

Karadeniz Türkiye Kıyılarının Meteorolojik Yönden Değerlendirilmesi

Abdullah Metin ÇAKIROĞLU¹ Necati Kunter CEVHER² Ertuğrul AĞIRBAŞ^{3*}

¹*İstanbul Meteoroloji İstasyonu, İstanbul, Türkiye*

²*Dalaman Uluslararası Havaalanı Meteoroloji İstasyonu, Muğla, Türkiye*

³*Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı, Rize, Türkiye*

Öz: Meteorolojik parametrelerin aylık ve yıllık ortalamalar halinde takip edilmesi denizel ekosistemlerin dinamiklerinin ve yapısının anlaşılmasında son derece önemlidir. Bu nedenle hava ve deniz suyu yüzey sıcaklığı (SST), yağış miktarı, güneşlenme süresi, rüzgâr hızı ve iklimsel indeksler (Kuzey Atlantik Salınım İndeksi, NAO) gibi meteorolojik parametreler uzun dönemli (40 yıl) olarak analiz edilerek Karadeniz'in Türkiye kıyıları meteorolojik yönden değerlendirilmeye çalışılmıştır. Analizler sonucunda deniz suyu yüzey sıcaklığı her iki havzada artış eğiliminde olmasına rağmen, istatistiki olarak Batı Havza 0.02°C (P<0.01)'lik bir artış göstermiştir. Uzun dönemli hava sıcaklığı verileri her iki havzada da (Batı Havza= 0.03°C, P<0.05; Doğu Havza= 0.03°C, P<0.05) istatistiki olarak artış göstermiştir. Yıllara göre yağış miktarı istatistiki olarak önemli bir değişim göstermezken ortalama rüzgâr hızı önemli değişimler göstermiştir (Batı Havza = 0.02 m/s, P<0.01; Doğu Havza = -0.03 m/s, P<0.01). Parametrelerin NAO indeksi ile yapılan korelasyon analizlerinde özellikle deniz suyu sıcaklığı ve hava sıcaklığı ile pozitif ilişki sergilediği tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Karadeniz, Sıcaklık, Rüzgâr, NAO

^[*] Bu çalışma 17. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumunda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

The meteorological Investigation of Turkish coasts of the Black Sea

Abstract: Monitoring the meteorological parameters monthly and yearly is crucial in understanding the dynamics and structure of marine ecosystems. For this reason, meteorological parameters such as air and sea surface temperature (SST), amount of precipitation, duration of sunshine, wind speed and climatic indices (North Atlantic Oscillation Index, NAO) were analyzed in order to assess long term (40 years) meteorological changes. As a result, western basin statistically revealed an increase of 0.02 °C (P <0.01), although the sea surface temperature was trending up in both basins although the sea surface temperature tended to increase in both basins. Long-term data showed that air temperature increases were statistically significant in both basins (Western Waters = 0.03 °C, P <0.05; Eastern Waters = 0.03 °C, P <0.05). There was a significant change in precipitation amount statistically over the years. The mean wind speed showed significant changes (Western Basin = 0.02 m/s, P <0.01; Eastern Basin = -0.03 m/s, P <0.01). It was determined that the parameters are correlated positively with sea surface temperature and air temperature especially in the correlation analysis with NAO index.

Keywords: Black Sea, Temperature, Wind, NAO

^[*] This work was presented as an oral presentation at the 17th National Aquaculture Symposium.

GİRİŞ

Karadeniz; yüzey alanı 4.2 x 10⁵ km² ve hacmi 5.3 x 10⁵ km³ olan, 40°- 46°N enlemleri ile 27°- 41°E boylamları arasında bulunan yarı kapalı bir iç denizdir. Güneybatıda Türk Boğazları Sisteminin olanak verdiği miktarda dünya denizleriyle bağlantısı bulunur. Bu kısıtlı su değişimi, sadece yüzeyden 150 m derinliğe kadar (toplam hacmin % 15'i) oksijen içeren, daha derinde ise hidrojen sülfür bulunduran neredeyse tamamı oksijensiz bir ortamın oluşmasına yol açar. Karadeniz'i diğer denizlerden farklı kılan en önemli özelliği, oksijenli yüzey tabakalarının altında yer alan ve basenin derinlerine doğru inildikçe artış gösteren, yüksek derişimde hidrojen sülfür (H₂S) içermesidir (Yılmaz, 2002). Bu yapısı ile Karadeniz dünya üzerindeki en büyük anoksik basen olma özelliğine de sahiptir (Mee, 1992; Tuğrul ve ark., 1992).

Geçmişte yapılan ve günümüzde uydu analizleri ile detaylı oşinografik çalışmaların sonucunda desteklenip geliştirilen incelemeler neticesinde, siklonik bir sınır akıntısı Karadeniz'in genelindeki dolaşımın ana özelliğidir (Oğuz ve ark., 1993). Bu temel dolaşım sistemi; merkezi kısmı işgal eden, siklonik, iki veya üç hücreli bulunan, bunların çevresi boyunca bir dizi antisiklonik girdapları ve basenin en doğu köşesinde yer alan bir antisiklonik dolaşımı (Batım Girdabı) içeren karmaşık bir sistemdir. Bunun yanında İstanbul Boğazının batısında, Sinop'un doğusunda ve Kırım yarımadasının her iki tarafında, sınır akıntısının kıyılarında bulunan çeşitli antisiklonik girdaplar gözlenmiştir (Oğuz ve ark., 1993).

Karadeniz, kış döneminde Avrupa'dan gelen alçak basınç sistemi ile Sibirya üzerinden gelen yüksek basınç sisteminin etkisi altında

kalmaktadır. Yazları ise Kuzey Afrika ve Basra'dan gelen yüksek basınç sisteminden etkilenmektedir. Bu sistemler, hem yaz hem de kış süresince batıdan doğuya doğru bir hava akımı oluşturmaktadır (Sen, 1988). Karadeniz üzerindeki hava sıcaklıklarının daha tekdüze bir dağılım sergilediği yaz mevsimi ise genelde ılıman geçer. Hava sıcaklığı Ekim ve Kasım aylarında aniden düşer ve Ocak-Şubat aylarında en düşük seviyelere ulaşır. Kışın, hava sıcaklığının kuzey-güney yönündeki değişim hızı çok yüksektir. Günlük ortalama sıcaklık, Güney Karadeniz'de yaklaşık 8°C değerine kadar düşebilirken özellikle Tuna nehri ve Kırım Yarımadası arasındaki kuzey bölgelerde sıfırın altına kadar inebilmektedir. Karadeniz ılıman ve tropik bölgeler arasında geçiş oluşturur. Hava sıcaklıkları termal denge ve atmosferik çevrimlere bağlı olarak mevsimlere ve yöreye göre değişir. En düşük yıllık ortalama sıcaklıklar kuzeyde 9,9°C (minimum – 28°C), en yüksek yıllık ortalama sıcaklıklar güneyde 14,5°C (maksimum 40°C)'dir.

Karadeniz'de yüzey suyu sıcaklığı da mevsimsel ve yerel değişimler gösterir. Kışın (Şubat-Mart) su sıcaklığı Karadeniz ortalaması olarak 6-7°C'ye kadar düşerken; güney kesimlerinde 8-9°C, kuzey kesimlerinde ise 2-3°C'dir. Tuzluluğun da düşük olması nedeniyle kışın Odessa körfezi ve Azak Denizi'nde sular donmaktadır. Buz kütleleri bazı yıllarda (1929 ve 1954) İstanbul Boğazı'na kadar ulaşmıştır. Yaz aylarında (Temmuz-Ağustos) ise ortalama 20-22°C olan yüzey suyu sıcaklığı, doğu ve güney kıyılarında 24 25°C ye kadar yükselmektedir (Oğuz ve ark., 1991).

Karadeniz'de etkin bir rüzgardan söz etmek güçtür. Ancak büyük oranda kuzeyli rüzgarların etkinliği görülmektedir. Kış aylarında kıyı kesiminde kuzeyli rüzgarlar kadar güneyli rüzgarlar da etkindir. Ancak yaz

aylarında kuzeyli zayıf rüzgarlar daha çok görülür. Bahar aylarında ise rüzgar yönleri kararsızdır. Yıllık ortalama rüzgar hızı kıyı kesimlerinde 7 m/sn'yi geçmez. Türkiye kıyılarında en şiddetli rüzgarın 40 m/sn'yi aştığı görülmüştür. Karadeniz'de kış aylarındaki rüzgar koşulları değişkenlik gösterir. Hakim rüzgar yönü, Batı Karadeniz'de Kuzey-Kuzeydoğu iken Basenin doğusunda güneyden esen rüzgarlar hakim durumdadır. Kış mevsiminde güçlü rüzgarlar sıklıkla Kuzeybatıdan eser (Doğan ve ark., 1996).

Işık ve güneşlenme süresi, fotosentez hızını ve miktarını ve dolayısıyla primer üretkenliği etkileyen en önemli faktördür (Kirk., 1994). Karadeniz'de su kolonunun ışık geçirgenliğinde 1990'lı yıllarda önemli düzeyde değişimler gözlenmiştir. 1920-1980 yılları arasında Seki disk derinliği 20-21 m den 15-16 m gibi değerlere çok yavaş bir hızla azalırken 1990'lı yıllarda 15 m'nin üzerinde Seki disk derinliğine Karadeniz'in hiç bir noktasında rastlanmamış ve ortalama değerlerin 1990-1993 aralığında 6-10 m seviyesine düştüğü gözlenmiştir (Mankovsky ve diğ., 1998).

Bu çalışma ile Karadeniz'in Türkiye kıyılarının meteorolojik analizi yapılarak uzun dönemli değişimlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada Karadeniz'in Türkiye kıyılarından seçilen ve bölgenin iklimsel özelliklerini temsil edeceği düşünülen 7 ayrı noktadaki meteoroloji gözlem istasyonlarından elde edilen geçmiş yıllara ait (1970-2010); ortalama hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), deniz suyu sıcaklığı (SST: Sea Surface Temperature, $^{\circ}\text{C}$), ortalama yağış miktarı (mm), ortalama rüzgar hızı ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) ve güneşlenme süresi (saat) gibi meteorolojik parametreler kullanılarak Karadeniz'in meteorolojik yönden uzun dönemli değerlendirilmesi yapılmıştır.

Karadeniz'in kıyı şeridinde bulunan sırasıyla batıdan doğuya doğru; Kumköy meteoroloji istasyon müdürlüğü, Amasra meteoroloji istasyon müdürlüğü, İnebolu meteoroloji istasyon müdürlüğü, Sinop meteoroloji istasyon müdürlüğü, Ordu meteoroloji istasyon müdürlüğü, Giresun meteoroloji istasyon müdürlüğü ve Hopa meteoroloji istasyon müdürlüklerince ölçülmüş geçmiş yıllara ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Çalışma alanı Şekil 1'de gösterilmiştir.

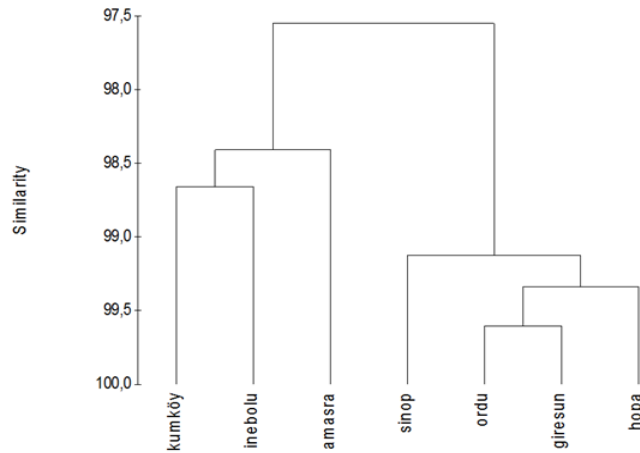


Şekil 1. Çalışma bölgesi ve örnekleme noktaları (Google Earth).

Figure 1. Study area with sampling locations (Google Earth).

Belirlenen istasyonlara ait meteorolojik veriler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından üretilen gözlem, sayısal hava tahmin modeli, radar, uydu verileri ile diğer meteorolojik verilerin kalite kontrol ve format dönüşümleri yapıldıktan sonra arşivlenerek, Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi (TUMAS) tarafından sağlanmıştır (<http://tumas.mgm.gov.tr/wps/portal/>). Grafikler ve istatistiksel analizler (tek yönlü varyans analizi (ANOVA), lineer regresyon) Sigma Plot 11.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanındaki Meteoroloji Gözlem İstasyonlarından alınan veriler doğrultusunda bir benzerlik analizi yapılmıştır (PRIMER 5). Bu analizler sonucunda Kumköy, İnebolu ve Amasra'dan alınan meteorolojik veriler kendi aralarında benzer iklimsel özellikler gösterirken; Sinop, Ordu, Giresun ve Hopa'dan alınan meteorolojik veriler ise kendi aralarında benzer iklimsel özellikleri göstermiştir. Yapılan benzerlik analizi sonucunda Karadeniz, iklimsel özelliklerine göre Batı ve Doğu Havzası olmak üzere iki farklı bölgeye ayrılmıştır (Şekil 2).

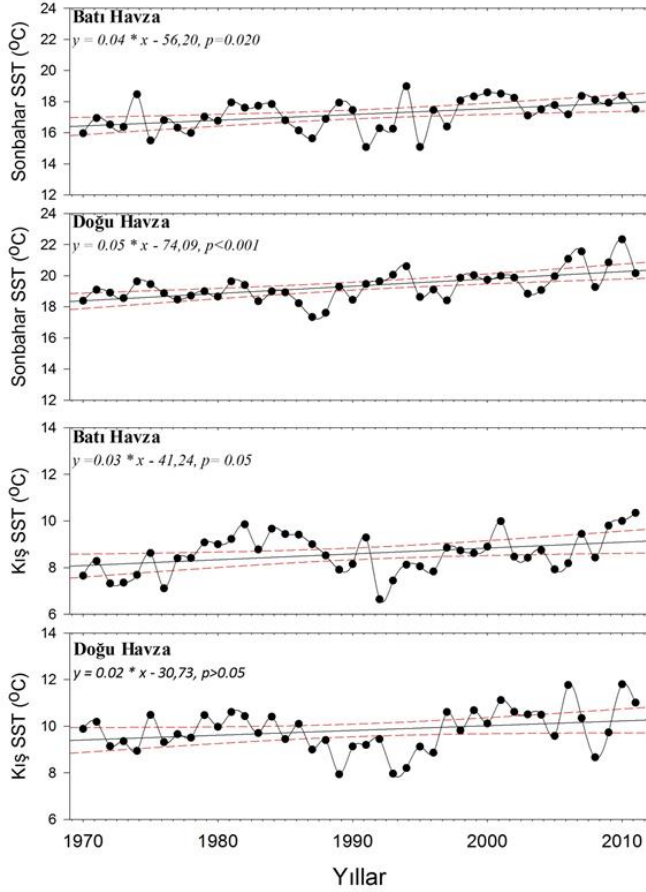


Şekil 2. Meteoroloji istasyonlarından alınan verilerin Bray-Curtis benzerlik analizi.

Figure 2. Bray-Curtis similarity analysis for the data obtained from meteorological stations.

BULGULAR

Deniz Suyu Sıcaklığı (SST): Uzun dönemli (40 yıl) SST analizleri istasyonlara ait deniz suyu sıcaklık değerlerinin mevsimsel ölçekte önemli ölçüde değiştiğini göstermiştir. İstasyonlar göz ardı edilip havza ölçeğinde bir değerlendirme yapıldığında Batı Havza yaz mevsimi hariç bütün mevsimlerde istatistiksel olarak önemli bir artış sergilemiştir (Şekil 3). Doğu Havza değerlendirildiğinde ise bu durumun daha farklı olduğu görülmektedir. Aksine ilkbahar ve yaz mevsimlerinde istatistikî açıdan önemli azalışlar sergilemiştir (Şekil 4).



Şekil 3. Sonbahar ve Kış mevsimi deniz suyu yüzey sıcaklığındaki yıllara göre değişimi.

Figure 3. Yearly changes in sea surface temperature in Autumn and Winter.

İstasyonlar ve mevsimler gözardı edilerek bir değerlendirme yapıldığında ise her iki havza da uzun dönemli olarak deniz suyu sıcaklığı artış göstermiştir (Şekil 5). İstatistikî bir değerlendirme yapıldığında ise sadece Batı Havza istatistikî olarak önemli bir artış sergilemiş ve bu değer yıllık 0.02° C dolaylarında gerçekleşmiştir.

Hava Sıcaklığı: Bu çalışmada deniz suyu sıcaklığının yanı sıra hava sıcaklığı da uzun dönemli olarak analiz edilmiştir. Deniz suyu sıcaklığını etkileyen en önemli parametrelerden biri de hava sıcaklığıdır. Genel olarak deniz suyu sıcaklığına paralel bir durum sergilemektedir. Uzun dönemli ortalama hava sıcaklığı her iki havza da istatistikî açıdan önemli artışlar kaydedilmiştir (Şekil 6).

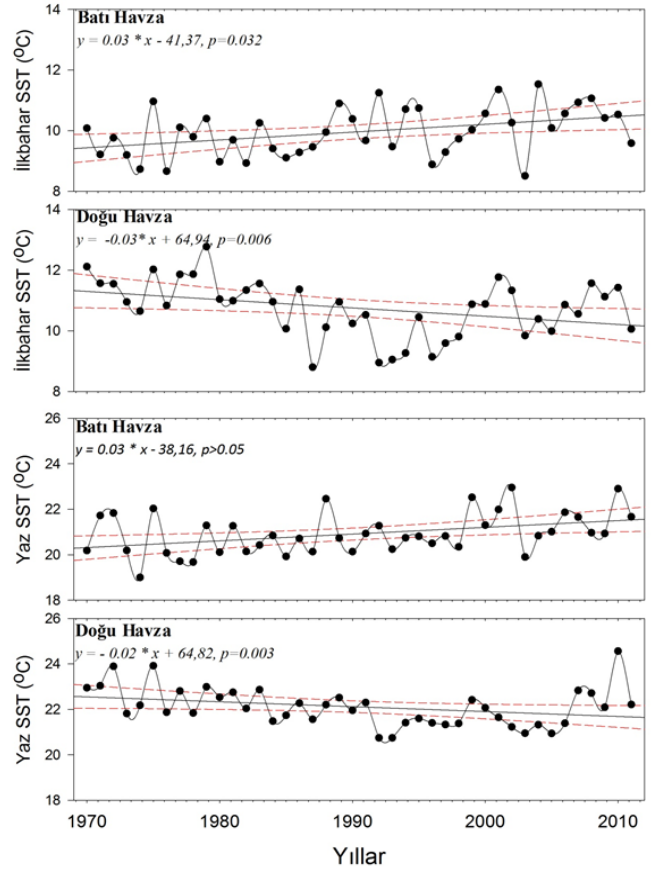
Yağış: Karadeniz'in meteorolojik yönden analizi için kullandığımız diğer parametre ise yağış miktarı verileridir. Uzun dönemli yağış verisi analiz edildiğinde son 40 yıl içerisinde yağış miktarında bir artış olduğu ancak bu artışın istatistik açıdan önemli olmadığı görülmüştür (Şekil 7)

Rüzgâr Hızı: Su içerisinde tabakalaşmayı ve karışmaları etkileyen önemli parametrelerden biri de rüzgâr ve rüzgâr hızıdır. Uzun dönemli rüzgâr hızı analizleri her iki havza da farklı bir eğilim sergilemiştir (Şekil 8). Batı Havzada rüzgâr hızı istatistikî olarak artış gösterirken aksine Doğu Havzada ise istatistikî olarak bir azalış sergilemiştir.

Güneşlenme Süresi: Güneşlenme süresi deniz suyunun ısınmasını ve aynı zamanda aydınlanmayı (ışık) da etkilediği için göz

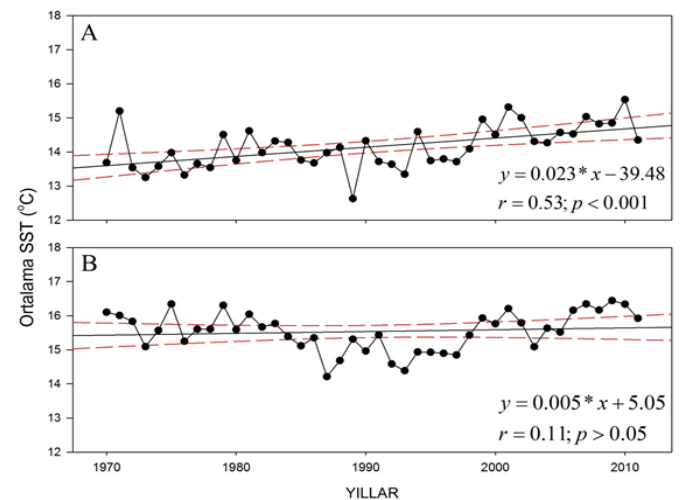
önünde bulundurulması gereken önemli meteorolojik parametrelerden biridir. Güneşlenme süresi aynı zamanda fotosentezi de etkilediğinden denizel ortamın verimliliğini de etkilemektedir.

Batı ve Doğu Havza mevsimsel açıdan değerlendirildiğinde havzalar arasında önemli farklılıklar dikkat çekmektedir (Şekil 9-10). Her iki havzada güneşlenme süresi bütün mevsimlerde artış gösterirken ilkbahar ve yaz mevsiminde doğu havzada güneşlenme süresi azalmıştır, ancak bu azalışın istatistikî açıdan önemli olmadığı görülmüştür. İstatistikî yönden artışlar ise sadece Batı Havzada ilkbahar ve yaz mevsimlerinde görüldükçe, Doğu Havzada ise sadece kış mevsiminde istatistikî artış gözlenmiştir.



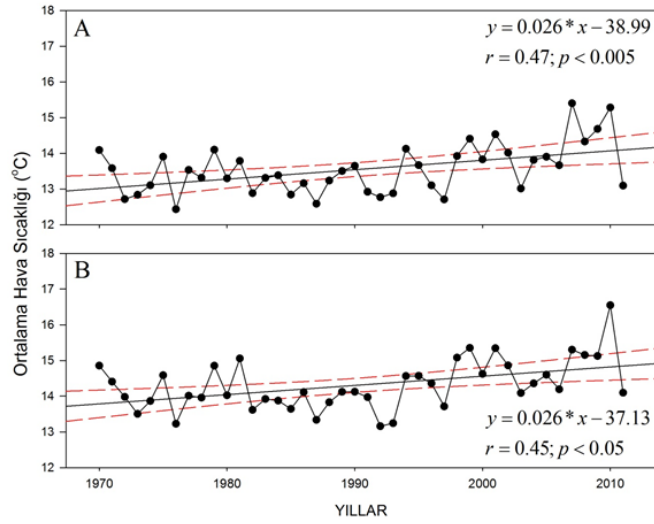
Şekil 4. İlkbahar ve Yaz mevsimi deniz suyu sıcaklığındaki yıllara göre değişim.

Figure 4. Yearly changes in sea surface temperature in Spring and Summer.



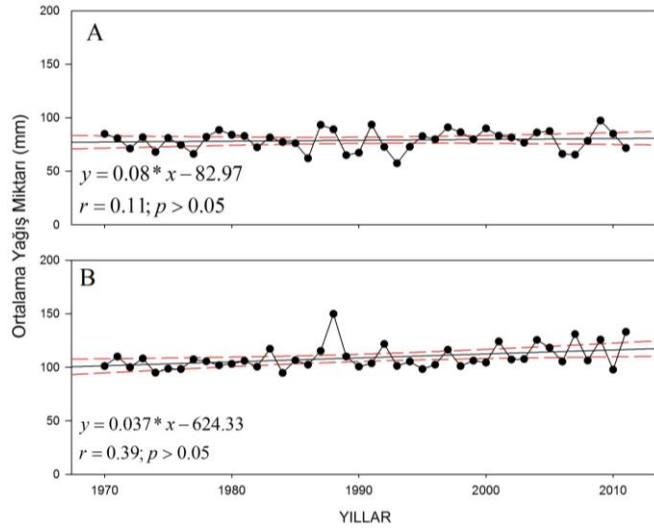
Şekil 5. Yıllara göre ortalama deniz suyu yüzey sıcaklığındaki değişim (A: Batı Havza, B: Doğu Havza).

Figure 5. Change in mean sea surface temperature by years (A: Western Basin, B: Eastern Basin).



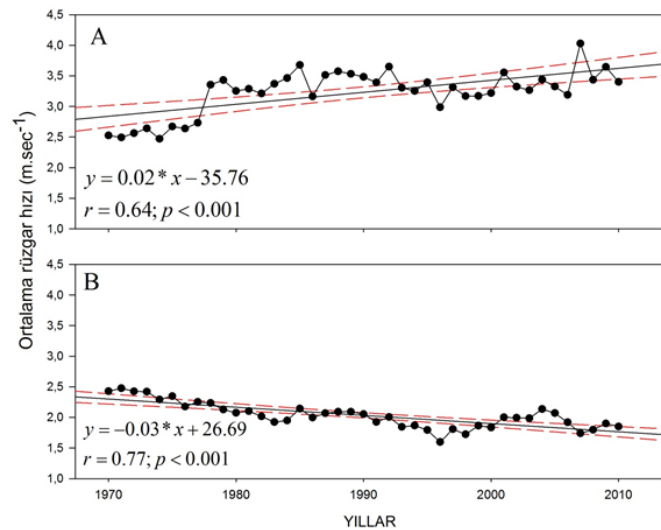
Şekil 6. Yıllara göre ortalama hava sıcaklığındaki değişim (A: Batı Havza, B: Doğu Havza).

Figure 6. Change in mean air temperature by years (A: Western Basin, B: Eastern Basin).



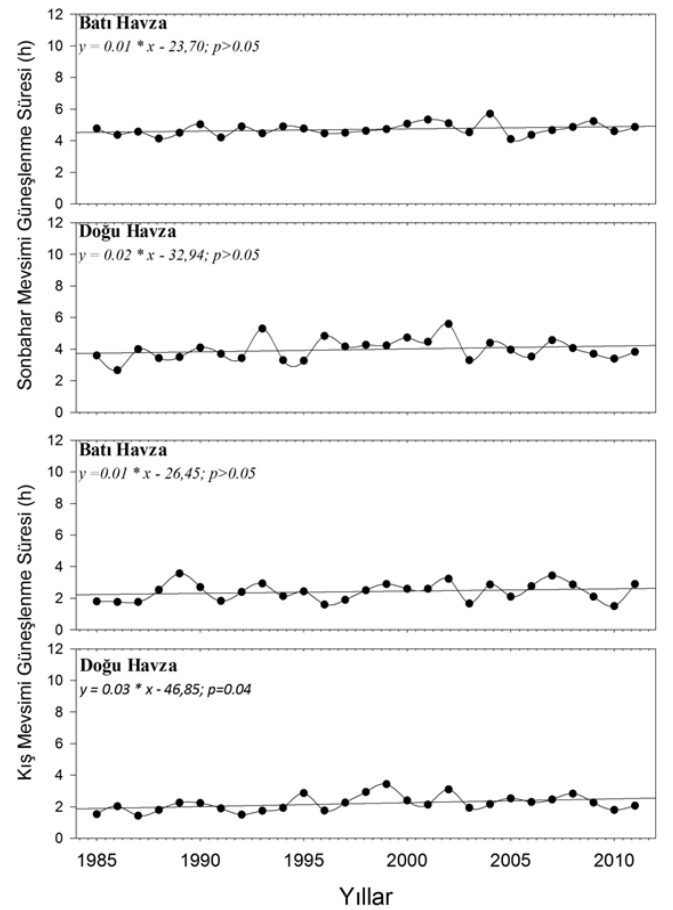
Şekil 7. Yıllara göre ortalama yağış miktarındaki değişim (A: Batı Havza, B: Doğu Havza).

Figure 7. Change in mean precipitation by years (A: Western Basin, B: Eastern Basin).



Şekil 8. Yıllara göre ortalama rüzgar hızındaki değişim (A: Batı Havza, B: Doğu Havza).

Figure 8. Change in mean wind speed by years (A: Western Basin, B: Eastern Basin).



Şekil 9. Sonbahar ve kış mevsimi yıllara göre güneşlenme süresi değişimi.

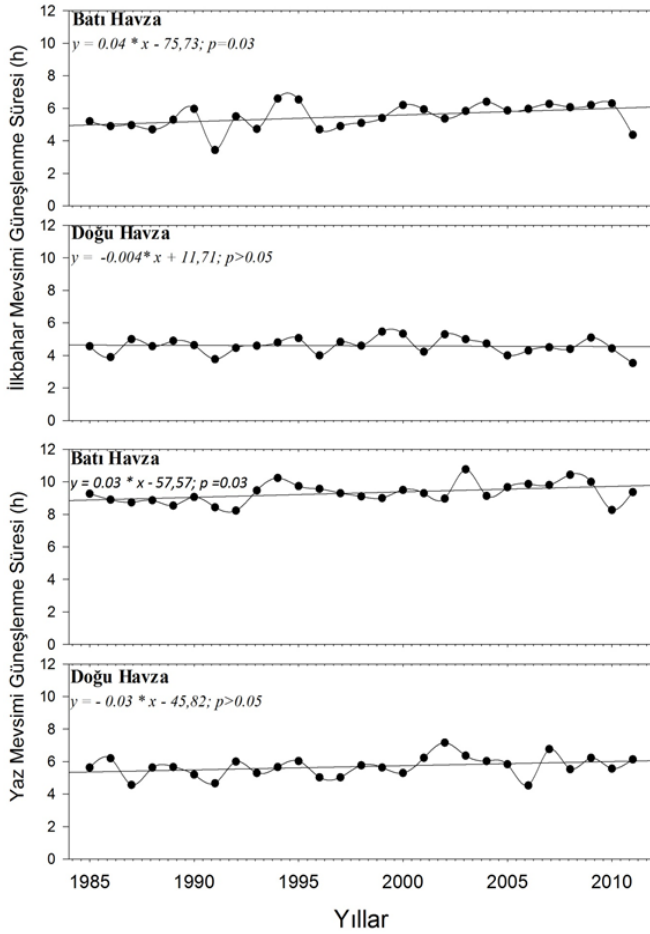
Figure 9. Change in amount of sunshine in autumn and winter.

Kuzey Atlantik Salınımı (NAO indeksi): Kuzey Atlantik Salınımı (NAO indeksi), Kuzey Atlantik'te 80B-30D boylamları ile 35K-65K enlemleri arasında normalleştirilmiş aylık deniz seviyesi basıncı (SLP) arasındaki fark olarak tanımlanan iklimsel bir indekstir (Li and Wang, 2003). 1970 ile 2010 yılları arasında Karadeniz'in Batı ve Doğu Havzasından alınan ortalama sıcaklık verilerinin, Kuzey Atlantik Salınım İndisiyle olan ilişkisi incelenmiştir (Şekil 11).

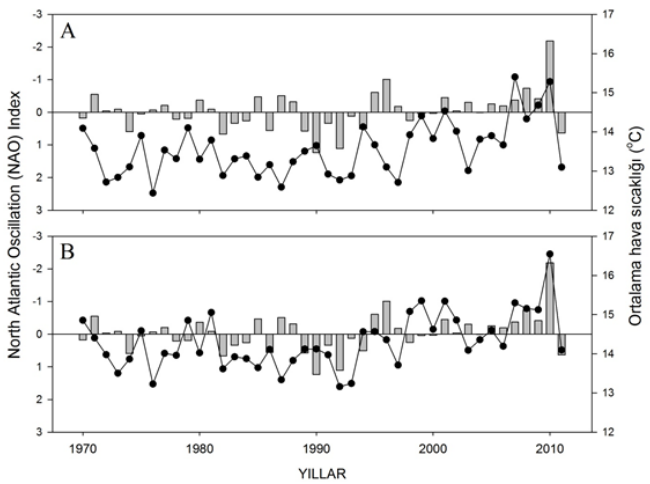
Karadeniz bölgesi Batı ve Doğu Havzalarında incelenen ortalama hava sıcaklıkları ile Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) arasında dönemsel olarak pozitif ilişki gözlenmiştir. Örneğin Karadeniz'in Batı ve Doğu Havzasında, Kuzey Atlantik Salınımı pozitif anomali indisi dönemlerinde, ortalama hava sıcaklığının arttığı, negatif anomali indisi dönemlerinde ise ortalama hava sıcaklığının azaldığı görülmektedir (Şekil 11). Ancak 2000'li yılların ortasından itibaren benzer pozitif bir ilişki gözlenmemiştir. Batı ve Doğu Havzalardaki ortalama hava sıcaklıklarının, Kuzey Atlantik Salınımı negatif anomali indisi dönemlerinde arttığı, pozitif anomali dönemlerinde ise azaldığı görülmektedir.

NAO indeksi ile ortalama yağış miktarı ilişkilendirildiğinde, Batı Havzada 2000'li yıllara kadar paralellik gösterdiği ve sonrasında negatif bir ilişki sergilediği görülmektedir (Şekil 12). Doğu Havza ise 90'lı yıllara kadar benzer bir eğilim sergilediği, 90'lı yılların sonuna kadar negatif ilişki gösterdiği ve 2000'li yıllardan sonra tekrar pozitif bir ilişki sergilemiştir.

NAO indeksi ile SST arasında ise daha düzensiz bir ilişki görülmektedir (Şekil 13). Batı Havzada 1980'li yılların sonuna kadar pozitif bir ilişki söz konusu iken, 1980'li yılların sonu ile 1990'lı yılların başından itibaren negatif ilişki görülmektedir. Doğu Havzada ise Batı Havzadaki gibi düzensiz ilişkiye paralel bir durum söz konusudur. 1990'lı yıllara kadar pozitif ilişki görülmektedir. Ancak 1990'lı yıllardan sonra negatif ilişki söz konusudur.



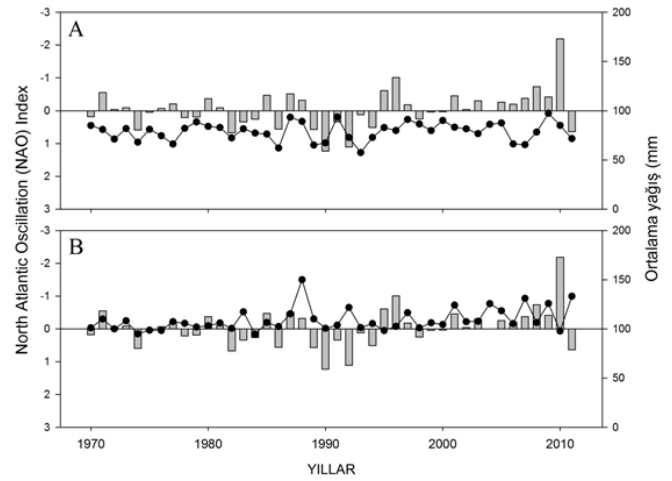
Şekil 10. İlkbahar ve yaz mevsimi yıllara göre güneşlenme süresi değişimi.
Figure 10. Change in amount of sunshine in spring and summer.



Şekil 11. Ortalama hava sıcaklığı ile Kuzey Atlantik Salınımı arasındaki ilişki (A: Batı Havza, B: Doğu Havza, Bar grafiği: NAO indeksi, Çizgi grafiği: Ortalama hava sıcaklığı).

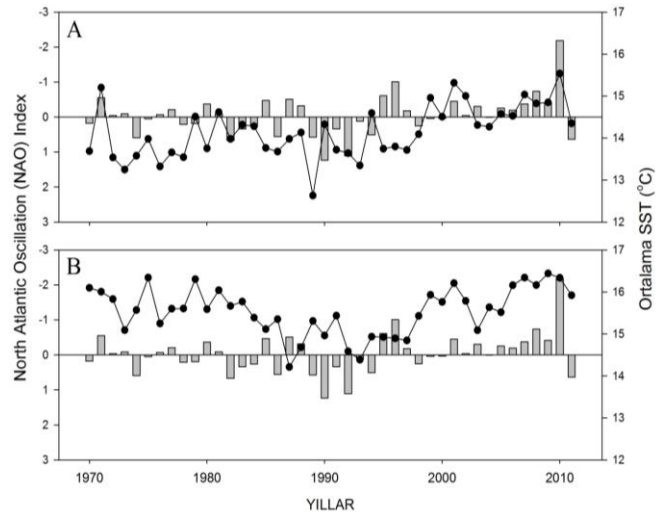
Figure 11. Correlation between mean air temperature and North Atlantic Oscillation Index (A: Western Basin, B: Eastern Basin, Bar graph: NAO index, Line graph: Mean air temperature).

NAO indeksi ile ortalama rüzgar hızı ilişkilendirildiğinde Batı Havzada 1990'lı yılların ortalarına kadar pozitif bir ilişki sergilediği, 1990'lı yılların ortalarından itibaren ise negatif ilişki sergilediği görülmektedir (Şekil 14). Doğu Havzada 1970-2010 yılları arasında ortalama rüzgar hızı ile NAO salınımı arasında negatif bir ilişki söz konusudur.



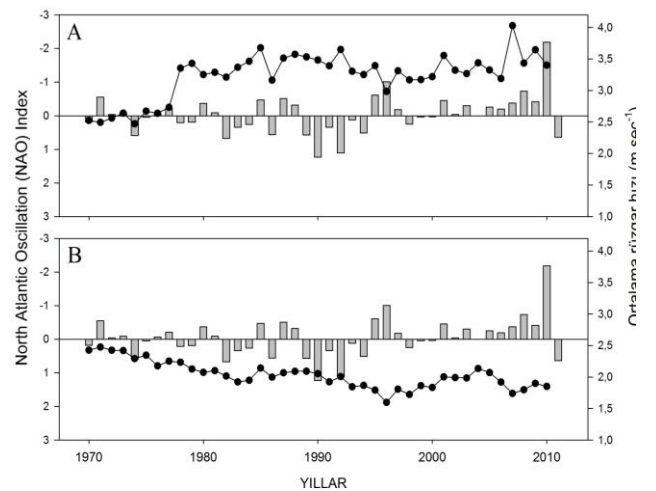
Şekil 12. Ortalama yağış miktarı ile Kuzey Atlantik Salınımı arasındaki ilişki (A: Batı Havza, B: Doğu Havza, Bar grafiği: NAO indeksi, Çizgi grafiği: Ortalama yağış).

Figure 12. Correlation between mean precipitation and North Atlantic Oscillation Index (A: Western Basin, B: Eastern Basin, Bar graph: NAO index, Line graph: mean precipitation).



Şekil 13. Ortalama deniz suyu yüzey sıcaklığı ile Kuzey Atlantik Salınımı arasındaki ilişki (A: Batı Havza, B: Doğu Havza, Bar grafiği: NAO indeksi, Çizgi grafiği: Ortalama deniz suyu sıcaklığı).

Figure 13. Correlation between mean sea surface temperature and North Atlantic Oscillation Index (A: Western Basin, B: Eastern Basin, Bar graph: NAO index, Line graph: mean sea surface temperature).



Şekil 14. Ortalama rüzgar hızı ile Kuzey Atlantik Salınımı arasındaki ilişki (A: Batı Havza, B: Doğu Havza, Bar grafiği: NAO indeksi, Çizgi grafiği: Ortalama rüzgar hızı).

Figure 14. Correlation between mean wind speed and North Atlantic Oscillation Index (A: Western Basin, B: Eastern Basin, Bar graph: NAO index, Line graph: mean wind speed).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Karadeniz'in üst yüzey tabakası dinamik bir yapıya sahip olup mevsimsel açıdan önemli değişimler göstermektedir. Bu dinamik yapı özellikle kıyısız bölgelerde kendini daha da göstermektedir (Sivri, 1999). Karadeniz'in deniz suyu yüzey sıcaklıkları mevsimsel olarak önemli salınımlar göstermektedir. Havaaların ısınmasına bağlı olarak ilkbahara doğru belirgin bir artışın ardından, Temmuz ve Ağustos aylarının yüzey suyu sıcaklıkları en yüksek değerlere ulaşır. Eylül ayında itibaren soğumaların başlamasıyla en düşük değerlere Ocak-Şubat aylarında ulaşır (Ivanov, 1985). Bu çalışma deniz suyu yüzey sıcaklığının Karadeniz'in Anadolu sahillerinde son 40 yıl içerisinde gerek mevsimsel ve gerekse havza ölçeğinde artış gösterdiğini ortaya koymuştur. İstatistikî olarak, deniz suyu yüzey sıcaklığı Batı Havzada yaklaşık olarak 0.02°C artmıştır ($p<0.01$). Benzer şekilde ortalama hava sıcaklığı da son 40 yıl içerisinde artış göstermiş (0.03°C) ve bu artışın istatistikî olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Diğer taraftan artış eğilimi içinde olan ortalama yağış miktarları ise son 40 yıl içerisinde istatistikî olarak önemli bir değişim göstermemiştir. Rüzgâr hızı istatistikî olarak önemli bir değişim gösterirken, her iki havza farklı yönde değişim göstermiştir. Batı havzada rüzgâr hızı son 40 yıl içerisinde istatistikî olarak artış sergilerken, doğu havzada istatistikî olarak azalmıştır ($p<0.01$). Güneşlenme süresindeki değişim ise sadece bazı mevsimlerde istatistikî olarak değişim göstermiştir. Batı havzada ilkbahar ve yaz mevsiminde istatistikî artış ($p<0.05$) gözlenirken, Doğu havzada ise sadece kış mevsiminde istatistikî olarak artış kaydedilmiştir ($p<0.05$).

Önceki çalışmalar, son on yılda Karadeniz için SST'nin ani bir şekilde arttığını (Oğuz, 2005; Alkan ve diğerleri, 2012), dolayısıyla bu çalışmada son 40 yılda tespit edilen ısınma eğiliminin sadece bölgesel olmadığı aynı zamanda global ölçekli bir ısınmanın bir parçası olduğunu ortaya koymaktadır. Kapalı denizler, açık denizlere kıyasla meteorolojik olaylara karşı daha hassastır. Sıcaklıktaki en ufak bir değişiklik bile ekosistem üzerinde büyük değişikliklere yol açtığından sistemin iklimsel değişime karşı daha hassas olduğunu göstermektedir (Anadon ve diğ., 2007). Ayrıca deniz suyundaki sıcaklık artışı, karışımları da etkilediği için alt bölgelerden üst verimli tabakaya nutrient girişini önemli oranda etkilemekte (Doney, 2006; Henson ve diğ., 2010) ve dolayısıyla balıkçılığı da ciddi manada etkilemektedir (Kideys, 1994). Bu çalışmadan elde edilme bulgular Karadeniz ekosisteminin değiştiğini ve meteorolojik değişimlere hassas olduğunu göstermektedir.

İklimsel bir indeks olan NAO indeks deniz suyu yüzey sıcaklığı ve rüzgâr ile dönemsiz uyumsuzluklar gözlenirken diğer parametrelerle genel bir uyum sergilemiştir. Bu durum son 40 yıl içerisinde Karadeniz'de gözlemlenen değişimlerin sadece bölgesel ölçekte değil aynı zamanda global ölçekte de olduğunu bir kanıtı durumundadır. Rüzgâr hızı su kolonunun dinamiğini etkilediği için düşük rüzgâr hızı tabakalı suların oluşumuna katkıda bulunur (McQuatters-Gollop ve diğ., 2008). Tabakalı bir yapı ise dikey karışımları engellerken beraberinde besin elementlerinin üst tabakalar girmesine mani olur (Edwards ve diğ., 2013). Özellikle, ilkbahar sonu ve yaz başlangıcında görülen zayıf rüzgârlar ısınmaya bağlı olarak termoklin tabakasının şekillenmesinde etkili olabilmektedir (Silkin ve diğ., 2013). Benzer şekilde, Karadeniz boyunca düşük rüzgâr hızının ısınmayla beraber tabakalı bir yapı oluşmasında need olduğu ve buna bağlı olarak fitoplankton bloom özelliklerinde değişimlere meydana getirdiği rapor edilmiştir (McQuatter-Gollop ve diğ., 2008).

Sonuç olarak, bu çalışma neticesinde elde edilen bulgular çalışma bölgesinde önemli değişimlerin olduğunu bir göstergesidir. Ancak bunu kesin olarak söyleyebilmek için bölgenin çok daha yönlü (multi-disipliner) olarak çalışması gerekliliği ortaya çıkmakta ve bu bulguların ileriye dönük çalışmalara ışık tutacağı inancını taşımaktayız. Akuatik ekosistemlerde meydana gelen değişimlerin kısa ve uzun vadede belirlenmesinde ortamın sürekli izlenmesi büyük önem arz etmektedir. Aynı zamanda Karadeniz sahip olduğu kendine has dinamikleri ile sürekli izlenmesi gereken bir deniz özelliğindedir. Diğer taraftan ülkemiz balıkçılığı açısından da büyük bir önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Anadon, R., Danovaro, R., Dippner, J.W., Drinkwater, K.F., Hawkins, S.J., O'Sullivan, G., Oğuz, T., (2007). Black Sea ecosystem response to climatic teleconnections. *Oceanography*, **18**,122–133.
- Doğan, E., Gönenç, E.İ., Örmeci, C., Müftüoğlu, O., Yüce, H., Türker, A., (1996). Uzaktan Algılama Yöntemi İle Tuna Nehri Bağlantılı Karadeniz İstanbul Boğazı Kirlenme Araştırması, Sonuç Raporu, İSKİ.
- Doney, S.C., (2006). Plankton in a warmer world, *Nature*, 444: 695-696.
- Edwards, M., Bresnan, E., Cook, K., Heath, M., Helouet, P., Lynam, C., Raine, R., Widdicombe, C., (2013). Impacts of climate change on plankton, *Marine Climate Change Impacts Partnership. Science Review*, 98-112 pp.
- Henson S.A., Sarmiento J.L., Dunne J.P., Bopp L., Lima I., Doney S.C., John J., Beaulieu C., (2010). Detection of anthropogenic climate change in satellite records of ocean chlorophyll and productivity. *Biogeosciences*, **7**, 621–640
- Ivanov, L., (1985). The Fisheries Resources of the Mediterranean Part Two: Black Sea, *Etud. Rev. CGPM/ Stud. Rev. GFCM*, 115 s.
- Kideys, A. E., (1994). Recent Dramatic Changes in the Black Sea Ecosystem: The Reason for the Sharp Decline in Turkish Anchovy Fisheries. *Journal of Marine Systems*, **5**, 171-181.
- Kirk, J. T. O., (1994). Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems, Second Edition. Cambridge University Press, 528 s.
- Li, J. P., and J. X. L. Wang, (2003). A new North Atlantic Oscillation index and its variability. *Adv. Atmos. Sci.*, **20**(5), 661-676.
- McQuatters-Gollop, A., Mee, L.D., Raitos, D. E., Shapiro, G.I., (2008). Non-linearities, regime shifts and recovery: The recent influence of climate on Black Sea chlorophyll. *Journal of Marine Systems*, **74**, 649-658.
- Mee, L., (1992). The Black Sea in crisis: A need for concerted international action, *Ambio*, **21** (4), 278-286.
- Oğuz, T., Latif, M.A., Sur, H.I., Özsoy, E., Ünlüata, Ü., (1991). On the dynamics of the southern Black Sea in: Black Sea Oceanography, edited by E. İzdar and J. M. Murray, NATO/ASI Series, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 46-63
- Oğuz, T., Latun, V. S., Latif, M. A., Vladimirov, V. V., Sur, H. İ., Markov, A., A.Özsoy, E., Kotovshchikov, V. V., Eremeev, V. V. and Ünlüata, Ü., (1993). Circulation in the surface and intermediate layers of the Black Sea. *Deep-Sea Research I*, **40**, 1597-1612.
- Sen, O., (1988). Variations of Aerosols at Izmir, Turkey Determined by Neutron Analysis, *Atmos. Environ.*, **22**,795-801.
- Silkin, V.A., Pautova, A., Lifanchuk, V., (2013). Physiological regulatory mechanisms of the marine phytoplankton Community Structure. *Russian Journal of Plant Physiology*, **60**, 541–548.
- Sivri, N., (1999). Solaklı Deresi Girdilerinin Kıyısız Pelajik Ekosisteme Etkileri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tuğrul, S., Baştürk, O., Saydam, C. ve Yılmaz, A., (1992). Changes in the Hydrochemistry of Black Sea Inferred from Water Density Profiles, *Nature*, **359**, 137-139.
- Yılmaz, A., (2002). Türkiye Denizlerinin Biyo-jeokimyası: Dağılımlar ve Döngüler, *Turkish J. Eng. Env. Sci.*, **26**, 219-235.

Received date: 28.11.2017

Accepted date: 15.12.2017

*Corresponding author's:

Yrd. Doç. Dr. Ertugrul AĞIRBAŞ

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı, Zihni Derin Yerleşkesi, Fener Mah. 53100 Rize, Türkiye.

E-mail: ertugrul.agirbas@erdogan.edu.tr