



## Gel-git ölçüm istasyonu verilerine göre doğu Akdeniz’de deniz seviyesi değişimleri ve bu değişimlerin iklim elemanları ile ilişkileri: 1972-2009

Muhammed Zeynel Öztürk\*

### Özet

Akdeniz 20. yüzyılda deniz seviyesi yükseliminin en fazla olduğu alanlardan biridir. Akdeniz içinde ise, bu artışın en fazla gerçekleştiği kesim doğu Akdeniz’dir. Bu çalışmada, doğu Akdeniz’in kapsadığı Levantin Denizi, Girit Denizi ve Ege Denizi’nin güneyindeki 11 gel-git ölçüm istasyonunda gözlenen deniz seviyesi verileri ile gridli klimatolojik veriler kullanıldı. Bu kapsamda, ortalama, ortalama maksimum ve minimum deniz seviyesi verileri ile ortalama hava sıcaklığı, ortalama deniz seviyesi basıncı ve toplam yağış zaman dizilerindeki aylık ve yıllık değişimler ve eğilimler incelendi. Analiz sonuçlarına göre, tüm deniz seviyesi dizilerinde ve sıcaklık dizisinde istatistiksel açıdan anlamlı artış eğilimleri vardır. Bu eğilimlerin oranları, ortalama deniz seviyesinde +1.57 mm/yıl, ortalama maksimumda +1.89 mm/yıl, ortalama minimumda +1.36 mm/yıl, sıcaklıkta ise 0.026 °C/yıl’dır. Uzun süreli ortalamalara göre yıl içerisinde 14.9 cm’lik bir genlik görülürken, genliğin en yüksek seviyesine Ağustos, en düşük seviyesine ise Mart ayında ulaşılır. Yıllararası ortalama maksimum ve minimum deniz seviyesi değerlerinde, 36.5 cm düzeyinde bir genlik söz konusudur.

**Anahtar kelimeler:** Deniz seviyesi yükselimi, eğilim, sıcaklık, genlik, doğu Akdeniz.

\* Araş. Gör. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 17100, Çanakkale. E-mail: [mozturk@comu.edu.tr](mailto:mozturk@comu.edu.tr)

## Sea level changes according to data of tide gauge station and its relationship with elements of climate in eastern Mediterranean: 1972-2009

Muhammed Zeynel Öztürk\*

### Abstract

Mediterranean Sea is one of the areas that indicated the greatest increase in sea level rise during the 20th century. The eastern Mediterranean had also greatest increase in sea level with in the Mediterranean Sea. In this study, sea level data observed at 11 tide gauge stations located in the Levantine Sea, Cretan Sea and south of the Aegean Sea and gridded climatological data were used in the eastern Mediterranean Sea. In this frame, monthly and annual variations and trends in average, average maximum and average minimum sea levels data and mean air temperature, mean sea level pressure and total precipitation series were investigated. According to the results of analysis, there are statistically significant increase trends in temperature and all sea level series. These trend rates are of +1.57 mm/year in average sea level, +1.89 mm/year in average maximum, +1.36 mm/year in average minimum and 0.026 °C/year in temperature. According to the long-term averages, annually amplitude is 14.9 cm, while, the highest and the lowest levels of amplitude are reached in August and March, respectively. According to the interannual average maximum and minimum sea level values, amplitude of 36.5 cm is seen.

**Key words:** Sea level rise, trend, temperature, amplitude, eastern Mediterranean

---

\* Research Assist., Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Geography, 17100, Çanakkale., 17100, Çanakkale. E-mail: [mozturk@comu.edu.tr](mailto:mozturk@comu.edu.tr)

## Giriş

Akdeniz, doğu-batı doğrultusunda 3860 km, kuzey-güney doğrultusunda 1600 km genişliğe, kabaca 46000 km kıyı uzunluğuna sahip, karalarla çevrili bir yarı-kapalı havza durumundadır. Ortalama derinliği 1500 m olmakla birlikte 4 km’den daha derin birçok havza içerir ve 145 km genişliğe sahip Sicilya Boğazı ile doğu ve batı havzaları olarak iki bölüme, bu bölümlerde kendi içerisinde birçok alt denize ayrılır (Rohling vd., 2009). 284 m derinliğe sahip dar bir boğaz olan Cebelitarık Boğazı ile Atlantik Okyanusu’na (Rohling vd., 2009), Türk Boğazlar Sistemi ile de Karadeniz’e bağlanır (Cazenave vd, 2002; Şekil 1a).

Küresel ve Akdeniz ölçeğinde deniz seviyesinin değişiminde birçok faktör etkili olmakla birlikte, sıcaklık ve tuzluluk değişiminden dolayı okyanus suyunun hacminde ve okyanus ile diğer yüzeyler (buzul örtüleri, glasiyeler, karasal su kaynakları ve atmosfer) arasındaki su kütlesi değişimi sonucunda okyanuslardaki su kütlesinde yaşanan değişimler deniz seviyesi üzerinde etkili olan temel faktörlerdir (IPCC, 2001; 2007; Cazenave ve Nerem, 2004). Cazenave ve Nerem (2004)’e göre deniz seviyesinin artışına okyanus sularının ısınması sonucu yaşanan termal genişleme 0.3 - 0.7 mm/yıl oranında, karasal (dağlık) alanlardaki buzulların erimesi 0.2 - 0.4 mm/yıl oranında bir katkı sağlar. Aynı çalışmada insan aktiviteleri sonucunda kullanılan karasal su kaynaklarının da küresel deniz seviyesi üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir. Yukarıda belirtilen temel faktörlerin yanı sıra su akıntılarının değişmesi ve karasal alanlardan taşınan kütle artışı da deniz seviyesi değişimleri üzerinde etkili olabilir (Marcos ve Tsimplis, 2008). Yerel olarak, astronomik gel-gitler ile birlikte basınç ve rüzgar gibi meteorolojik faktörler de deniz seviyesi değişimleri üzerinde etkilere sahiptir. Özellikle istasyonun bulunduğu konuma bağlı olarak rüzgarın esiş yönündeki değişiklikler saatlik ve günlük deniz seviyesi değişimleri üzerinde önemli etkilere sahiptir. Ancak uzun süreli deniz seviyesi değişimlerinde bu faktörlerin etkileri fazla olmamaktadır (Shirman, 2003). Bu sebeple, deniz seviyesi değişimleri küresel ölçekte bir homojenlik göstermeyip, dünya üzerinde bölgeden bölgeye farklılık gösterir (Klein ve Lichter, 2009).

Hem küresel hem de Akdeniz ölçeğinde deniz seviyesi değişimleri daha önce birçok araştırmacı tarafından farklı yöntem ve zaman aralıklarında incelenmiştir. Yapılan araştırmalara göre küresel deniz seviyesi 20. yüzyıl boyunca 1-2.5 mm/yıl oranında bir artış göstermiş ve bu oran Akdeniz’de de benzer şekilde gerçekleşmiştir (Cazenave ve Nerem, 2004; Klein ve Lichter, 2009). Ancak bu artış 20. yüzyılın tamamı boyunca aynı oranda gerçekleşmemiştir. Örneğin 1961-1989 döneminde atmosfer basıncının 1.74 – 3.31 hPa

Öztürk, M.Z. (2011). Gel-git ölçüm istasyonu verilerine göre doğu Akdeniz’de deniz seviyesi değişimleri ve bu değişimlerin iklim elemanları ile ilişkileri: 1972-2009. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

değerinde artırmasıyla (Klein ve Lichter, 2009) küresel deniz seviyesi -1.3 mm/yıl oranında azalmıştır (Marcos ve Tsimplis, 2008). 1993’den günümüze başta Topex/Poseidon (T/P) uydu altimetre verileri olmak üzere, uydu görüntüleri üzerinden yapılmış çalışmalarda küresel ve Akdeniz ölçeğinde genel olarak artış eğilimi ile birlikte farklı değerler ortaya konulmuştur. Küresel deniz seviyesi Cazenave vd. (1998)’ne göre 1993-1997 döneminde  $1.3 \pm 0.15$  mm/yıl, Cabanes vd. (2001)’e göre 3.2 mm/yıl, Cazenave ve Nerem (2004)’e göre 1993-2003 içerisinde  $2.8 \pm 0.4$  mm/yıl, Nerem vd. (2006)’e göre 1993’den beri  $3.1 \pm 0.4$  mm/yıl oranında artış göstermiştir. Akdeniz’de ise bu oran 1993-1997 döneminde  $13.2 \pm 1.5$  mm/yıl, (Cazenave vd., 1998), 1992-1996 döneminde  $7 \pm 1.5$  mm/yıl (Cazenave vd., 2002) olarak belirtilmiştir. Akdeniz içerisinde 1993-1998 dönemi için hem uydu görüntüleri hem de gel-git ölçüm istasyonlarından elde edilen verilere göre en yüksek deniz seviyesi artışı 20-30 mm/yıl ile Levantin havzasında gerçekleşmiştir (Cazenave vd., 2002).

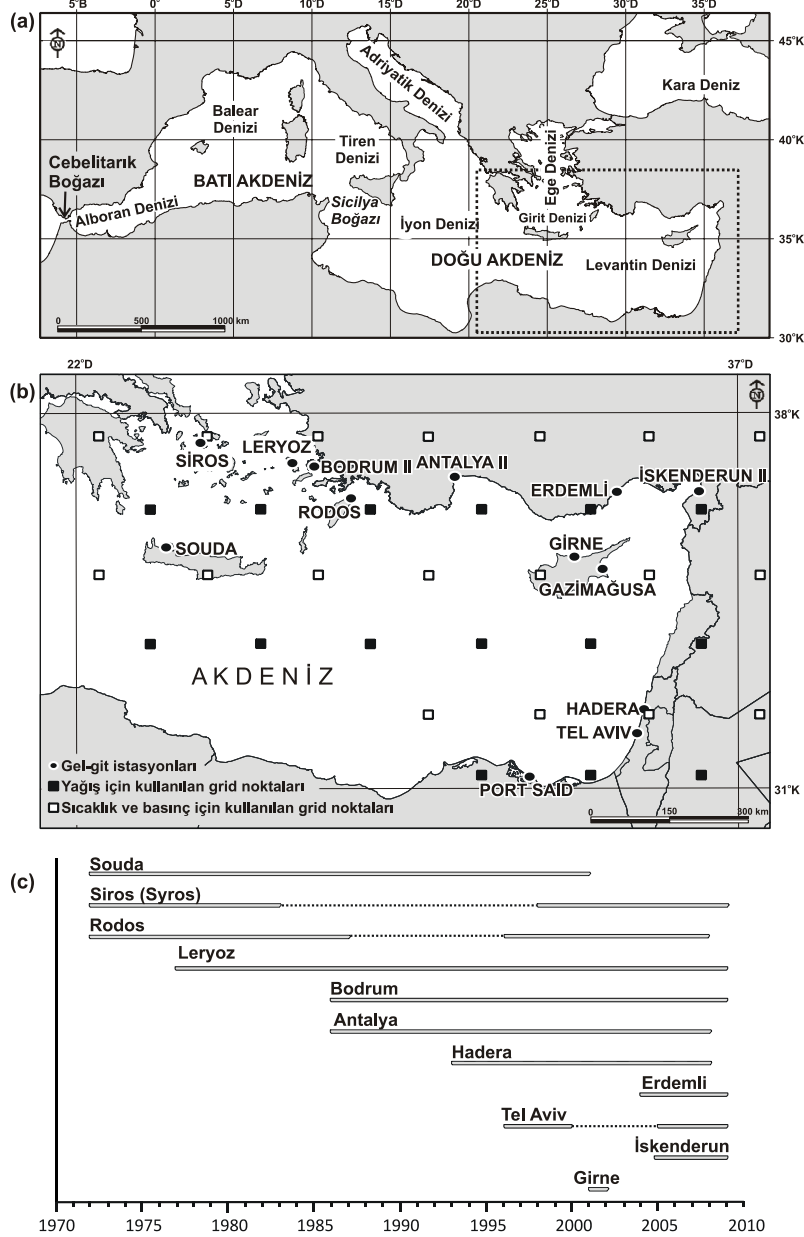
Yukarıda kısaca açıklanan çalışmalara göre küresel ve Akdeniz ölçeğinde özellikle 1990’dan sonra kuvvetlenen deniz seviyesi artışları yaşanmaktadır. Ancak deniz seviyesi değişimleri ile ilgili çok fazla çalışma bulunmakla birlikte deniz seviyesi değişimlerinin uzun süreli iklim serileri ile karşılaştırıldığı çalışmalar çok azdır (Cazenave vd., 2002; Simav, vd., 2008). Bu nedenle bu çalışmada doğu Akdeniz içerisinde, Levantin Denizi, Girit Denizi ve Ege Denizi’nin güneyinde yer alan gel-git istasyonlarından 1978-2009 dönemine ait elde edilen deniz seviyesi değerleri ile  $2.5^\circ$ ’lik gridler aracılığıyla deniz üzerinden elde edilen ortalama hava sıcaklığı, ortalama deniz seviyesi basıncı ve toplam yağış zaman dizilerinin (Şekil 1b) aylık ve yıllararası değişimleri ve bu zaman dizilerinin birbirleri ile olan ilişkileri incelenmiştir.

### **Akdeniz’in Genel İklim Özellikleri**

Akdeniz genel olarak  $30^\circ$ - $40^\circ$ K enlemleri arasında uzanır ve bu konumundan dolayı iklimi kışın ekvatora, yazın kutba doğru kayan gezegensel ölçekli basınç desenleri tarafından kontrol edilir (Wainwright ve Thornes, 2004; Harding vd., 2009). Kışın sistemlerin ekvatora doğru hareket etmesiyle Akdeniz Havzası’nın iklimi batılı rüzgarları kuşağı etkisi altında kalarak nemli ve ılıman bir özellik gösterir. Yazın ise, subtropikal yüksek basınç sistemleri nedeniyle sıcak ve kuru koşulların, en kurak alanlarda ise iki ya da üç aydan daha fazla süren kuraklığın etkisi altında kalır ve bu durum yaz aylarında şiddetli buharlaşmaya neden olur. Akdeniz Bölgesi iklimin temel özelliklerinin oluşmasında genel atmosfer dolaşımının yanı

Öztürk, M.Z. (2011). Gel-git ölçüm istasyonu verilerine göre doğu Akdeniz’de deniz seviyesi değişimleri ve bu değişimlerin iklim elemanları ile ilişkileri: 1972-2009. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

sıra, Akdeniz’i çevreleyen Avrupa, Asya, Afrika gibi kütlelerin ve topografyanın da önemli bir etkisi vardır. Özellikle batı Akdeniz’in Atlantik Okyanusu’na yakın alanlarında yıl boyunca daha ılıman sıcaklıklarla birlikte yüksek yağışlar görülürken, doğu Akdeniz karasal Doğu Avrupa ve Asya’nın etkisi altına girer. Böylece doğunun iklimi batıya göre daha kuru ve yaz sıcaklıklarının daha fazla olduğu bir özellik kazanır. Akdeniz güney kıyıları da kuzey kıyılarına göre daha kuru ve sıcaktır (Harding vd., 2009).



**Şekil 1:** Akdeniz içerisinde bulunan alt denizler ve çalışma alanının lokasyonu (Robinson, vd. 2001’den düzenlenerek) (b) incelenen gel-git istasyonları ile iklim analizlerinde kullanılan grid noktalarının alansal dağılımları ve (c) incelenen gel-git istasyonlarının zaman aralıkları.

## Veri ve Yöntem

Çalışmada 11 gel-git ölçüm istasyonuna ait aylık deniz seviyesi (Şekil 1c) ve 18 grid noktasına ait ortalama hava sıcaklığı, ortalama deniz seviyesi basıncı (DSB) ve 15 grid noktasına ait toplam yağış zaman dizileri kullanılmıştır (Şekil 1b).

Deniz seviyesi değişimleri analizinde kullanılan 11 istasyona ait veriler 1933 yılında kurulmuş ve küresel ölçekte gel-git ölçümlerini toplamak, analiz etmek ve dağıtmakla sorumlu kuruluş olan “Permanent Service for Mean Sea Level” (PSMSL)’den elde edilmiştir (Woodworth vd., 2009). Analizlerde kullanılan 11 istasyon haricinde doğu Akdeniz’de iki istasyon daha bulunur. Ancak 1926-1946 dönemine ait veri seti bulunan Port Sand istasyonu ve 1938-1940 dönemine ait veri seti bulunan Gazimağusa istasyonu ile diğer istasyonlar arasında bir zaman boşluğu olduğu için bu iki istasyon analizlere alınmamıştır. Çalışmada kullanılan istasyonlara ait veri aralıkları Şekil 1c’de gösterilmektedir. Tüm istasyonlardan ortak bir deniz seviyesi zaman dizisi elde etmek için ilk olarak istasyonların aylık değerleri arasındaki *Pearson ilişki katsayısı r* değerleri hesaplandı (Tablo 1). Aralarında istatistiksel açıdan anlamlı korelasyon bulunan zaman serilerinden ortak bir zaman serisi oluşturmak amacıyla, istasyonların yerel koşullarından, özellikle istasyonların kot seviyelerinin farklılığından doğabilecek farklılıkları giderebilmek amacıyla, her bir istasyonun kendi içerisinde uzun süreli ortalamalardan farkları şeklinde yıllık ortalama deniz seviyesi serileri elde edildi. Her bir istasyon için elde edilen bu zaman serilerinin ortalaması alınarak, ortak bir seri ve aynı yöntem aylık değerlere uygulanması sonucunda deniz seviyesinin uzun süreli aylık ortalama değerleri elde edildi.

İklim analizlerinde kullanılan gridli veriler ise “National Oceanic and Atmospheric Administration” (NOAA)’dan alındı. 1972-2009 dönemi için elde edilen ortalama hava sıcaklığı ve ortalama deniz seviyesi basıncı (DSB) verilerinin grid noktaları 0° boylamından başlamakta, 1978-2006 dönemi için elde edilen yağış verilerinin grid noktaları ise, 1.25°D boylamından başlamaktadır. Bu nedenle sıcaklık ve DSB ile yağış verilerine ait grid noktaları Şekil 1b’de görüldüğü gibi farklı noktalara karşılık gelir. Grid noktalarının koordinat değerlerindeki farklılığın yanı sıra veri aralıkları da farklılık gösterir; sıcaklık ve DSB verileri 1972-2009 dönemi için elde edilebilirken, yağış verileri 1978-2006 dönemi için elde edilebildi.

Öztürk, M.Z. (2011). Gel-git ölçüm istasyonu verilerine göre doğu Akdeniz’de deniz seviyesi değişimleri ve bu değişimlerin iklim elemanları ile ilişkileri: 1972-2009. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

Elde edilen verilerden basit istatistiksel yöntemler kullanılarak oluşturulan zaman dizilerinin güvenilirliği *Kruskall-Wallis (K-W)* türdeşlik sınaması ile incelendi. Zaman serilerindeki uzun süreli eğilimleri, önemli değişiklik noktaları ve anlamlı dönemleri belirlemek amacıyla *Mann-Kendall (M-K)* sıra ilişki katsayı sınaması ve *M-K* sıra ilişki katsayısının ardışıklık çözümlemesi (Sneyers, 1990; Türkeş vd., 2002) ve dizilerdeki yıllararası değişimleri gidererek, uzun süreli eğilimleri ve dalgalanmaları görsel olarak belirlemek için ise, 9 noktalı Gauss süzgeci kullanıldı (Türkeş, 1995; Türkeş ve Sümer, 2004).

## BULGULAR

### Deniz Seviyesinin Aylık ve Yıllık Değişimleri

11 gel-git ölçüm istasyonunun aylık değerleri arasındaki *Pearson ilişki katsayısı*, *r* değerlerine göre, verilerin tamamına yakını istatistiksel açıdan 0.01 düzeyinde anlamlı korelasyonlar gösterir (Tablo 1). Bu korelasyon değerleri doğrultusunda, istasyonlardan uzun süreli ortalama aylık değerler ve ortak bir zaman dizisi oluşturulabileceği sonucu çıkmaktadır.

**Tablo 1:** Deniz seviyesi analizleri için çalışmada kullanılan gel-git ölçüm istasyonlarının aylık verileri arasındaki *Pearson ilişki katsayısı (r)* değerleri.

	Siros	Rodos	Leryoz	Bodrum II	Antalya II	Hadera	Erdemli	Tel Aviv	İskenderun II	Girne
<b>Souda</b>	0.418**	0.338**	0.580**	0.621**	0.685**	0.702**		0.749**		0.821**
<b>Siros</b>		0.453**	0.083	-0.102	-0.146	-0.172*	-0.250(*)	-0.128	-0.563**	-0.285
<b>Rodos</b>			0.247**	0.250**	0.191*	0.089	-0.019	0.146	-0.372**	0.275
<b>Leryoz</b>				0.526**	0.611**	0.632**	0.781**	0.671**	0.666**	0.540**
<b>Bodrum II</b>					0.648**	0.587**	0.890**	0.786**	0.713**	0.718**
<b>Antalya II</b>						0.806**	0.942**	0.866**	0.809**	0.794**
<b>Hadera</b>							0.887**	0.847**	0.794**	0.718**
<b>Erdemli</b>								0.947**	0.825**	
<b>Tel Aviv</b>									0.706**	
<b>İskenderun II</b>										

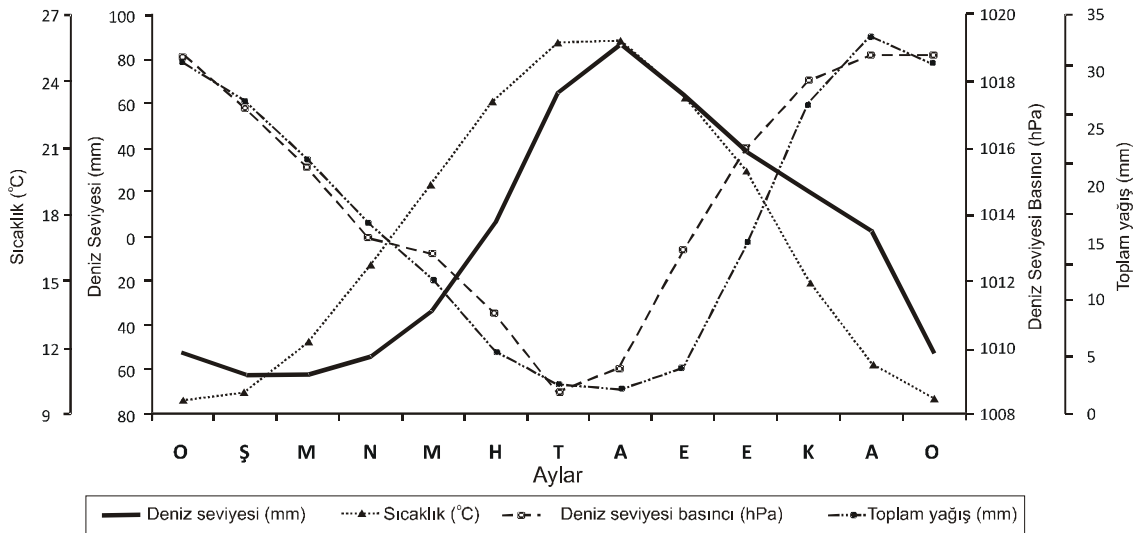
\*\* 0.01 anlamlılık düzeyinde anlamlı

\* 0.05 anlamlılık düzeyinde anlamlı

Ortak dönemlerin bulunmamasından dolayı korelasyon değerlerinin hesaplanmadığı istasyonlar

11 gel-git ölçüm istasyonunun ortalamasından elde edilen uzun süreli ortalama aylık deniz seviyesi değerleri ortalama hava sıcaklığı ile 0.01 düzeyinde anlamlı pozitif korelasyon (0.826), DSB (-0.579) ve yağışlar (-0.682) ile 0.05 düzeyinde anlamlı negatif korelasyon gösterir. Bu pozitif ve negatif korelasyonlar Şekil 2’de görülebilmektedir. Deniz seviyesinde yıl içerisinde en düşük değere -6.3 cm ile Mart ayında, en yüksek değere 8.5 cm ile Ağustos ayı içerisinde ulaşılır ve bu değerlere göre yıl içerisinde 14.9 cm’lik genlik görülür.

Sıcaklıklarda en düşük değerler Ocak ayında, en yüksek değerler Ağustos ayı içerisinde. DSB ve yağış değerlerindeki yıllık değişimler birbirine paralellik gösterirken en düşük değerlere Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek değerlere ise, Aralık ve Ocak aylarında ulaşılır. Yukarıda belirtilen ilişkilere göre deniz seviyesinin aylık değişimi sıcaklıkların artması ve DSB’nin azalması sonucu yaşanan termal genişleme ile yaz aylarında en yüksek değerlerine, sıcaklıkların düşmesi ve DSB’nin artması sonucu yaşanan yoğunluk artışıyla kış aylarında en düşük seviyesine ulaşır. Yağış miktarının arttığı dönemde deniz seviyesinin düşük olması ise deniz seviyesinin yağışlar ile bağlantısının zayıf olduğunu gösterir. Buna göre deniz seviyesinin aylık değişimi, sıcaklık ve basınç koşullarının değişimi tarafından kontrol edilir.

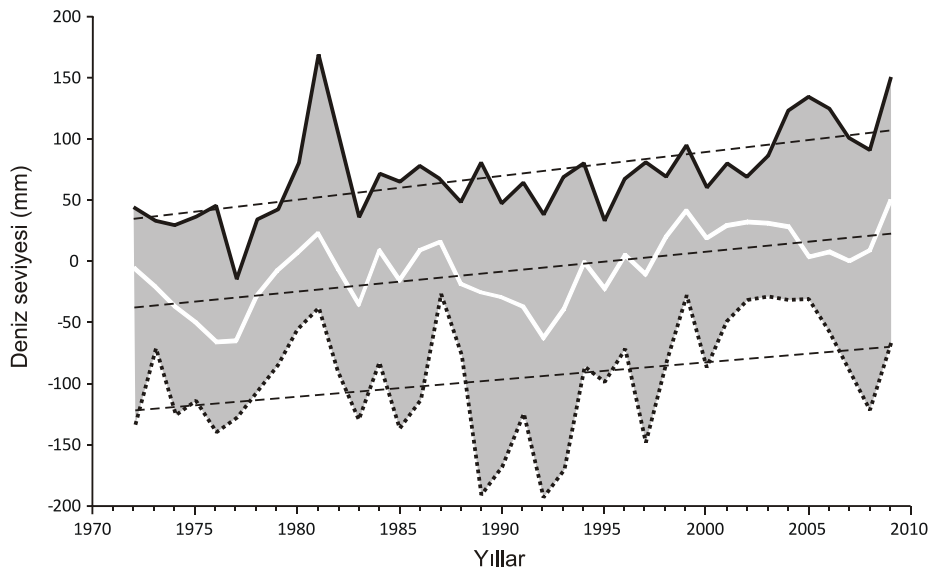


**Şekil 2:** Uzun süreli ortalama deniz seviyesi, DSB, sıcaklık ve yağış değerlerinin aylık değişimi

Tüm istasyonlardan elde edilen ortalama deniz seviyesi genliğinin yıllararası değişimine bakıldığında uzun süreli ortalama maksimum ve ortalama minimum değerlerinde 36.5 cm’lik bir genlik ortaya çıkar (Şekil 3). Ortalama, ortalama maksimum ve ortalama minimum zaman dizileri arasında bazı benzerlik ve farklılıklar bulunur. Ortalama maksimum ve minimum zaman dizileri ortalama deniz seviyesine paralel bir değişim gösterir ve her iki zaman dizisi ortalama deniz seviyesinin arttığı dönemde artarken azaldığı dönemde azalmıştır. Her üç zaman dizisi de istatistiksel açıdan anlamlı artış eğilimleri gösterir. Ancak seriler arasında ortalama maksimum ve minimumların en yüksek ve en düşük seviyelerine ulaştıkları dönemler ortalama deniz seviyesinden bazı farklılıklar gösterir. Ortalama deniz seviyesi 1976



ve 1992 yıllarında en düşük seviyesine ulaşmışken, ortalama minimumlarda en düşük seviyeye 1989 ve 1992 yıllarında, en yüksek seviyesine 1999 ve 2009 yıllarında ulaşmıştır. Buna karşılık ortalama maksimumlarda ise en yüksek seviye 1981 ve 2009 yıllarında gerçekleşmiştir. Aynı zamanda ortalama minimumda değişkenlik ortalama maksimum ve ortalama göre daha fazladır. Eğilimler açısından en yüksek eğilim ortalama maksimuma ait (+1.89 mm/yıl) iken ortalama minimum değerler en düşük eğilime (+1.36 mm/yıl) sahiptir.



**Şekil 3:** Doğu Akdeniz’de deniz seviyesi genliklerinin yıllararası değişimi (Kalın siyah çizgi, ortalama maksimum deniz seviyesini, beyaz çizgi ortalama deniz seviyesini, noktalı çizgi minimum deniz seviyesini ve kesikli çizgiler serilerdeki doğrusal eğilimleri gösterir).

Oluşturulmuş zaman dizileri arasındaki korelasyonlara bakıldığında ortalama deniz seviyesi ile sıcaklık değerlerinin yıllararası değişimlerinde 0.01 düzeyinde anlamlı pozitif korelasyon (0.611) görülürken, DSB ile anlamlı olmayan negatif korelasyon (-0.220), yağış değerleri ile de anlamlı olmayan zayıf bir pozitif korelasyon görülür. Uzun süreli eğilimleri açısından deniz seviyesi, sıcaklık ve DSB değerleri pozitif eğilimler gösterirken, yağış değerleri negatif bir eğilim gösterir. *K-W* türdeşlik sınamasına göre ortalama, ortalama maksimum ve ortalama minimum deniz seviyeleri ile sıcaklık dizleri türdeş olmama, DSB ve yağış dizleri türdeş olma özelliği gösterir. *M-K* sonuçlarına göre ise, türdeş olmama özelliğine sahip deniz seviyeleri ve sıcaklık dizleri istatistiksel açıdan anlamlı bir eğilim gösterirken, türdeş olan serilerde önemli bir eğilimin bulunmamaktadır (Tablo 2). İstatistiksel açıdan anlamlı eğilimlerden ortalama deniz seviyesinde 1.57 mm/yıl, sıcaklık değerleri ise 0.026 °C/yıl oranında bir artış görülür.

Öztürk, M.Z. (2011). Gel-git ölçüm istasyonu verilerine göre doğu Akdeniz’de deniz seviyesi değişimleri ve bu değişimlerin iklim elemanları ile ilişkileri: 1972-2009. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

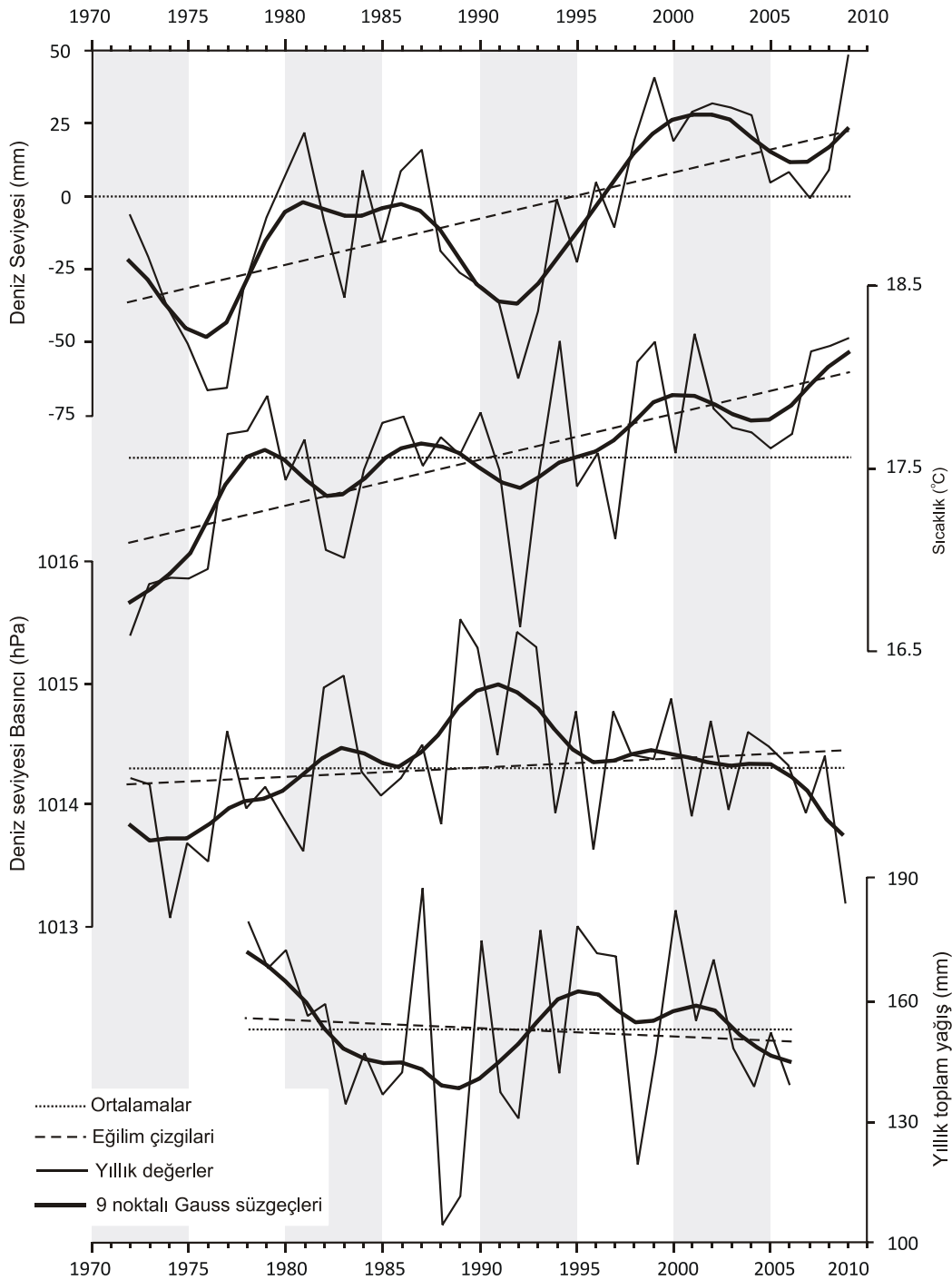
**Tablo 2:** Zaman dizlerine uygulanan *Kruskal-Wallis* ve *Mann-Kendall* analizlerinin sonuçları

	<i>Kruskal-Wallis</i>			Sonuç
	$X_k$	$\chi^2$ (%1)	$\chi^2$ (%5)	
Ortalama deniz seviyesi	22.88	15.08	11.07	Her iki seviyede de türdeş değil
Ortalama maksimum DS	21.39	15.08	11.07	Her iki seviyede de türdeş değil
Ortalama minimum DS	12.31	15.08	11.07	%1'e göre türdeş, %5'e göre türdeş değil
Ortalama hava sıcaklığı	12.99	15.08	11.07	%1'e göre türdeş, %5'e göre türdeş değil
Ortalama DSB	6.19	15.08	11.07	Türdeş
Toplam yağış	2.26	13.27	9.48	Türdeş
	<i>Mann-Kendall</i>			Sonuç
	$u(t)$	$F(z)$	$\alpha_1$	
Ortalama deniz seviyesi	3.48	0.99	0.000	Eğilim %1 anlamlılık seviyesinde anlamlı
Ortalama maksimum DS	4.32	1.00	0.000	Eğilim %1 anlamlılık seviyesinde anlamlı
Ortalama minimum DS	2.07	0.98	0.030	Eğilim %5 anlamlılık seviyesinde anlamlı
Ortalama hava sıcaklığı	3.76	0.99	0.000	Eğilim %1 anlamlılık seviyesinde anlamlı
Ortalama DSB	0.89	0.81	0.373	Eğilim anlamlı değil
Toplam yağış	-0.56	0.71	0.575	Eğilim anlamlı değil

Gel-git ölçüm istasyonları ve gridli klimatolojik verilerden elde edilen zaman dizlerinde belirli dönemler göze çarpar. Ortalama deniz seviyesinde 1976-1981 döneminde hızlı bir şekilde artış, 1981-1987 dönemi kuvvetli olmayan bir azalma, 1987-1992 kuvvetli bir azalma, 1992-1999 kuvvetli bir artış, 1999-2004 kuvvetli olmayan bir azalma, 2004-2007 kuvvetli bir azalma ve sonrasında tekrardan bir artış görülür. Bu dönemlere göre deniz seviyesi değişimi 6-8 yıllık döngülere sahiptir ve bu döngüsellik deniz seviyesi değişimlerinde düşük frekanslı bir dalgalanmaya yol açar. Sıcaklık değerlerinde, 1972-1979 ve 1992-2009 dönemleri artış eğilimlerinin olduğu, 1979-1991 dönemi ise, belirgin bir eğilimin bulunmadığı dönemler olduğu görülür. Bunun yanında sıcaklıkta deniz seviyesine göre daha yüksek frekanslı bir dalgalanma egemendir. DSB’de 1991 yılına kadar bir artış, 1991’den sonra ise bir azalma şeklinde iki belirgin dönem egemendir. Yağış değerlerinde ise, 1972-1988 dönemi kuvvetli bir azalma, 1989-1995 kuvvetli bir artış, 1996-2009 döneminde ise kuvvetli bir azalma yaşanmıştır (Şekil 4). Bu eğilimlerin yanı sıra 1976-1977, 1992 yılları ortalama deniz seviyesinin minimuma indiği, 1981-1999 ve 2001 yılları ise ortalama deniz seviyesinin maksimuma çıktığı yıllardır. Ortalama deniz seviyesinin en düşük seviyesine ulaştığı yıllarda sıcaklık değerleri minimuma düşerken, basınç değerleri yüksek değerlere ulaşır. Ortalama deniz seviyesinin en yüksek seviyelerine ulaştığında ise, bu durumun tersi yaşanır. Elde edilen değerler ve oluşturulan grafiklere göre, 1989-1991 dönemine kadar deniz seviyeleri yükselen DSB’leri ve önemli bir eğilim göstermeyen sıcaklık değerlerinin kontrolü altındadır. Bu

Öztürk, M.Z. (2011). Gel-git ölçüm istasyonu verilerine göre doğu Akdeniz’de deniz seviyesi değişimleri ve bu değişimlerin iklim elemanları ile ilişkileri: 1972-2009. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

dönemden sonra DSB’lerinin düşmesi ve sıcaklıkların artması ile deniz seviyelerinde önemli bir artış meydana gelir. Böylece deniz seviyeleri ile DSB’ler arasında negatif, sıcaklık ile pozitif bir ilişkinin olduğu görülür. Artan DSB’lerine düşen sıcaklıkların ya da düşen DSB’lerine yükselen sıcaklıkların eklenmesi deniz seviyelerinde kuvvetli eğilimlere yol açarken yağış ve deniz seviyeleri arasında ise önemli bir bağlantı bulunmamaktadır.



**Şekil 4:** Deniz seviyesi, sıcaklık, DSB ve yağış değerlerinin yıllararası değişimi

## Tartışma

1972-2009 yılları arası 11 gel-git ölçüm istasyonu ve gridli klimatolojik verilerine göre yapılan analizler sonucunda doğu Akdeniz’in deniz seviyesi ve sıcaklık dizilerinde istatistiksel açıdan anlamlı artış eğilimleri vardır. Bu eğilimlerin oranları ortalama deniz seviyesinde 1.57 mm/yıl, ortalama maksimum deniz seviyesinde 1.89 mm/yıl, ortalama minimum deniz seviyesinde 1.36 mm/yıl, sıcaklık değerlerinde ise, 0.026 °C/yıl’dır.

Uzun süreli ortalama aylık deniz seviyesi değerlerinin değişimleri sıcaklık ile istatistiksel açıdan anlamlı ve pozitif, DSB ve yağış değerleri ise istatistiksel açıdan anlamlı negatif korelasyonlar görülür. Yıllararası deniz seviyesi değerlerinde ise, sıcaklık ile istatistiksel açıdan anlamlı pozitif korelasyon görülürken, DSB ve yağış değerleri ile önemli bir korelasyon görülmez. Bu sonuçlara göre deniz seviyesi değişimi başta sıcaklık ve DSB’nin kontrolü altındadır ve deniz seviyesi değişkenliği üzerinde yağış etkisi çok azdır.

Ortalama deniz seviyesinde 6-8 yıllık dönersellikler bulunur. Bu dönemlerin yanı sıra 1989-1991 dönemine kadar deniz seviyeleri yükselen DSB’leri ve önemli bir eğilim göstermeyen sıcaklık değerlerinin kontrolü altındadır. 1991-2009 döneminde ise, düşen DSB’lerinin ve yükselen sıcaklıkların kontrolü altında deniz seviyelerinde önemli bir artış görülür. Bu durum Marcos ve Tsimplis (2008) ile Klein ve Lichter (2009) ile uyumludur. Böylece DSB’lerindeki artışın deniz seviyelerinde azalışa, azalmanın ise artışa yol açtığı, sıcaklıklarda ise, azalmanın deniz seviyelerinde azalmaya, artışın deniz seviyelerinde artışa yol açtığı görülür. Artan DSB’lerine düşen sıcaklıkların ya da düşen DSB’lerine yükselen sıcaklıkların eklenmesi deniz seviyelerinde kuvvetli eğilimlere yol açarken, yağış ve deniz seviyeleri arasında önemli bir bağlantı bulunmamaktadır. Bununla birlikte Simav vd. (2008)’inde belirtildiği gibi 1999 yılında deniz seviyesinde önemli bir artışın yaşandığı yıldır.

Gel-git ölçüm istasyonlarının uzun süreli aylık ortalama değerlerine göre, deniz seviyesinde en yüksek değere Ağustos, en düşük değere Mart ayında ulaşılır. Simav vd. (2008)’nin uydu altimetre verilerini kullanarak 1992-2005 dönemi için yaptıkları çalışmalarına göre ise, en yüksek değere Ekim-Kasım aylarında, en düşük değere Mart-Nisan aylarında ulaşıldığını vurgulanmıştır. Bu açıdan, gel-git ölçüm istasyonu verileri ile uydu verilere arasında özellikle deniz seviyesinin maksimuma ulaştığı dönem farklılık gösterir.

Doğu Akdeniz, Akdeniz’de tuzluluğun en fazla olduğu alandır. Gerçekleşen sıcaklık artışı ile beraber tuzluluğun da artması ve bu durumun deniz seviyesi üzerinde etkili olması

Öztürk, M.Z. (2011). Gel-git ölçüm istasyonu verilerine göre doğu Akdeniz’de deniz seviyesi değişimleri ve bu değişimlerin iklim elemanları ile ilişkileri: 1972-2009. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

---

beklenebilir. Örneğin Bethoux ve Gentili (1994) 30 yıllık dönem içerisinde batı havzasında derin su kütlelerinde tuzluluk ve sıcaklık koşullarında artış olduğunu vurgulamışlardır.

Küresel ölçekte okyanus sularının ısınmasına bağlı olarak yaşanan hacimsel genişlemeye sonucunda okyanuslardaki su seviyesi yükselmektedir. Yükselen okyanus suları Cebelitarık Boğazı’ndan Akdeniz’e giren su miktarının da artmasına neden olabilir. Yani okyanuslarda yaşanan deniz seviyesi artışı Akdeniz’in de deniz seviyesi artışına katkıda bulunabilir. Bunun yanında sıcaklık artışı gibi Akdeniz’in kendi iç dinamiklerinin de deniz seviyesine katkıda bulunması Akdeniz’de güçlü bir deniz seviyesi artışının devam etmesine neden olabilir. Bu durum Kuleli vd. (2009) ve Kuleli (2010)’nin belirttikleri gibi, başta Akdeniz kıyılarımız olmak üzere tüm kıyılarımız deniz seviyesi yükseliminden önemli derecede etkilenebilir.

## **Sonuçlar**

Uzun süreli ortalama aylık değerlere göre, yıl içerisinde 14.9 cm’lik, yıllararası ortama maksimum ve ortalama minimum değerlerine göre 36.5 cm’lik bir deniz seviyesi genliği görülür. Yıl içerisinde en yüksek deniz seviyesine Ağustos, en düşük seviyeye ise Mart ayında ulaşılır. Yıllar arası ortalama deniz seviyesi değerlerine göre ise, en yüksek değerlere 1999 ve 2009 yıllarında, en düşük değerlere 1976 ve 1992 yıllarında ulaşılmıştır. Ortalama deniz seviyesinde genel olarak 6 yıllık dönemselliklere karşın, 1991 öncesinde düşük sıcaklık ve yüksek basınç koşullarının, 1991 sonrasında ise yüksek sıcaklık ve düşük basınç koşullarının deniz seviyesi üzerinde etkili olduğu iki belirgin dönem yaşanmıştır.

Zaman serilerine uygulanan M-K analizine göre deniz seviyesi ve sıcaklık dizilerinde istatistiksel açıdan anlamlı artış eğilimleri vardır. Bu eğilimlerin oranları ortalama deniz seviyesinde 1.57 mm/yıl, ortalama maksimum deniz seviyesinde 1.89 mm/yıl, ortalama minimum deniz seviyesinde 1.36 mm/yıl, sıcaklık değerlerinde ise, 0.026 °C/yıl’dır.

Hem uzun süreli aylık ortalama değerlere hem de zaman dizisi analizlerine göre deniz seviyesi sıcaklık ve basınç koşullarının kontrolü altındadır ve yağışın deniz seviyesi değişimleri üzerinde önemli bir etkisi yoktur.

## **Teşekkür**

Çalışmanın yayına hazırlanması sırasındaki önemli katkılarından dolayı Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ, Doç. Dr. A. Evren ERGİNAL ve Gökhan ALTAN’a teşekkür ederim.

Öztürk, M.Z. (2011). Gel-git ölçüm istasyonu verilerine göre doğu Akdeniz’de deniz seviyesi değişimleri ve bu değişimlerin iklim elemanları ile ilişkileri: 1972-2009. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

## Kaynakça

- Bethoux, J.P. ve Gentili, B. (1994). The Mediterranean Sea, a test area for marine and climatic interactions, in Malanotte-Rizzoli, P. ve Robinson, A.R. (eds) *Ocean Processes in Climate Dynamics: Global and Mediterranean Examples*, s. 239–254, Kluwer Academic, Dordrecht.
- Cabanes, C., Cazenave, A., ve Provost C.L. (2001). Sea level rise during past 40 years determined from satellite and in situ observations, *Science*, 294, s. 840– 842.
- Cazenave, A., Bonnefond, P., Mercier, F., Dominh, K., ve Toumazou, V. (2002). Sea level variations in the Mediterranean Sea and Black Sea from satellite altimetry and tide gauges, *Global and Planetary Change*, 34, s. 59–86.
- Cazenave, A., Dominh, K., Brossier, C., Gennero, M.C., Bonnefond, P., Barlier, F. ve Exertier, P. (1998). Mean sea level investigation at global and regional scales from Topex/Poseidon, *Aviso Newsletter*, 6 (<http://www.aviso.oceanobs.com/fileadmin/documents/kiosque/newsletter>).
- Cazenave, A ve Nerem, R.S. (2004). Present-day sea level change: observations and causes, *Reviews of Geophysics*, 42, s. 1-20.
- Harding, A. E., Palutikof, J. ve Holt, T. (2009). The climate system, in J. C. Woodward (ed.), *The Physical Geography of the Mediterranean*. Oxford University Press, Oxford, s.69–88.
- IPCC (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Houghton, J.T., vd, ed.). Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers*-Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC Secretariat, WMO, Geneva.
- Klein, M. ve Lichter, M. (2009). Statistical analysis of recent Mediterranean Sea-level data. *Geomorphology*, 107, s. 3-9.
- Kuleli, T. (2010). City-based risk assessment of sea level rise using topographic and census data for the Turkish coastal zone, *Estuaries and Coasts*, 33, s. 640–651.
- Kuleli, T., Şenkal, O. ve Erdem, M. (2009). National assessment of sea level rise using topographic and census data for Turkish coastal zone, *Environ Monit Assess*, 156, s. 425–434.
- Marcos, M. ve Tsimplis, M.N. (2008). Coastal sea level trends in Southern Europe *Geophysical Journal International*, 175, s. 70–82.
- Nerem, R., Leuliette, E. ve Cazenave, A. (2006). Present-day sea-level change: A review, *Comptes Rendus Geosciences*, 338, s.1077-1083.
- NOAA. (2011). National Oceanic and Atmospheric Administration, Earth System Research Laboratory (<http://www.esrl.noaa.gov> - 20.02.2011).
- PSMSL (2011). Permanent Service for Mean Sea Level (<http://www.psmsl.org> -15.02.2011).

Öztürk, M.Z. (2011). Gel-git ölçüm istasyonu verilerine göre doğu Akdeniz’de deniz seviyesi değişimleri ve bu değişimlerin iklim elemanları ile ilişkileri: 1972-2009. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

---

Robinson, A.R, Leslie, W.G., Theocharis, A. ve Lascaratos, A. (2001). Mediterranean Sea Circulation. in Steele, J.H., Thorpe,S.A., Turekian, K.K. *Encyclopedia of Ocean Sciences*, Academic Press, 1689-1706.

Rohling, E.J., Abu-Zied, R.H., Casford, J.S.L., Hayes, A. ve Hoogakker, B.A.A. (2009). The marine environment: present and past, in J. C. Woodward (ed.), *The Physical Geography of the Mediterranean*. Oxford University Press, Oxford, s. 33–67.

Shirman, B. (2003). East Mediterranean sea level changes over the period 1958–2001. *Israel Journal of Earth Sciences*. 53, s.1–12.

Simav, M., Yıldız, H. ve Arslan, E. (2008). Doğu Akdeniz’de uydu altimetre verileri ile deniz seviyesi değişimlerinin araştırılması. *Harita Dergisi*, 139, s. 1-31.

Sneyers, R. (1990). *On the Statistical Analysis of Series of Observations*. World Meteorological Organization (WMO), Technical Note, No. 143, Geneva.

Türkeş, M. (1995). Türkiye’de yıllık ortalama hava sıcaklıklarındaki değişimlerin ve eğilimlerin iklim değişikliği açısından analizi. *Çevre ve Mühendis*, 9, s. 9-15.

Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Demir, İ. (2002). Re-evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929-1999. *International Journal of Climatology* 22, s.947-977.

Türkeş, M. ve Sümer, U.M. (2004). Spatial and temporal patterns of trends and variability in diurnal temperature ranges of Turkey. *Theoretical and Applied Climatology* 77, s.195-227.

Wainwright, J. ve Thornes, J.B. (2004). *Environmental Issues in the Mediterranean, Processes and perspectives from the past and present*. 479 s. Routledge, New York.

Woodworth, P.L., Rickards, L.J. ve Perez, B. (2009). A survey of European sea level infrastructure, *Natural Hazards Earth System Sciences*, 9, s. 927–934.