



*Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology*

*Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*

ISSN 1012-2354

Cilt (Volume): 29, Sayı (Issue): 2, Nisan/April-2013

<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



## Antalya ili içme ve kullanma suyu ihtiyacı ve bazı öneriler

Onur ARSLAN<sup>1</sup>, Hasan Hüseyin ÖNDER<sup>2</sup>, Gültekin ÖZDEMİR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta/TÜRKİYE

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta/TÜRKİYE

### ÖZET

Nüfus ve su ihtiyacının doğru tahmin edilmesi su kaynaklarının planlanması ve yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada Antalya merkez için nüfus artışını en iyi temsil eden yöntem, farklı nüfus tahmin yöntemleri (aritmetik yöntem, geometrik yöntem, İller Bankası yöntemi ve regresyon analizi yöntemi) kullanılarak araştırılmış ve hataları karekök ortalama karesel hata ile hesaplanmıştır. Nüfus dikkate alınarak hesaplanan su ihtiyacı, tüketim verileri dikkate alınarak hesaplanan su ihtiyacı ile karşılaştırılmış ve mevcut su kaynaklarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışma sonucunda nüfus tahmini için en az hata veren yöntemin üstel regresyon analiz yöntemi olduğu hesaplanmıştır. Su alınması kararlaştırılan Karacaören II Barajı'nın 2041 yılında yetersiz kalacağı ve bu nedenle su sıkıntısı yaşanmaması için bu tarihten önce Manavgat Çayı gibi yeni su kaynaklarına ihtiyaç duyulacağı tahmin edilmiştir.

### Anahtar

### Kelimeler:

Nüfus tahmini,  
içme suyu,  
su tüketimi

## Drinking and domestic water demand of Antalya province and some proposals

### ABSTRACT

Accurate prediction of population and water demand is great of importance in terms of planning and management of water resources. In this study, the method best represents the increase in population was investigated with using different population forecasting methods (arithmetic method, geometric method, the method of İller Bankası and regression analysis method) for the downtown of Antalya and errors were calculated by root mean square error. Water requirement calculated considering population was compared with water requirement calculated considering water consumption data and assessment of existing water resources were made. As a result of this study, it was calculated that the method gives minimum error for population prediction was exponential regression analysis method. It was predicted that Karacaören II Dam which was decided to receive water will be remained inadequate in the year 2041 and therefore, new water resources such as Manavgat Stream will be needed before this date to avoid water shortage

### Key Words:

Population  
forecasting,  
drinking water,  
water  
consumption.

## 1. Giriş

Antalya'nın içme ve kullanma suyu temin çalışmalarına İller Bankası tarafından 1975 yılında başlanmıştır. Bu tarihten itibaren çeşitli kurumlar tarafından hazırlanan raporlar şunlardır [3]:

1. İller Bankası tarafından 1975 yılında hazırlanan Antalya İçme Suyu Projesi.
2. Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından 1977 yılında hazırlanan Antalya İçme Kullanma ve Sanayi Suyu Temin Projesi Planlama Raporu.
3. DSİ tarafından 1985 yılında hazırlanan Antalya Kenti İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temin Projesi İlk Etap Su İhtiyaçları Kaynak Developmanı Raporu.
4. Antalya Belediyesi tarafından 1995 yılında hazırlanan Antalya Çevre Projesi (AÇP) Raporu.
5. DSİ tarafından 2000 yılında hazırlanan Antalya Kenti İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Planlama ve Kati Proje Revizyonu Raporu.

1975 yılı İller Bankası raporuna göre kentin nüfusu 2004 yılında 340.300 kişi, su ihtiyacı da 0,960 m<sup>3</sup>/s olarak

saptanmış ancak kent nüfusunun 1990'da 378.208 kişiye ulaşması nedeniyle başarısız olmuştur. 1977 yılı DSİ planlama raporuna göre kent nüfusu 2010 yılında 735.000 kişi ve su ihtiyacı da 2,578 m<sup>3</sup>/s olarak hesaplanmıştır. 1985 yılı DSİ raporuna göre kentin 2020 yılı nüfusu 871.538 kişi, su ihtiyacı da 3,5 m<sup>3</sup>/s olarak belirlenmiştir. Bu raporda mevcut kaynaklar dışında 2,9 m<sup>3</sup>/s suyun Karacaören II Barajı'ndan alınması kararlaştırılmıştır. Kent nüfusunun 1997 yılında 512.086 kişiye ulaşması ile 2000 yılı için tahmin edilen 496.426 tahmini de aşılmıştır. 1995 yılında Antalya Belediyesi raporuna göre kent nüfusunun 2020 yılında 1.461.000 kişi, su ihtiyacının da 4,788 m<sup>3</sup>/s olacağı düşünülmüştür. Bu raporda Karacaören Barajı'ndan su alınması uygun bulunmamıştır. 2000 yılı DSİ raporuna göre 2030 yılında nüfusun 2.589.939 kişi, su ihtiyacının da 9,278 m<sup>3</sup>/s olacağı hesaplanmıştır. Raporda Duraliler ve Boğaçay Keson kuyuları ile Karacaören Barajından alınacak 5,278 m<sup>3</sup>/s su ile ihtiyacın karşılanacağı belirtilmiştir [3].

Günümüzde Antalya'nın su ihtiyacı yeraltı su kaynaklarından sağlanmaktadır. Hazırlanan raporlar incelendiğinde Antalya'nın su kaynaklarının çoğunun kirlilik nedeniyle kullanılmadığı görülmektedir. Tablo 1'de raporlarda belirtilen yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının durumu verilmiştir [3].

**Tablo1.** Raporlarda belirtilen su kaynakları [3]

KAYNAK	DEBİ (l/s)	DÜŞÜNCELER
A. Yeraltısuyu		
Hurma	200	
Gürkavak	60	Temiz olup kullanılmaktadır.(Bazen T-COLİ vardır)
Arapsuyu I ve II.	924	Kirlenme nedeniyle kullanılamamaktadır.
Mağara Kaynakları	350	Kirlenme nedeniyle 1995 den sonra kullanılmaması gerekir
Duraliler	3.470	Kaynak geliştirilerek kuyularla alınmaktadır
İncik Pınarları	205	Kirlenmeye açık olduğu için kullanılamamaktadır
Düdenbaşı	10.000	“ “ “ “ “
Kalabatlı Kaynağı	124	“ “ “ “ “
Boğaçay kuyuları	660	Kullanılmaktadır.
Meydan “	420	Kirlenme nedeniyle 1996 dan sonra kullanılmaması gerekir
Topçular “	70	Kirlenme nedeniyle 1992 den sonra kullanılmaması gerekir
Diştaşlar “	1000	AÇP raporunda önerilen yeraltısuyu işletme sahaları
Çevreyolu “	1000	AÇP raporunda önerilen yeraltısuyu işletme sahaları
Üniversite “	1000	AÇP raporunda önerilen yeraltısuyu işletme sahaları
Pınarlar	2000	DSİ 2000 raporunda Diştaşlar,Çevreyolu ve üniversite kaynakları yerine önerilen saha
Karain	500	
B. Yerüstü suları		
Sarısu		Kirli
Boğaçay Nehri		Kirli
Düden Çayı		Sert ve kirli
Aksu		Karacaören Barajından
Köprüçay		

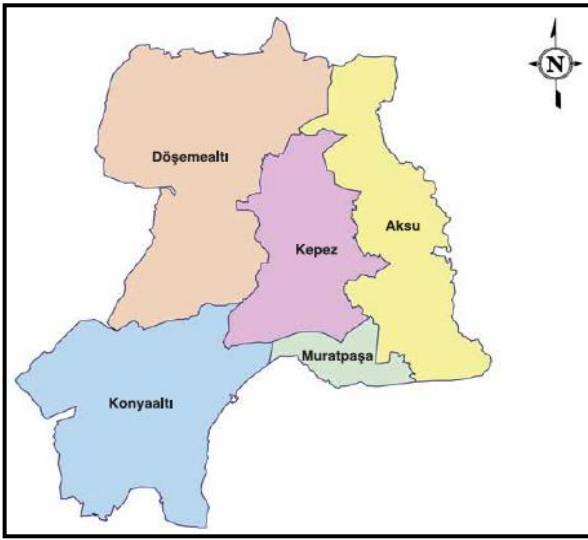
Tablo 2'de köy nüfusları dahil olmamak üzere Antalya kent merkezi için çeşitli kurumlar tarafından yapılan nüfus tahminleri verilmiştir. Bütün raporlarda gelecek yıllardaki kent nüfusunun doğru tahmin edilemediği ve bu nedenle de projelerin uygulamalarda yetersiz kaldığı belirtilmiştir [3]. Bu çalışma, Antalya'nın gelecekteki nüfusunu ve su ihtiyacı belirlemek ve Karacaören II Barajı'ndan Antalya'ya Alınacak İçme ve Kullanma Suyu İhtiyacı'nın belirlemek amacıyla yapılmıştır.

## 2. Veriler

Şekil 1'de Antalya Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü (ASAT)'ın web sayfasında yer alan 2009-2013 stratejik planında sorumluluğu altında bulunan kent sınırı gösterilmiştir. Buna göre ASAT'ın sorumluluk sahası Muratpaşa, Konyaaltı, Kepez, Döşemealtı ve Aksu ilçeleri'nden oluşmaktadır [1].

**Tablo 2.** Çeşitli kurumlar tarafından hazırlanmış nüfus tahminleri [3]

Yıllar	Nüfus Sayımı Sonuçları	İller Bankası 1975	DSİ 1977	DSİ 1985	AÇP 1992	İmar Planı 1995	Ant Yağmursuyu Pr 1999	DSİ 2000
1970	95.616							
1975	130.774							
1980	173.501							
1985	261.114							
1990	378.208							
1995								
1997	512.086				740.000	545.534		
2000				496.426		654.523		615.361
2005		340.300		594.722	1.060.000	888.151	888.151	888.151
2010			735.000	693.202		1.212.151	1.212.151	1.212.151
2015				786.977		1.662.383	1.662.383	1.662.383
2020				871.538	1.461.000	2.256.303	2.022.544	2.022.544
2025				1.030.123	1.615.120	3.062.413	2.244.100	2.244.100
2030				1.217.564		4.156.522	2.730.291	2.589.939

**Şekil 1.** ASAT'ın sorumluluk sahası [1]

Türkiye İstatistik Kurumu\_(TÜİK)'e ait web sayfasında bulunan sorgulamalar ile ASAT'ın sorumluluğunda bulunan ve Antalya merkezi oluşturan bu beş ilçeye ait nüfus sayımı sonuçları alınmış ve Tablo 3'te gösterilmiştir. ASAT'ın köylere de hizmet vermesi nedeniyle nüfus değerlerine köyler de dahil edilmiştir [8].

Antalya'ya ait su üretim ve tüketim değerleri Altyapı Yönetim Danışmanlık Elektrik Enerjisi Üretim Hizmetleri Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi\_(ALDAŞ)'ın 2010 yılında sunduğu nihai rapordan alınmıştır.

**Tablo 3.** Antalya merkez için nüfus sayımı sonuçları [8]

Yıl	Nüfus Sayımı Sonuçları (Kişi)
1965	128.856
1970	164.950
1975	212.245
1980	259.905
1985	338.817
1990	448.773
2000	714.129
2007	913.568
2008	955.596
2009	1.000.081
2010	1.046.878

2004 ve 2008 yılları için raporda belirtilen evsel, endüstriyel+ticari, turistik ve kamusal yıllık su tüketim miktarları ile kayıp-kaçak oranları Tablo 4'te verilmiştir [4]. ASAT'a ait web sayfasından edinilen bilgiye göre mevcut durumda Antalya ili içme ve kullanma suyu ihtiyacı Duraliler, Boğaçay ve Termasos gibi yeraltı suyu kaynakları ile Gürkavak ve Yemişpınarı gibi kaynak sularından sağlanmaktadır Bu kaynaklardan Duraliler'den 2700 lt/s, Boğaçay'dan 420 lt/s, Termasos'dan 320 lt/s, Gürkavak'tan 120 lt/s ve Yemişpınarı'ndan ise 60 lt/s su sağlanmaktadır [5]. Bu durumda toplam 3,62 m<sup>3</sup>/s'lik bir debiyle şehre yılda yaklaşık 114 milyon m<sup>3</sup> su verilebilmektedir.

**Tablo 4.** Antalya'ya ait su üretim ve tüketim değerleri [4]

	2004	2005	2006	2007	2008
Evsel su tüketimi (m <sup>3</sup> )	-	27.905.837	31.467.000	32.310.343	33.859.426
Endüstriyel+Ticari su tüketimi (m <sup>3</sup> )	-	3.752.791	5.184.585	5.926.810	6.615.310
Turistik su tüketimi (m <sup>3</sup> )	-	2.849.875	3.160.513	3.298.785	3.378.874
Kamusal su tüketimi (m <sup>3</sup> )	-	2.977.191	3.296.698	3.405.564	3.533.954
Toplam su tüketimi (m <sup>3</sup> )	30.075.826	37.485.694	43.108.796	44.941.502	47.387.564
Toplam su üretimi (m <sup>3</sup> )	77.299.740	83.539.662	90.350.484	112.131.211	107.123.586
Kayıp-kaçak oranı (%)	61,09	55,13	52,29	59,92	55,76

### 3. Nüfus Tahmin Yöntemleri Ve Değerlendirme Kriterleri

#### 3.1. Aritmetik Artış Yöntemi:

Bu metotta nüfusun birim zamandaki artışı daima sabittir. Matematiksel olarak  $dN/dt$  şeklinde ifade edilen  $K_a$  aritmetik artış katsayısı olup ilk ve son sayımlar arasında entegre edilir.

$$\int_{N_i}^{N_s} dN = K_a \int_{t_i}^{t_s} dt \quad (1)$$

$$K_a = \frac{N_s - N_i}{t_s - t_i} \quad (2)$$

Burada,  $N_i$  ilk sayım nüfusunu,  $N_s$  son sayım nüfusunu,  $t_i$  ilk sayım tarihini ve  $t_s$  ise son sayım tarihini göstermektedir. Gelecekteki bir nüfusun tahmini Formül-1 için integral sınırları değiştirilir ve Formül-3 elde edilir.

$$N_g = N_s + K_a(t_g - t_s) \quad (3)$$

Burada  $N_g$  gelecekteki nüfusu,  $t_g$  gelecekteki tarihi göstermektedir [7].

#### 3.2. Geometrik Artış Yöntemi:

Bu metotta, nüfusun zamanla artışının yine nüfusla orantılı olduğu kabul edilmiştir. Matematiksel olarak  $\frac{dN}{dt} = K_g N$  şeklinde ifade edilen  $K_g$  geometrik artış katsayısı olup ilk ve son sayımlar arasında entegre edilir.

$$\int_{N_i}^{N_s} \frac{dN}{N} = K_g \int_{t_i}^{t_s} dt \quad (4)$$

$$K_g = \frac{\ln N_s - \ln N_i}{t_s - t_i} \quad (5)$$

Gelecekteki bir nüfusun tahmini için Formül-4 için integral sınırları değiştirilir ve Formül-6 elde edilir [7].

$$\ln N_g = \ln N_s + K_g(t_g - t_s) \quad (6)$$

#### 3.3. İller Bankası Yöntemi:

Bu yöntemin esası geometrik yöntemle aynı olup bazı sınırlandırmalar getirilmiştir [7]. 'Ç' olarak ifade edilen çoğalma katsayısı Formül-7 ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Ç} = \left( \sqrt[a]{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right) * 100. \quad (7)$$

Burada,  $N_y$  beldenin yeni nüfus sayımı neticesini,  $N_e$  beldenin eski nüfus sayımı neticesini,  $a$  ise bu iki nüfus sayımı arasındaki yıl farkını göstermektedir [2]. Çoğalma katsayısı 1-3 arasında ise değer aynen alınır. Eğer 1'den küçükse 1 ve 3'ten büyükse 3 alınır [7]. Çoğalma katsayısı belirtilen esaslara göre belirlendikten sonra beldenin gelecekteki nüfusu Formül-8 ile hesaplanmaktadır.

$$N_g = N_s * \left( 1 + \frac{\text{Ç}}{100} \right)^{30+5+n} \quad (8)$$

Burada  $n$  son nüfus sayımından projenin başlanılmasına kadar geçen süreyi ifade etmekte olup İller Bankası Yönetmeliği'nde, projenin inşaatın bitiminden 30 sene sonraki ihtiyacı karşılamak üzere düzenlendiği, ancak projenin fiilen ele alınmasından tesisin işletmeye girişine kadar geçecek sürenin 5 yıl olarak bu süreye eklenmesi gerektiği belirtilmiştir [2].

#### 3.4. Regresyon Analizi Yöntemi:

Regresyon analizi bir değişkenin aynı nesne üzerinde yapılan bir veya daha çok ölçmeyle ilişkili olduğu durumlar için tasarlanmıştır. Analizin amacı; verileri; değişkenlerin gözlenen değerlerini, aranılan ilişkinin şeklini tahmin için kullanmaktır. Aynı birim üzerinde iki ölçüm yapıldığında, bunların birlikte incelenmesi istenebilir. Bu ölçümleri bir serpilme diyagramı şeklinde gösteren araştırmacı, çoğu kez, diyagramdaki noktalara en iyi biçimde uyacak bir çizgi çizmeyi ister [6].

#### 3.5. Değerlendirme Kriterleri:

Yöntemlerin değerlendirmesi, Formül 9 ve 10'da belirtilen determinasyon katsayısı ( $R^2$ ) ve karekök ortalama karesel hataya (RMSE) göre yapılmıştır.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N [N_{ger} - N_{ort}]^2}{\sum_{i=1}^N [N_{ger} - N_{yön}]^2} \quad (9)$$

$$RMSE = \sqrt{(1/n) \cdot \left( \sum_{i=1}^N [N_{ger} - N_{yön}]^2 \right)} \quad (10)$$

Burada,  $N_{ger}$  nüfus sayımı sonuçlarını,  $N_{yön}$  yöntemle elde edilen nüfus sayısını,  $N_{ort}$  nüfus sayımı sonuçlarına göre ortalama nüfusu,  $n$  ise nüfus sayımlarının sayısını ifade etmektedir.

## 4. Bulgular

#### 4.1. Aritmetik Artış Yöntemine göre Antalya Nüfusu

Aritmetik artış katsayıları 1965 yılındaki nüfus sayımı sonucuna göre hesaplandığında Tablo 5'teki değerler elde edilmiştir. Geçmiş yıllardaki nüfus tahminleri için  $R^2$  değeri 0,968, RMSE değeri ise 54.171 kişi çıkmıştır.

#### 4.2. Geometrik Artış Yöntemine göre Antalya Nüfusu

Geometrik artış katsayıları 1965 yılındaki nüfus sayımı sonucuna göre hesaplandığında Tablo 6'daki değerler elde edilmiştir. Geçmiş yıllardaki nüfus tahminleri için  $R^2$  değeri 0,989, RMSE değeri ise 31.499 kişi çıkmıştır.

#### 4.3. İller Bankası Yöntemine göre Antalya Nüfusu

İller Bankası yöntemine göre hesaplandığında Tablo 7'deki değerler elde edilmiştir. Geçmiş yıllardaki nüfus tahminleri için  $R^2$  değeri 0,981, RMSE değeri ise 42.095 kişi çıkmıştır.

**Tablo 5.** 1965 yılına göre hesaplanmış  $K_a$  katsayıları ve bu yöntemle göre geçmiş yılların nüfus tahminleri

YIL	TÜİK Nüfus Sayımı Sonuçları (kişi)	1965 yılına göre $K_a$ değerleri	$(K_a)_{max}$	Aritmetik Yönteme göre tahmin edilen nüfuslar (kişi)	$R^2$	KareKök Ortalama Karesel Hata, RMSE_(kişi)
1965	128.856	-		-	0,968	54.171
1970	164.950	7218,80	7218,80	-		
1975	212.245	8338,90	8338,90	201.044		
1980	259.905	8736,60	8736,60	253.940		
1985	338.817	10498,05	10498,05	303.588		
1990	448.773	12796,68	12796,68	391.307		
2000	714.129	16722,09	16722,09	576.740		
2007	913.568	18683,62	18683,62	831.184		
2008	955.596	19226,51	19226,51	932.252		
2009	1.000.081	19800,57	19800,57	974.823		
2010	1.046.878	20400,49	20400,49	1.019.882		

**Tablo 6.** 1965 yılına göre hesaplanmış  $K_g$  katsayıları ve bu yöntemle göre geçmiş yılların nüfus tahminleri

Yıl	TÜİK Nüfus Sayımı Sonuçları (kişi)	1965 yılına göre $K_g$ değerleri	$(K_g)_{max}$	Geometrik Yönteme göre tahmin edilen nüfuslar (kişi)	$R^2$	RMSE_(kişi)
1965	128.856	-		-	0,989	31.499
1970	164.950	0,049389	0,049389	-		
1975	212.245	0,049905	0,049905	211.154		
1980	259.905	0,046775	0,049905	272.398		
1985	338.817	0,048338	0,049905	333.565		
1990	448.773	0,049913	0,049913	434.842		
2000	714.129	0,048925	0,049913	739.257		
2007	913.568	0,046635	0,049913	1.012.779		
2008	955.596	0,046596	0,049913	960.324		
2009	1.000.081	0,046571	0,049913	1.004.503		
2010	1.046.878	0,046553	0,049913	1.051.265		

**Tablo 7.** 1965 yılına göre hesaplanmış İller Bankası çoğalma katsayıları ve bu yöntemle göre geçmiş yılların nüfus tahminleri

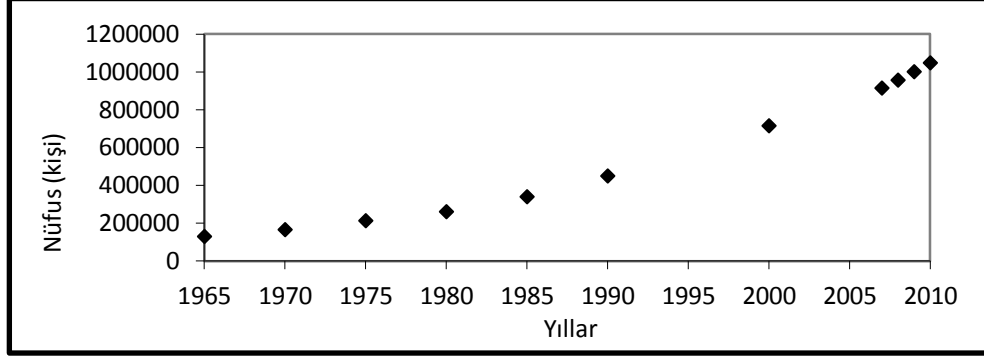
Yıl	TÜİK Nüfus Sayımı Sonuçları (kişi)	1965 yılına göre $\text{Ç}$ değerleri	$(\text{Ç})_{max}$	İller Bankası Yöntemine göre tahmin edilen nüfuslar (kişi)	$R^2$	RMSE_(kişi)
1965	128.856	-		-	0,981	42.095
1970	164.950	5,06	3	-		
1975	212.245	5,12	3	191.222		
1980	259.905	4,79	3	246.050		
1985	338.817	4,95	3	301.301		
1990	448.773	5,12	3	392.782		
2000	714.129	5,01	3	603.113		
2007	913.568	4,77	3	878.289		
2008	955.596	4,77	3	940.975		
2009	1.000.081	4,77	3	984.264		
2010	1.046.878	4,77	3	1.030.083		

#### 4.4. Regresyon analizi yöntemine göre Antalya nüfusu

Şekil 2'de nüfus verilerinin yıllara göre dağılımı incelenmiş ve uygun yöntemin üstel regresyon olduğu görülmüştür. Bu yöntemle elde edilen değerler Tablo 8'de verilmiştir. Geçmiş yıllardaki nüfus tahminleri için  $R^2$  değeri 0,996, RMSE değeri ise 21.257 kişi çıkmıştır.

#### 4.5. Antalya merkez için nüfus projeksiyonu ve su ihtiyacı:

Geçmiş yıllar için elde edilen  $R^2$  ve RMSE değerlerine göre Antalya merkez için en uygun nüfus tahmin yönteminin üstel yöntem olduğu görülmüş ve geleceğe yönelik nüfus tahminleri bu yöntemle yapılmıştır. İller Bankası'nın kişi başına günlük su tüketim miktarı 225 litre olarak alınmış ve 2050 yılına kadar yapılan nüfus tahminleri ile su ihtiyaçları Tablo 9'da verilmiştir



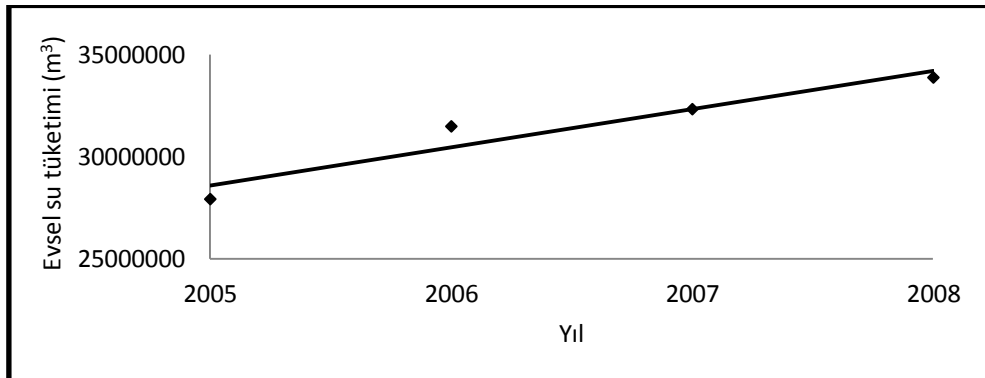
Şekil 2. Antalya nüfusunun yıllara göre değişimi

Tablo 8. Üstel regresyon analiz yöntemine göre geçmiş yılların nüfus tahminleri

YIL	TÜİK Nüfus Sayımı Sonuçları (kişi)	Üstel Regresyon Analiz Yöntemine tahmin edilen nüfus (kişi)	$R^2$	RMSE_(kişi)
1965	128.856	131.955	0,996	21.257
1970	164.950	166.616		
1975	212.245	210.381		
1980	259.905	265.641		
1985	338.817	335.416		
1990	448.773	423.519		
2000	714.129	675.229		
2007	913.568	935.957		
2008	955.596	980.649		
2009	1.000.081	1.027.476		
2010	1.046.878	1.076.538		

#### 4.6. Su Tüketiminin İstatistiksel Analizi ve Tüketime göre Tahmini Su İhtiyacının Hesabı

ALDAŞ tarafından verilen su tüketimlerinin yıllara göre değişimi verilmiştir. Şekil 3'te evsel su tüketiminin değişimi verilmiştir.  $R^2$  değeri 0,916 çıkmıştır. Şekil 4'te endüstriyel+ticari su tüketiminin değişimi verilmiştir.  $R^2$  değeri 0,965 çıkmıştır.



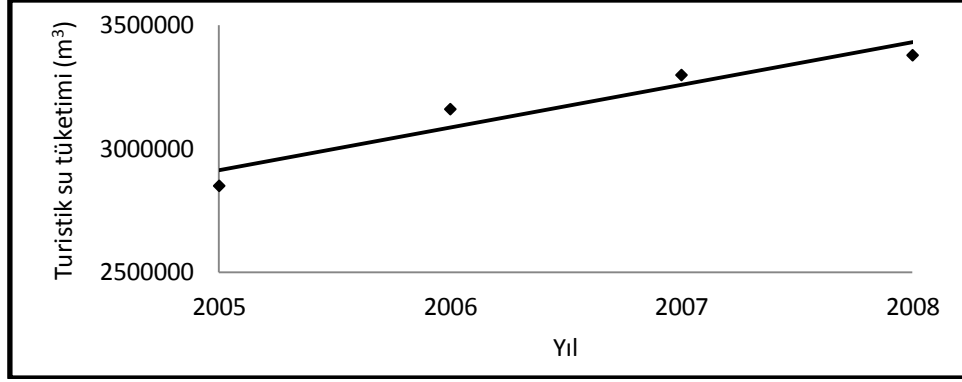
Şekil 3. Evsel su tüketiminin değişimi

**Tablo 9.** Antalya merkez için nüfus projeksiyonu ve nüfusa göre tahmini su ihtiyaçları (m<sup>3</sup>)

Yıl	Üstel regresyon analizine göre tahmini nüfus (kişi)	Tahmini su ihtiyacı (m <sup>3</sup> )
2012	1.181.803	97.055.571
2013	1.238.234	101.689.967
2014	1.297.361	106.545.772
2015	1.359.310	111.633.334
2016	1.424.218	116.963.903
2017	1.492.225	122.548.978
2018	1.563.479	128.400.713
2019	1.638.136	134.531.919
2020	1.716.357	140.955.819
2021	1.798.314	147.686.537
2022	1.884.184	154.738.611
2023	1.974.154	162.127.397
2024	2.068.421	169.869.075
2025	2.167.189	177.980.397
2026	2.270.673	186.479.020
2027	2.379.098	195.383.423
2028	2.492.701	204.713.070
2029	2.611.729	214.488.244
2030	2.736.440	224.730.135
2031	2.867.106	235.461.080
2032	3.004.011	246.704.403
2033	3.147.454	258.484.660
2034	3.297.746	270.827.390
2035	3.455.214	283.759.450
2036	3.620.202	297.309.089
2037	3.793.068	311.505.710
2038	3.974.188	326.380.190
2039	4.163.957	341.964.969
2040	4.362.788	358.293.965
2041	4.571.113	375.402.655
2042	4.789.385	393.328.243
2043	5.018.080	412.109.820
2044	5.257.695	431.788.202
2045	5.508.752	452.406.258
2046	5.771.797	474.008.829
2047	6.047.402	496.642.889
2048	6.336.168	520.357.797
2049	6.638.722	545.205.044
2050	6.955.724	571.238.834

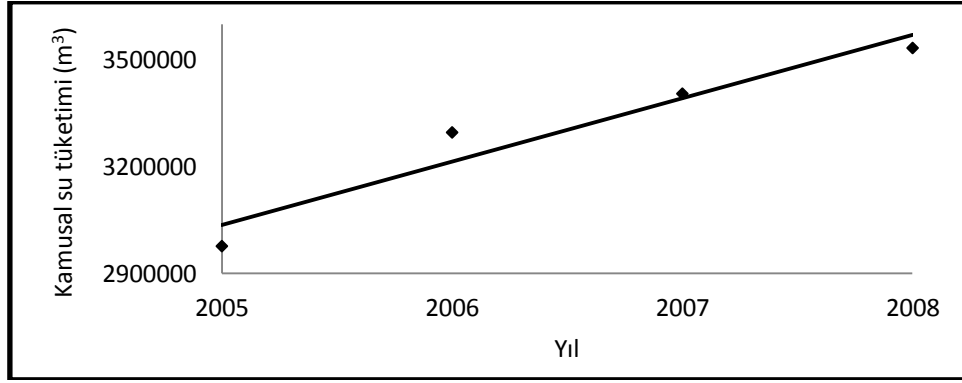
**Şekil 4.** Endüstriyel+ticari su tüketiminin değişimi

Şekil 5'te turistik su tüketiminin değişimi verilmiştir.  $R^2$  değeri 0,914 çıkmıştır.



Şekil 5. Turistik su tüketiminin değişimi

Şekil 6'da kamusal su tüketiminin değişimi verilmiştir.  $R^2$  değeri 0,931 çıkmıştır.



Şekil 6. Kamusal su tüketiminin değişimi

Regresyon analizi ile elde edilen denklemlerden yararlanılarak 2012 ile 2050 yılları için elde edilen tahmini su tüketim miktarları evsel, endüstriyel+turistik, kamusal ve toplam olarak hesaplanmış ve Tablo 10'da verilmiştir.

#### 4.7. Karacaören II Barajı'ndan Alınacak Su Miktarları

Karacaören II Barajı'nın isale debisi  $7,917 \text{ m}^3/\text{s}$  olup yılda

$249.670.512 \text{ m}^3$  su alınabilecektir. Barajdan alınacak su miktarlarının belirlenmesi için nüfus tahminine göre hesaplanmış su ihtiyaçları dikkate alınmıştır. Mevcut kaynaklardan üretilen su miktarı yaklaşık  $114$  milyon  $\text{m}^3$  olduğuna göre barajdan alınması düşünülen su miktarları Tablo 11'de verilmiştir. Mevcut duruma göre barajın 2016 yılında işletmeye alınması gerekmekte olup baraj 2041 yılına kadar yeterli olacaktır.

Tablo 10. Antalya için tüketime bağlı tahmini su ihtiyaçları ( $\text{m}^3$ )

Yıl	Tahmini evsel su tüketimleri ( $\text{m}^3$ )	Tahmini endüstriyel ve ticari su tüketimleri ( $\text{m}^3$ )	Tahmini turistik su tüketimleri ( $\text{m}^3$ )	Tahmini kamusal su tüketimleri ( $\text{m}^3$ )	Tahmini toplam su tüketimi ( $\text{m}^3$ )	%50 kayıp-kaçak olması durumundaki tahmini su ihtiyacı ( $\text{m}^3$ )
2012	41.672.912	10.501.254	4.120.910	4.281.887	60.576.963	121.153.926
2013	43.543.323	11.434.232	4.293.437	4.459.803	63.730.795	127.461.590
2014	45.413.734	12.367.211	4.465.963	4.637.718	66.884.626	133.769.252
2015	47.284.145	13.300.189	4.638.490	4.815.634	70.038.458	140.076.916
2016	49.154.556	14.233.167	4.811.017	4.993.549	73.192.289	146.384.578
2017	51.024.967	15.166.145	4.983.544	5.171.465	76.346.121	152.692.242
2018	52.895.378	16.099.123	5.156.071	5.349.380	79.499.952	158.999.904
2019	54.765.789	17.032.102	5.328.598	5.527.296	82.653.785	165.307.570
2020	56.636.200	17.965.080	5.501.125	5.705.211	85.807.616	171.615.232
2021	58.506.611	18.898.058	5.673.652	5.883.127	88.961.448	177.922.896
2022	60.377.022	19.831.036	5.846.179	6.061.042	92.115.279	184.230.558



**Tablo 10(Devam).** Antalya için tüketime bağlı tahmini su ihtiyaçları (m<sup>3</sup>)

Yıl	Tahmini evsel su tüketimleri (m <sup>3</sup> )	Tahmini endüstriyel ve ticari su tüketimleri (m <sup>3</sup> )	Tahmini turistik su tüketimleri (m <sup>3</sup> )	Tahmini kamusal su tüketimleri (m <sup>3</sup> )	Tahmini toplam su tüketimi (m <sup>3</sup> )	%50 kayıp-kaçak olması durumundaki tahmini su ihtiyacı (m <sup>3</sup> )
2023	62.247.433	20.764.014	6.018.706	6.238.958	95.269.111	190.538.222
2024	64.117.844	21.696.993	6.191.232	6.416.873	98.422.942	196.845.884
2025	65.988.255	22.629.971	6.363.759	6.594.789	101.576.774	203.153.548
2026	67.858.666	23.562.949	6.536.286	6.772.704	104.730.605	209.461.210
2027	69.729.077	24.495.927	6.708.813	6.950.620	107.884.437	215.768.874
2028	71.599.488	25.428.905	6.881.340	7.128.535	111.038.268	222.076.536
2029	73.469.899	26.361.884	7.053.867	7.306.451	114.192.101	228.384.202
2030	75.340.310	27.294.862	7.226.394	7.484.366	117.345.932	234.691.864
2031	77.210.721	28.227.840	7.398.921	7.662.282	120.499.764	240.999.528
2032	79.081.132	29.160.818	7.571.448	7.840.197	123.653.595	247.307.190
2033	80.951.543	30.093.796	7.743.975	8.018.113	126.807.427	253.614.854
2034	82.821.954	31.026.775	7.916.501	8.196.028	129.961.258	259.922.516
2035	84.692.365	31.959.753	8.089.028	8.373.944	133.115.090	266.230.180
2036	86.562.776	32.892.731	8.261.555	8.551.859	136.268.921	272.537.842
2037	88.433.187	33.825.709	8.434.082	8.729.775	139.422.753	278.845.506
2038	90.303.598	34.758.687	8.606.609	8.907.690	142.576.584	285.153.168
2039	92.174.009	35.691.666	8.779.136	9.085.606	145.730.417	291.460.834
2040	94.044.420	36.624.644	8.951.663	9.263.521	148.884.248	297.768.496
2041	95.914.831	37.557.622	9.124.190	9.441.437	152.038.080	304.076.160
2042	97.785.242	38.490.600	9.296.717	9.619.352	155.191.911	310.383.822
2043	99.655.653	39.423.578	9.469.244	9.797.268	158.345.743	316.691.486
2044	101.526.064	40.356.557	9.641.770	9.975.183	161.499.574	322.999.148
2045	103.396.475	41.289.535	9.814.297	10.153.099	164.653.406	329.306.812
2046	105.266.886	42.222.513	9.986.824	10.331.014	167.807.237	335.614.474
2047	107.137.297	43.155.491	10.159.351	10.508.930	170.961.069	341.922.138
2048	109.007.708	44.088.469	10.331.878	10.686.845	174.114.900	348.229.800
2049	110.878.119	45.021.448	10.504.405	10.864.761	177.268.733	354.537.466
2050	112.748.530	45.954.426	10.676.932	11.042.676	180.422.564	360.845.128

**Tablo 11.** Nüfus tahminine göre Karacaören Barajı'ndan Alınması Düşünülen su miktarları (m<sup>3</sup>)

Yıl	Tahmini su ihtiyacı (m <sup>3</sup> )	Mevcut su kaynakları (m <sup>3</sup> )	Baraj'dan Alınacak tahmini su miktarları (m <sup>3</sup> )
2012	97.055.571	114.000.000	-
2013	101.689.967	114.000.000	-
2014	106.545.772	114.000.000	-
2015	111.633.334	114.000.000	-
2016	116.963.903	114.000.000	2.963.903
2017	122.548.978	114.000.000	8.548.978
2018	128.400.713	114.000.000	14.400.713
2019	134.531.919	114.000.000	20.531.919
2020	140.955.819	114.000.000	26.955.819
2021	147.686.537	114.000.000	33.686.537
2022	154.738.611	114.000.000	40.738.611
2023	162.127.397	114.000.000	48.127.397
2024	169.869.075	114.000.000	55.869.075
2025	177.980.397	114.000.000	63.980.397
2026	186.479.020	114.000.000	72.479.020
2027	195.383.423	114.000.000	81.383.423
2028	204.713.070	114.000.000	90.713.070
2029	214.488.244	114.000.000	100.488.244
2030	224.730.135	114.000.000	110.730.135
2031	235.461.080	114.000.000	121.461.080
2032	246.704.403	114.000.000	132.704.403

**Tablo 11(Devam).** Nüfus tahminine göre Karacaören Barajı'ndan Alınması Düşünülen su miktarları (m<sup>3</sup>)

Yıl	Tahmini su ihtiyacı (m <sup>3</sup> )	Mevcut su kaynakları (m <sup>3</sup> )	Baraj'dan Alınacak tahmini su miktarları (m <sup>3</sup> )
2033	258.484.660	114.000.000	144.484.660
2034	270.827.390	114.000.000	156.827.390
2035	283.759.450	114.000.000	169.759.450
2036	297.309.089	114.000.000	183.309.089
2037	311.505.710	114.000.000	197.505.710
2038	326.380.190	114.000.000	212.380.190
2039	341.964.969	114.000.000	227.964.969
2040	358.293.965	114.000.000	244.293.965
2041	375.402.655	114.000.000	261.402.655
2042	393.328.243	114.000.000	279.328.243
2043	412.109.820	114.000.000	298.109.820
2044	431.788.202	114.000.000	317.788.202
2045	452.406.258	114.000.000	338.406.258
2046	474.008.829	114.000.000	360.008.829
2047	496.642.889	114.000.000	382.642.889
2048	520.357.797	114.000.000	406.357.797
2049	545.205.044	114.000.000	431.205.044
2050	571.238.834	114.000.000	457.238.834

## 5. SONUÇLAR

Nüfus tahmini, gelecekteki su ihtiyacının hesaplanması ve de bu ihtiyacın karşılanması için yapılacak projeleri ve maliyetlerini etkilemesi nedeniyle büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada Antalya merkez için nüfus artışı en iyi temsil eden yöntem araştırılmış ve değerlendirme kriteri olarak da R<sup>2</sup> ve RMSE değerleri kullanılmıştır. Aritmetik yöntem, geometrik yöntem, İller Bankası Yöntemi ve üstel regresyon analiz yöntemine göre elde edilen R<sup>2</sup> ve RMSE değerleri Tablo 12'de verilmiş olup en başarılı yöntemin üstel regresyon analiz yöntemi olduğu görülmüştür. Bu nedenle nüfus tahmini için en az hatayı veren üstel regresyon analiz yöntemi kullanılmıştır.

Yönteme göre Antalya merkez nüfusu 2020 yılında 1.716.357 kişiye, 2030 yılında 2.736.440 kişiye, 2040 yılında 4.362.788 kişiye ve 2050 yılında 6.955.724 kişiye ulaşacaktır. Bu nüfus değerleri ve İller Bankası su tüketimi kriterlerine göre Antalya'nın gelecekteki su ihtiyacı 2020 yılı için 140.955.819 m<sup>3</sup>, 2030 yılı için 224.730.135 m<sup>3</sup>, 2040 yılı için 358.293.965 m<sup>3</sup>, 2050 yılı için de 571.238.834 m<sup>3</sup> olacaktır. Antalya'da evsel, turistik, endüstriyel ve kamusal su tüketimi olup bu

tüketimlerin 2005 ve 2008 yılları arasındaki değişimi incelenmiştir. R<sup>2</sup> değerleri evsel için 0,916, endüstriyel için 0,965, turistik için 0,914 ve kamusal için de 0,931 çıkmıştır. Regresyon analizi ile elde edilen denklemlerle gelecek yıllar için hesaplanan su tüketim miktarlarına %50 kayıp-kaçak oranı eklenmiş ve tüketime bağlı su ihtiyaçları hesaplanmıştır. Nüfus ve tüketime göre hesaplanan su ihtiyacı değerleri Tablo 13'te verilmiştir.

Antalya'nın su ihtiyacı yeraltı su kaynaklarından sağlanmakta olup bu kaynaklardan yılda yaklaşık 114 milyon m<sup>3</sup> su sağlanmaktadır. Mevcut kaynaklar ve nüfusa göre hesaplanan su ihtiyaçları dikkate alındığında Karacaören II Barajı'ndan 2016 yılından itibaren su alınmaya başlanacağı ve alınacak miktarın 2040 yılında yaklaşık 244 milyon m<sup>3</sup>'e çıkacağı hesaplanmıştır. Bu durumda Karacaören II Barajı'nın 2041 yılında yetersiz kalacağı tahmin edilmiştir. Bu nedenle su sıkıntısı yaşanmaması için bu tarihten önce Manavgat Çayı gibi yeni su kaynaklarına ihtiyaç duyulacaktır. Ayrıca kayıp-kaçak oranları çok yüksek olup bu oranların azaltılması gerekmektedir.

**Tablo 12.** Nüfus Tahmin yöntemlerine ait R<sup>2</sup> ve RMSE değerleri

Nüfus Tahmin Yöntemi	R <sup>2</sup>	RMSE (kişi)
Aritmetik Yöntem	0,968	54.171
Geometrik Yöntem	0,989	31.499
İller Bankası Yöntemi	0,981	42.095
Üstel Regresyon Analiz Yöntemi	0,996	21.257

**Tablo 13.** Nüfus Tahmini ve tüketime göre su ihtiyaçları (m<sup>3</sup>)

Yıl	Nüfus Tahminine göre su ihtiyacı (m <sup>3</sup> )	Tüketime göre su ihtiyacı (m <sup>3</sup> )
2020	140.955.819	171.615.232
2030	224.730.135	234.691.864
2040	358.293.965	297.768.496
2050	571.238.834	360.845.128

**Semboller**

$N_i$	ilk sayım nüfusu
$N_s$	son sayım nüfusu
$t_i$	ilk sayım tarihi
$t_s$	son sayım tarihi
$N_g$	gelecekteki nüfusu
$t_g$	gelecekteki tarihi
$\text{Ç}$	çoğalma katsayısı
$N_y$	beldenin yeni nüfus sayımı neticesi
$N_e$	beldenin eski nüfus sayımı neticesi
$a$	iki nüfus sayımı arasındaki yıl farkı
R-kare	determinasyon katsayısı
RMSE	kök ortalama karesel hata

**Teşekkür**

Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2669-D-11).

**KAYNAKLAR**

1. Altaş, F., Metin, A.İ., Özkan, S., Seçgin, A., Stratejik Plan 2009-2013, Antalya Büyükşehir Belediyesi ASAT Genel Müdürlüğü, [http://www.asat.gov.tr/files/2009\\_2013\\_st\\_plan.pdf](http://www.asat.gov.tr/files/2009_2013_st_plan.pdf).
2. Anonim, İçmesuyu Projesine ait Şehir ve Kasaba İçmesuyu Projelerinin Hazırlanmasına ait yönetmelik, İller Bankası, 1992.
3. Anonim, Antalya İli Çevre Durum Raporu, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Antalya İl Temsilciliği, 2009.
4. Anonim, Antalya Su ve Atıksu Projesi Ek Finansman Projesi Çevre Yönetim Planı Nihayi Rapor, Altyapı Yönetim Danışmanlık Elektrik Enerjisi Üretim Hizmetleri Sanayi ve Ticaret A.Ş., Antalya, 76 s., 2010.
5. Anonim, Su Kaynakları, ASAT, <http://www.asat.gov.tr/index.php?page=pages&PID=502>, 2011.
6. Öztürkcan, M., Regresyon Analizi. Maltepe Üniversitesi Yayınları, 2009.
7. Sümer, B., Su Temini ve Çevre Sağlığı. İstanbul Teknik Üniversitesi Sakarya Mühendislik Fakültesi Matbaası, 1992.
8. TÜİK, Veritabanlarında Dinamik Sorgulama ve İstatistiksel Tablolar, [http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tbid=39&ust\\_id=11](http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tbid=39&ust_id=11), 2011