaynak haline gelmiştir [1, 2].

Enerji tüketiminin tam olarak karşılanamaması, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki açığın hızla artmasına neden olmaktadır. Bu durumda da öncelikle ülkemizde artan enerji ihtiyacını karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarından daha etkin ve rasyonel bir biçimde faydalanılması gerekir [3].

Ayrıca, geleneksel enerji üretim yöntemleri günümüzde çevre kirliliğinin başlıca nedenidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının diğer bir avantajı da enerji üretimi esnasında çevreye çok az zarar vermesidir. Başta kömür ve petrol olmak üzere kullanılan yakıtların yanması sonucu oluşan ve atmosfere verilen  $SO_x$ ,  $NO_x$  ve toz gibi kirletici emisyonlarla beraber sera etkisi yaratarak küresel ısınma ve iklim değişikliklerine neden olan  $CO_2$  emisyonları çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle ısı değerleri düşük, kül ve kükürt içerikleri yüksek olan kalitesiz yerli linyit kömürlerin kullanılması, hava kirliliğini daha da artırmaktadır [4].

Güneş bacası fikri ilk olarak 1931 yılında Alman araştırmacı Hanns Günther tarafından ortaya atılmıştır [5,6,7]. Daha sonra Güneş bacası 1970'li yılların sonlarına doğru Prof. Dr. Jörg Schlaich tarafından tasarlanmış ve 1978 yılında ise konsept bir güneş bacası modellenmesi Prof. Dr. Jörg Schlaich tarafından dizayn edilmiştir [5]. Daha sonraki yıllarda dünya çapında birçok araştırmacı güneş bacası sistemi üzerinde inceleme yapmaya başlamıştır. 1997 yılında Florida Üniversitesi kampüs alanında inşa edilen güneş bacası elektrik santralında enerji üretim uygulama modelinde teorik ve deneysel incelemeler başarıyla gerçekleştirilmiştir [6].

Pasumarthi ve Sherif 1998'de, güneş bacasının hem teorik hem de deneysel olarak performans karakteristiklerini incelemiştir [4,8]. Gannon 2000'de, sistem kayıpları ve kolektör performansı düşünülerek güneş bacası çevrim analizi yapmıştır [5]. Sistem kayıpları olarak sürtünme kayıpları, sistem, türbin ve kinetik enerji kayıpları düşünülmüştür.

Güneş bacası enerji üretimi ile ilgili olarak çeşitli yerlerde uygulama prototipleri kurulmuştur.

Kulunk tarafından İzmit'te inşa edilen sistem, baca yüksekliği 2 m baca çapı 0.07 m kolektör alanı 9 m<sup>2</sup> olup 0.14 W elektrik üretilmiştir [9].

Çinin kuzeybatı bölgesinde Dai ve arkadaşları, 200 m yükseklik ve 10 m çaplı baca ve 196.270 m<sup>2</sup>lik kolektör alanına sahip güneş bacası enerji santralından, aylık 110-190 kW elektrik enerjisi üretilmektedir [10].

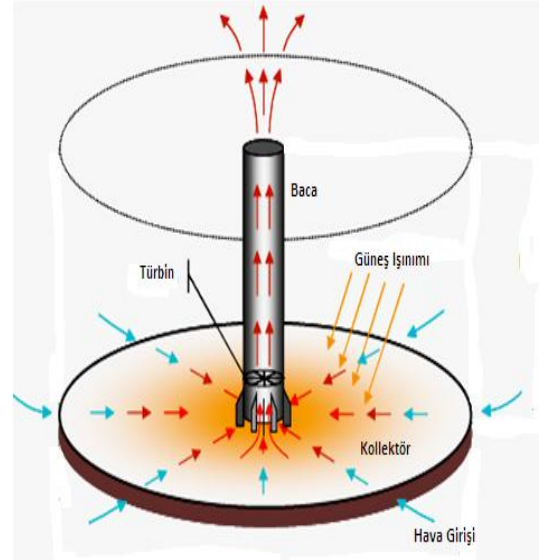
## 2. Güneş Bacası Elektrik Santrali Tasarımı

### 2.1. Güneş Bacası Elektrik Santral Yapıları

Güneş bacası sistemi için yapılan ilk tanımlamalardan biri 1931 yılında Alman yazar Hanns Gunther'e aittir [4].

Güneş bacası sisteminde üç temel prensip bulunmaktadır. Bunlar; sera etkisi, yoğunluk ve sıcaklık farkıyla oluşan baca çekişi ve kinetik enerjidir. Sistem dairesel ya da dairesel kesite yakın bir kesitte oluşmuş sera alanından ve bu alanın merkezine konumlandırılmış bacadan oluşmaktadır.

Dairesel cam kolektör altında bulunan hava, kolektör yüzeyine gelen güneş ışınımı sayesinde ısınır. Isınan hava, dış ortamdaki soğuk hava ile arasında oluşan yoğunluk farkından dolayı, kolektörün merkezine doğru hareket eder. Kolektör merkezinde bulunan dikey baca yardımıyla havanın çekişi hızlanır ve hava üst ucu açık olan baca tarafından dış ortama atılır. Hızı artarak bacaya yönelen hava, bacanın giriş bölgesinde bulunan türbini döndürür ve türbine bağlı olan jeneratör yardımıyla elektrik enerjisi elde edilmiş olur.



Şekil 1: Güneş Bacası Sisteminin Çalışma Prensibi [7]

Bu çevrim güneş ışınımı ne kadar büyükse o kadar hızlı bir şekilde gerçekleşir. Baca aynı zamanda kolektör altındaki havayı emdiği için, açık bulunan kolektör yanlarından sisteme tekrar hava girer. Böylece sürekli bir çalışma sağlanmış olmaktadır [4, 5, 11].

Güneş bacasından elde edilen güç, gelen güneş miktarıyla, baca yüksekliğiyle ve kolektör alanı ile doğru orantılıdır. Aynı güç; yüksek baca ve nispeten küçük kolektör alanı veya daha kısa baca ve daha büyük bir kolektör alanı ile de elde edilebilir.

### 2.2. Sistemin Kurulumu

Araştırmanın yapılabilmesi için Mart 2009'da Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 38° 11'-37° 25' kuzey enlemi ile 39° 14'-37° 31' doğu boylamı üzerinde yer alan, 669 rakımlı Adıyaman ilinde, Adıyaman Üniversitesi yerleşke alanı içinde günün tüm saatlerinde güneş gören ve çevresi açık alan seçilerek kurulmaya başlanan sistem, Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen proje ile Haziran 2010'da güneş bacası enerji santral prototipi kurulmuştur. Ayrıca prototip imalatı aşamasında TPAO Adıyaman Bölge Müdürlüğü'nden destek alınmıştır.

Adıyaman Üniversitesi kampüs alanına kurulan güneş bacası sisteminde, öncelikle 27 m çapında 0,5 m derinliğinde açılan çukura 0,05 m kalınlığında alüminyum folyolu cam yünü döşenerek, gündüz zemine depolanacak ısının toprağa geçmesi engellenmiştir. Daha sonra alüminyum folyolu cam yünü üzerine 0.10 m kalınlığında çakıl, 0.05 m ince kum, 0.05 m (15 ton) cam parçaları, en üst yüzeye ise 0.25 m asfalt döşenerek özel zemin hazırlanmıştır.



Şekil 2: Güneş Bacası Sistemi Zemin İmalatı [15]

Sistemin kolektör taşıyıcı kısımları çevredeki rüzgâr şiddetine dayanıklı olması için 0.04 x 0.04, 0.04 x 0.08 ve 0.02 x 0.02 metal kare ve dikdörtgen profillerden imal edilmiştir. Zemin sıcaklığının kolektörü oluşturan metal profiller tarafından absorbe edilmemesi için metal profiller zeminden yalıtılmıştır. Güneş kolektörü, Adıyaman ilinin güneş eğim açısına göre 6° derece eğimli ve 27 m çapında imal edilmiştir. Kolektörün üst kısmı oluşturulan modellere göre dört aşamada 0.004 m kalınlıktaki cam ile kaplanmıştır. Kolektörün uç kısımları hava girişini sağlamak için 0.05-0.35 m yüksekliklere göre ayarlanabilen kanatçıklı bir mekanizma ile kapatılmıştır.



Şekil 3: Güneş Bacası Sistemi Kolektör İmalatı [15]

Güneş bacası sisteminin en önemli kısımlarından olan baca imalatında öncelikle türbin ve jeneratörün monte edileceği ve kolektör altından bacaya doğru yönlendirilen havanın türbinden düzgün bir dağılımla geçip bacaya girmesini sağlamak için 0.07 m kalınlığında 'metal sac'dan ana huni ve iç huni üretilmiştir. Daha sonra ana huninin taşıyıcı ayaklarla ve baca ile

bağlantısını sağlamak için ana huninin alt ve üst kısımlarına 0.2 m kalınlığında flanşlar monte edildi. En son olarak 0.07 m kalınlığında metal sac' dan yapılmış 15 m yüksekliğinde 0.8 m çapında baca imal edilip ana huni üzerine yerleştirildi. Bacanın iç kısmını düşük sıcaklıkta tutmak için baca çevresi 0.05 m kalınlığında alüminyum folyolu cam yünü ile kaplandı.



Şekil 4: Güneş Bacası Enerji Santral Prototipinin Bitmiş Hali [15]

Araştırmamızda türbin olmadan yapılan ölçümler sonucunda baca girişine farklı çap ve kanat sayılarına sahip düşey eksenli özel olarak imal edilmiş rüzgâr türbini ve DC jeneratör kullanılması uygun olacağına karar verilmiştir [12, 13, 14, 15].

### 3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Güneş bacası sisteminde türbin montajı yapıldıktan sonra gerçekleştirilen ölçümler 27-29-31 Temmuz 2011 tarihlerinde günlük olarak yapılmış elde edilen veriler paralellik gösterdiğinden 27 Temmuz 2011 tarihinde elde edilen veriler kullanılmıştır [15].

Çizelge 1: Güneş Bacası Sistemi İçin Değişik Kanat Modelli Türbinler İçin Saatlik Devir Sayısı

Kanat Modeli (çap)	Türbin Devir Sayısı (rpm)					
	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
0.8-1 Kanat	112,5	291	465	388	295,2	80,8
0.8-2 Kanat	255,5	349,5	435	466,5	435	205,9
0.8-3 Kanat	294,6	437,4	525	586	488,5	289,8
0.8- 4 Kanat	188,8	254,5	364,5	405	287,8	204,8
0.8- 5 Kanat	249	290	424,9	342	369	244,3
1.2-1 Kanat	0	0	0	0	0	0
1.2-2 Kanat	10	15	10	10	55	0
1.2-3 Kanat	55	19	45	85	73,3	35
1.2- 4 Kanat	30	35	40	60	25	20
1.2- 5 kanat	35	30	35	110	55,5	30

Çizelge 1'de 0.8 m çaplı türbin modellerinin devir sayılarının 1.2 m çaplı türbin modellerinden oldukça yüksek olduğu görül-

mektedir. Rüzgâr türbinlerinde devir sayısı ile türbin girişindeki hava hızı doğru orantılı olarak değişmektedir. Hava hızı, hunin alt çapının büyük olması ve baca girişinde ani daralmadan dolayı hızla yükselmektedir.

Türbin montajından sonra yapılan ölçümlerde de ana huni içindeki 0.8 m çaplı türbinlerin konulduğu noktadaki hava hızının, 1.2 m çaplı türbinlerin konulduğu noktadaki hava hızından yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ölçüm yapılan gün için güneş ışınım değerlerinin Adıyaman ili için en yüksek olduğu 12:00 ile 13:00 saatleri arasında 0.8 m çaplı türbin modeli için farklı kanat sayılı tipleri Çizelge 2’de birbirleri ile kıyaslayacak olursak, sistem için en verimli türbin modelinin 0.8 m çaplı 3 kanatlı türbin modeli olduğu görülmektedir.

Çizelge 2: Güneş Bacası Sistemi İçin Kullanılan Türbin Modellerinin Kıyaslanması

Kanat Modeli (çap)	Zaman	Türbin Hızı (dev/d)	Türbin Giriş Hızı (m/sn)	Türbin Çıkış Gücü (W)
0.8-1 Kanat	12:00	465	2,91	5,3572
0.8-2 Kanat	12:10	435	2,79	4,756
0.8-3 Kanat	12:20	525	2,95	5,6894
0.8- 4 Kanat	12:30	364,5	2,62	3,984
0.8- 5 Kanat	12:40	424,9	2,57	3,774

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Adıyaman Üniversitesi yerleşke alanı içine kurulan güneş bacası siteminde yapılan ölçümlerde güneş ışınım şiddetinin çevre sıcaklığını belirleyici bir parametre olduğu ve dolayısıyla güneş bacası sisteminin performansını etkileyen önemli bir faktör olduğu, kollektörün altındaki ısının bacaya doğru gittikçe yükseldiği ve bacadan yukarı doğru yükseldikçe azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca küçük çaplı güneş bacası sistemlerinde enerji üretirken en iyi performansı elde etmek için baca girişine düşey ekseni bir türbin yerleştirilmesinin uygun olacağı, bu tür güneş bacası sistemlerinde en yüksek gücün 3 kanatlı türbin modelinden elde edildiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, güneş bacası sisteminin Adıyaman şartlarında enerji üretimi için alternatif bir sistem olduğu ve kurulan prototipin geliştirilerek bölgede güneş bacası elektrik santrali kurabileceği söylenebilir.

#### 5. Kaynaklar

[1] K.Varınca, G.Varank, *Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri*, Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü.

[2] K.Kavak, *Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi*, İktisadi Sektörler Ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Yayın No:2689, Ankara, 2005.

[3] Oda Raporu, Türkiye’nin enerji görünümü, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, MMO/588, 2012.

[4] A.Koyun, “*Güneş bacası ile enerji üretiminin incelenmesi*”, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2006.

[5] Z.R. Yabuz, “*Güneş bacasında konstrüktif iyileştirme çalışmaları ve performans artırıcı yöntemlerin araştırılması*”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2009.

[6] Z.Xinping, J.Yang, B.Xiao, G. Hou, *Experimental study of temperature field in a solar chimney powersetup*, Applied Thermal Engineering, 27 (2007) 2044-2050.

[7] J.Schlaich, R.Bergermann, W.Schiel, G.Weinrebe, *Design of Commercial Solar Updraft Tower Systems - Utilization of Solar Induced Convective Flows for Power Generation*. 2004.

[8] N.Pasumarthi, S.A.Sherif, *Experimental And Theoretical Performance Of A Demonstration Solar Chimney Model Part 2: Experimental And Theoretical Results And Economic Analysis*. International Journal Energy Research, 22 (1998) 443-461.

[9] H.Kulunk, *A prototype solar convection chimney operated under Izmit conditions*. In: Veziroglu TN, editors. In:Proceedings of seventh MICAES, 1985. p. 162.

[10] Y.J. Dai, H.B. Huang, R.Z. Wang, *Case study of solar chimney power plants in North-western regions of China*, Renewable Energy, 28 (2003) 1295-304.

[11] K.Delikanlı, Z.R.Yabuz, *Güneş bacası prototipinde verimliliği artırıcı yöntemlerin araştırılması*, C.B.ü. Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, 1:15 (2011) 36-54.

[12] A.Bugutekin, *Effect of the collector diameter on solar chimney powerplants*, Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research, 27(1) (2011) 155-168.

[13] A.Bugutekin, *An Experimental Investigation Of The Effect Of Periphery Height And Ground Temperature Changes On The Solar Chimney System*, Journal of Thermal Science and Technology, 32:1 (2012) 51-58.

[14] A.Bugutekin, *Experimental study of temperature field in a solar chimney plant in ADIYAMAN*, Journal of Thermal Science and Technology, in pres, October 2012.

[15] Y.İçel, “*Farklı çaplarda kanat modelleri ile güneş bacası enerji sisteminden elektrik üretim verimliliğinin incelenmesi*”, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya, 2012.





### **Yasin İçel**

1975 yılında Malatya’da doğmuştur. 1996 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü’nden mezun olmuştur. Yüksek lisans derecesini İnönü Üniversitesi’nden 2012 yılında almış ve halen İnönü Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği’nde Doktora eğitimine devam etmektedir. 1999 yılında İnönü Üniversitesi Adıyaman Meslek Yüksekokulunda Bilgisayar Okutmanı olarak göreve başlamış ve 2006 yılında Adıyaman Üniversitesi’nin kurulması ile Adıyaman Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü’nde Okutman olarak çalışmaya devam etmektedir. Enerji üretimi, iletimi ve dağıtımı ve yenilenebilir enerji sistemleri temel çalışma konularıdır. Evli ve iki çocuk babasıdır.



### **Mehmet Salih Mamiş**

1964 yılında doğmuştur. 1989 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Gaziantep Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü’nden mezun olmuştur. Yüksek lisans ve doktora derecesini Gaziantep Üniversitesi’nden 1992 ve 1997 yıllarında almıştır. 1997 yılında Yardımcı Doçent, 1992 yılında Doçent ve 2006 yılında Profesör unvanını almıştır. Halen İnönü Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü’nde görev yapmaktadır. Enerji iletimi ve dağıtımı, güç sistemleri geçici rejim analizleri ve yenilenebilir enerji sistemleri temel çalışma konularıdır.



### **Abdulcelil Buğutekin**

1975’ da Şirvan (Siirt)’de doğan Abdulcelil Buğutekin ilk ve orta öğrenimini Van’da tamamladı. 1993 yılında devlet parasız yatılı olarak Hakkâri Endüstri Meslek Lisesi’nin Tesisat Teknolojisi Bölümü’nü bitirdi. Üç yıllık iş deneyiminden sonra 1996 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Bölümü’nün Enerji Anabilim Dalını kazandı. 2000 yılında mezun olarak aynı dönemde Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Makine Eğitimi Bölümü’nde yüksek lisansa başladı. 2002 yılında Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 2003 yılında yüksek lisansı bitirdikten sonra aynı dönemde Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Bölümü’nde doktora programına başladı. 2007 yılında Adıyaman Üniversitesine Yrd. Doç. Dr. olarak atandı, 2014 yılında Doç. Dr. ünvanını aldı. Halen Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölüm Başkanı olarak görevine devam etmektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır.