

Filyos Nehri'nin Fiziksel Su Kalitesi Parametrelerinin İstatistiksel Olarak İncelenmesi

Serhat KÜÇÜKALİ

¹Hacettepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Beytepe 06800, Ankara, Türkiye.
<https://orcid.org/0000-0002-5867-3270>

Received date: 23.10.2019

Accepted date: 11.12.2019

Atf yapmak için: Küçükali, S. (2019). Filyos Nehri'nin Fiziksel Su Kalitesi Parametrelerinin İstatistiksel Olarak İncelenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 4(3), 519-524.

How to cite: Küçükali, S. (2019). Statistical Investigation of Filyos River Physical Water Quality Parameters. *Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 4(3), 519-524.

Öz: Filyos Nehri Batı Karadeniz Bölgesi'nde 13300 km²'lik havza alanı ve 312 km'lik uzunluğuyla 41°- 42° 10'E boylamları ve 31° 75'-33°N enlemleri arasında uzanmaktadır. Devrek ve Yenice ırmaklarının birleşimiyle oluşan Filyos Nehri Çaycuma Vadisi'nden geçerek, birleşim noktasından 34 km sonra Hisarönü'nde denize dökülür. Filyos Nehri yıllık ortalama 2.9 km³/yıl su ve 4.2 milyon ton/yıl sediment taşımaktadır. Aylık ortalama en büyük debi 219.13 m³/s değeriyle Nisan ayında, en düşük debi ise 18.03 m³/sn değeriyle Eylül ayında gözlenmektedir. Bu çalışmada Filyos Nehri ve yan kollarına ait debi, akarsu sıcaklığı ve askıdaki sediment taşınım miktarı istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan veriler Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nden 1966-2005 yıllarını kapsayan veri dizisinden alınmıştır. Filyos Nehri'ndeki debinin 2/3'ünü Yenice Irmağı'ndan; 1/3'ünün ise Devrek Irmağı'ndan geldiği gösterilmiştir. Filyos Nehri'nde debi görülme olasılığı eksponansiyel olarak azalan bir fonksiyon sergilemiş ve debi değerleri %70 oranında 0-100 m³/s arasında dağılım göstermiştir. Kış mevsiminde ortalama akarsu sıcaklığı 5.3 °C, yaz mevsiminde ise 20.6 °C olmaktadır. Aylık ortalama akarsu sıcaklığı ortalama hava sıcaklığıyla lineer; askıda taşınan sediment miktarı ise debinin 1.6-2.1 arasında değişen kuvvetleriyle ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen regresyon denklemleri Filyos Nehri'yle ilgili eksik verilerin tamamlanmasında ve nehrin su kalitesi parametrelerinin tahmininde kullanılabilir.

Anahtar sözcükler: Akarsu sıcaklığı, debi, Filyos Nehri, sediment taşınımı, su kalitesi.

Statistical Investigation of Filyos River Physical Water Quality Parameters

Abstract: Filyos River with a drainage area of 13300 km² and length of 312 km extended over 41°- 42° 10'E longitude and 31° 75'-33° N latitudes. Filyos River has two major tributaries namely Devrek and Yenice River. After the junction of these two rivers, Filyos River follows 34 km through the Caycuma plain with a gradient about 0.0007 and discharges into the Black Sea in Hisaronu. Filyos River carries in average 2.9 km³/year water and 4.2 million ton/year sediment. In this study, Filyos River and its major tributaries discharge, temperature and suspended sediment transport rate characteristics have been statistically investigated. These parameters spatial and temporal variation have crucial importance for river planning and development. The data were obtained from Turkish General Directorate of Electrical Power (EIE) and Turkish General Directorate of State Hydraulics Works. EIE made measurements once a month and three water quality stations of EIE covering the years of 1966-2005 have been analyzed. It has been shown that Filyos River 2/3 discharge comes from Yenice River and 1/3 comes from Devrek River. The probability density function of the discharge exhibits an decreasing exponential function and 70% of the discharge distributes in the range of 0-100 m³/s. The water quality data indicate that the river temperature was under the control of air temperature. In winter average river temperature has a value of 5.3 °C, while in summer has a value of 20.6 °C. Filyos River suspended sediment transport rate has been related with the 2.1 power of the discharge. It was shown that the same trend continues for the Filyos River tributaries. The regression equations presented in this paper could be used to complete the deficient data and predict the Filyos River water quality parameters.

Keywords: Discharge, Filyos river, river temperature, sediment transport, water quality.

GİRİŞ

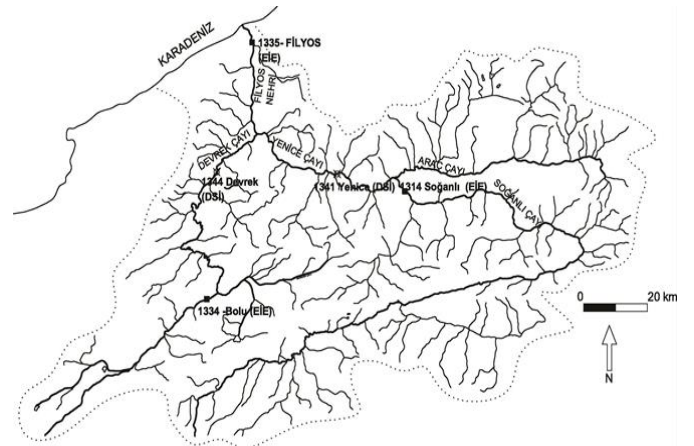
Günümüzde akarsuların dünya ölçeğinde insan faaliyetleri sonucunda en çok kirlenen ekosistemlerden biri olduğu kabul edilmektedir (Malmqvist ve Rundle, 2002). Akarsuların en önemli su kalitesi parametrelerinden bazıları debisi, sıcaklığı ve birim zamanda taşıdığı sediment miktarı olarak özetlenebilir (Frazer vd., 1995). Akarsulardaki debinin zamansal ve mekansal değişiminin bilinmesiyle; sel ve kuraklık gibi doğal afetlere karşı önlem alınabilmekte ve hidroelektrik enerji üretimi hesaplanabilmektedir. Akarsu sıcaklığı ise su içerisinde gerçekleşen birçok kimyasal reaksiyonu doğrudan etkilemekte ve suda yaşayan canlılar için yaşamsal öneme sahip çözülmüş oksijen konsantrasyonu direkt olarak kontrol etmektedir (Kucukali vd., 2006). Yapılan çalışmalar aylık ortalama akarsu sıcaklığının hava sıcaklığının kontrolünde olduğunu göstermektedir (Stefan ve Preud'homme, 1993; Kucukali, 2007). Akarsularda taşınan sediment miktarı ise akarsu morfolojisini belirleyen en temel etkidir. Bagnold (1977) akarsuda tabanda taşınan sediment miktarını akarsu gücünün 1.5'inci kuvvetiyle; Van Rijn (2007) ise tabanda taşınan sediment miktarını, kesitsel ortalama akarsu hızının 2.5'inci kuvvetiyle ilişkilendirmiştir. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi'nin yürürlüğe girmesiyle birlikte, akarsuların ekolojik durumunun değerlendirilmesi büyük önem kazanmıştır. Akarsu sıcaklığının ve askıda taşınan sediment miktarının akarsulardaki iyi ekolojik koşulların değerlendirilmesi açısından önemli parametreler olduğu bilinmektedir (Halleraker vd., 2016). Ayrıca akarsularda balık göç hareketleri açısından akarsu sıcaklığının temel uyaranlardan bir tanesi olduğu yapılan saha çalışmalarında ortaya konmaktadır (Kucukali vd., 2019).

Türkiye Akarsuları toplam 26 adet havza alanına bölünmüştür. Bu çalışmada incelenecek olan Filyos Nehri'nin içinde bulunduğu Batı Karadeniz Havzası, Türkiye'deki 5. büyük akış potansiyeline sahip akarsu havzasıdır. Bundan başka havza alanı üzerinde Bartın Akarsuyu, Devrekani Çayı ve Karasu Irmağı bulunmaktadır. Filyos Nehri 13300 km²'lik su toplama alanı ve 312 km'lik uzunluğuyla 41°- 42° 10'E boylamları ve 31° 75'-33° N enlemleri arasında uzanmaktadır. Filyos havzası Zonguldak, Bolu, Karabük, Çankırı ve Kastamonu illerini kapsamaktadır. Havza üzerinde kıyı kesimlerinde yıllık ortalama yağış miktarı 1200 mm mertebesinde, iç kesimlere doğru gidildikçe bu değer 600 mm mertebesine gerilemektedir. Filyos havza alanının yaklaşık olarak yarısı 1000-1500 m arasındaki yükseltide dağılım göstermektedir. Filyos havzasının %70'lik kısmı dağlıktır ve bu alanlar ormanlarla kaplıdır. Buda Filyos Nehri'nin yan kollarında yüksek taban eğimli dağ akarsuların oluşmasına yol açmaktadır.

Filyos Nehri iki ana koldan oluşmaktadır. Bunlardan ilki Devrek Irmağı (Kaynağı Bolu Dağı, 1600m), ikincisi ise Soğanlı ve Araç Çayı'nın (Kaynağı Ilgaz Dağı, 2400 m) birleşmesiyle oluşan Yenice Irmağıdır (Şekil 1). Bu iki akarsuyun birleşimiyle oluşan Filyos Nehri Çaycuma

Vadisi'nden geçerek, birleşim noktasından 34 km sonra yaklaşık 0.7 m/km taban eğimiyle Hisarönü'nde denize dökülür. Akarsu Havzasının 3227 km²'lik alanı Devrek kolunda, 9026 km²'lik alanı ise Yenice kolunda bulunmaktadır. Filyos Nehri yıllık ortalama 2.9 km³/yıl su ve 4.2 milyon ton/yıl sediment taşımaktadır (Kucukali, 2016).

Filyos Nehri'yle ilgili olarak uzaktan algılama yöntemiyle ilgili çalışmalar yürütülmüştür (Büyüksalih vd., 2005; Şeker vd., 2005). Bu çalışmalarda akarsuyun menderes yapısı ve yatak değişimi elde edilen uydu görüntüleriyle incelenmiştir. Fakat, literatürde Filyos Nehri'nin akım ve su kalitesi parametrelerini detaylı olarak inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada Filyos Nehri ve yan kollarına ait: debi, akarsu sıcaklığı ve askıda birim zamanda taşınan sediment miktarı gibi akarsuya ait parametreler istatistiksel olarak incelenmiştir. Bu çalışmanın ileride Filyos Nehri üzerine yapılacak planlama ve projelerde faydalı olacağına inanılmaktadır.

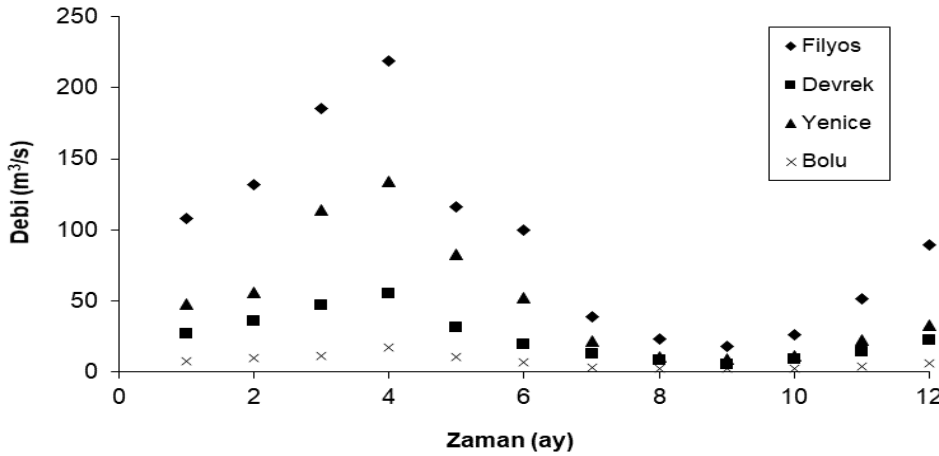


Şekil 1. Filyos Havzası ve çalışmada kullanılan akarsu ölçüm istasyonları.

MATERYAL ve METOT

Filyos Nehri üzerinde Devlet Su İşleri (DSİ), Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'nin akım gözlem istasyonları bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında verileri kullanılan istasyonlar Şekil 1'de gösterilmiş ve bu istasyonlara ait özellikler Tablo 1'de sunulmuştur. Akarsu sıcaklığı ve sediment ölçümleri EİE'nin 1335-Filyos, 1334-Bolu ve 1314-Soğanlı istasyonlarından alınmıştır. EİE istasyonlarından alınan veriler 1975-2005 yılları arasındaki yapılmış ölçümleri kapsamaktadır. İEİ tarafından askı sediment yükü ölçümünde derinlik entegrasyonu yöntemi kullanılmaktadır (DSİ, 2019). Nehir kesitinden askı sediment yükü örneklerinin alınmasında, uluslararası standartlara uygun olan US.DH-48 ve US.D-49 tipi numune alma aletleri kullanılmaktadır. Sediment ölçümü yapıldığı zamanki debi büyüklükleri akarsu kesitinde farklı noktalarda mulineyle yapılan hız ölçümlerinden elde edilmektedir. İstasyonlara ait

kütüklerde istasyon ismi, istasyonun koordinatları, bulunduğu ilçe veya köy isimleri, havzanın brüt ve net alanı, gözlem yılları, ortalama sediment dane dağılımı, ortalama sediment miktarı ve sediment verimi konularındaki bilgiler verilmektedir. Veri kütüğünde ise sırasıyla; örnek alma tarihi, debi (m^3/s) miktarı, taşınan sediment miktarı (ton/gün) ve konsantrasyonu (ppm), su sıcaklığı ($^{\circ}C$), örnek ağırlığı(su+sed.)(kg), sediment ağırlığı (kum+silt ve kum)(gr), örneklerdeki toplam kum yüzdeleri, tüm ölçüm süresi içinde alınan veriler için toplam, ortalama, maksimum ve minimum değerler bulunmaktadır. EİE akarsularında ayda bir askıda sediment ölçüm yapmakta ve bu ölçüm değerleri o ayı temsil eden değerler olarak alınmıştır. Aylık ortalama hava sıcaklığı verileri Devlet Meteoroloji İşleri'nden (DMİ) 1975-2005 yıllarını kapsayan Zonguldak, Bolu, Karabük illerindeki istasyonlarından alınmıştır. DMİ hava sıcaklığını, direnç termometre (RTD) ile ölçmektedir. DMİ 'den alınan veri kütüklerinde ise; hava sıcaklıkları günlük ve aylık ortalamalar şeklinde bulunmaktadır. Tüm verilerin kullanılmasıyla ilgili gerekli olan izinler alınmıştır. Eldeki bu verileri dayanarak, Filyos Nehri ve yan kollarının akım karakteristiklerini, akarsu sıcaklığını ve birim zamanda taşıdığı sediment miktarını tahmin eden regresyon denklemleri elde edilmiştir.



Şekil 2. Filyos Nehri ana ve yan kolların uzun süreli aylık ortalama debilerinin zamanla değişimi.

Burada, Q (m^3/s) debiyi, R^2 ise determinasyon katsayısını göstermektedir. Denklem (1)'den görüldüğü üzere, Filyos Nehri Yenice Irmağı'ndan yaklaşık 1.5 kat, Devrek Irmağı'ndan ise yaklaşık 4 kat büyüklüğünde debi geçirmektedir. Bu regresyon denklemleri eksik olan debi değerlerinin tamamlanmasında kullanılabilir.

Şekil 3'de Filyos Nehri'ndeki debinin zaman serisi gösterilmiştir. Bu veri dizisi 1966-2005 yılları arasında kapsamaktadır. Şekil 3 incelendiğinde, debinin zamana bağlı olarak büyük düzensizlik ve rasgelelik sergilediği görülmektedir. Debi değerleri 5.4–1055 m^3/s arasında değişim göstermiş; ölçülen en büyük debi 1992 Mart ayında 1055 m^3/s olarak gözlenmiştir. Yıllık ortalama akım 92.4

Tablo 1. Çalışmada kullanılan akarsu istasyonlarının özellikleri.

İstasyon Adı_No	Kuruluş Adı	Koordinat	Rakım	Gözlem Süresi
1341 Yenice	DSİ	41°12'N-32°24'E	150 (m)	1978-2005
1344 Devrek	DSİ	41°13'N-31°57'E	250 (m)	1982-2005
1314-Soganlı	EİE	32° 38' 32" D - 41° 10' 11" K	271(m)	1966-2005
1335-Filyos	EİE	32° 4' 44" D - 41° 32' 49" K	2 (m)	1966-2005
1334-Bolu	EİE	31° 55' 47" D - 40° 53' 11" K	541 (m)	1966-2005

BULGULAR

Debi: Filyos Nehri'nde aylık ortama akım miktarları mevsimlere göre büyük farklılık gösterir. Sene içerisinde en büyük aylık ortalama debi 219 m^3/s değeriyle nisan ayında, en düşük debi ise 18 m^3/s değeriyle eylül ayında gözlenmektedir.

Aynı eğilim Filyos Akarsuyu'nun yan kolları içinde geçerlidir (Şekil 2). Filyos Nehri'ne en büyük katkı Yenice Irmağı'ndan gelmektedir. Akarsuların ana ve yan kolları debileri arasındaki ilişkiyi en iyi temsil eden eğrilerin denklemi şu şekilde elde edilmiştir,

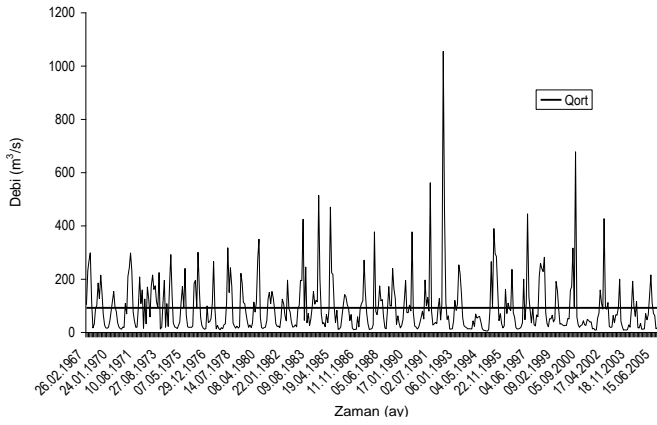
$$Q_{filyos} = 1,5Q_{yenice} + 17 \quad (R^2 = 0.93) \quad (1a)$$

$$Q_{filyos} = 4Q_{devrek} - 5.2 \quad (R^2 = 0.98) \quad (1b)$$

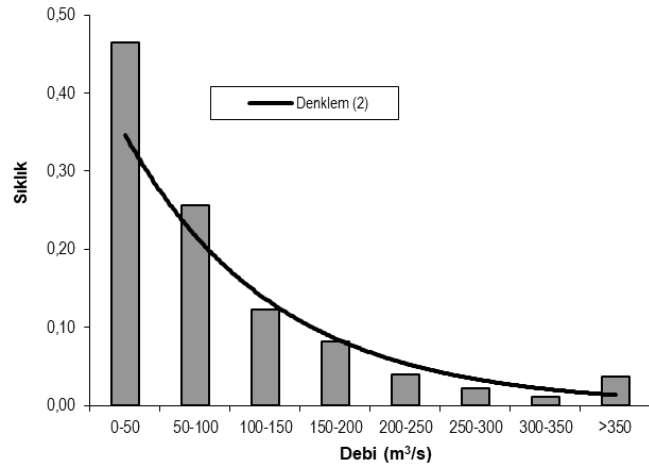
m^3/s ve standart sapma 109.2 m^3/s olarak hesaplanmıştır. Standart sapmanın ortalama değerden büyük olması olaydaki stokastik süreci işaret etmektedir. Şekil 4'de debinin farklı değer aralıklarındaki görülme sıklıkları histogram olarak verilmiştir. Debi değerlerinin %70 oranında görülme olasılığı 0 – 100 m^3/s arasında yer almaktadır. Bu gidişi en iyi temsil eden eğrinin denklemi;

$$Q(f) = 0.55 \times \exp(-0.46Q) \quad (R^2 = 0.83) \quad (2)$$

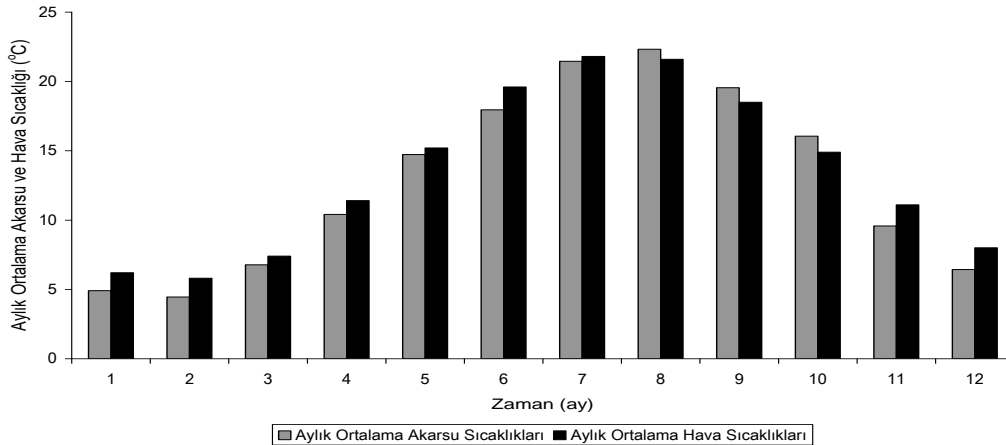
olarak elde edilmiştir. Burada, $Q(f)$ debinin görülme olasılığını göstermektedir.



Şekil 3. Filyos Nehri debi zaman serisi (1966-2005)



Şekil 4. Filyos Nehri debi sıklık histogramı



Şekil 5. Filyos Nehri aylık hava ve akarsu sıcaklıklarının aylara göre değişimi.

Askıda taşınan sediment miktarı: Şekil 7'de Filyos Nehri'nin taşıdığı askıda taşınan sediment miktarı, debinin fonksiyonu olarak logaritmik ölçekte noktalanmıştır. Bu ilişkiyi en iyi temsil eden eğrinin denklemi,

$$Q_s = 0.002 \times Q^{2.1083} \quad (R^2 = 0.83) \quad (4)$$

olarak elde edilmiştir. Burada Q_s (kg/s) birim zamanda askıda taşınan sediment miktarını göstermektedir.

Akarsu sıcaklığı: Şekil 5'de Filyos Nehri'nin aylık ortalama akarsu sıcaklığıyla, Zonguldak'taki aylık ortalama hava sıcaklığının sene boyunca ki değişimi birlikte verilmiştir. En yüksek akarsu sıcaklığı 22.3 °C ile ağustos ayında, en düşük akarsu sıcaklığı ise 4.5 °C ile şubat ayında gözlenmiştir. Kış mevsiminde ortalama akarsu sıcaklığı 5.3 °C, yaz mevsiminde ise 20.6 °C olmaktadır. Şekil 5 incelendiğinde yılın ilk altı aylık döneminde hava sıcaklıklarının akarsu sıcaklıklarından yüksek değerler aldığı ve yılın ikinci yarısında ise akarsu sıcaklıklarının hava sıcaklıklarından daha yüksek değerler aldığı görülmektedir. Nisan ayında ortalama nehir sıcaklığı 10.4 °C ve hava sıcaklığı 11.4 °C iken; bu değerler ekim ayında nehir için 16 °C ve hava için 14.9 °C olmaktadır.

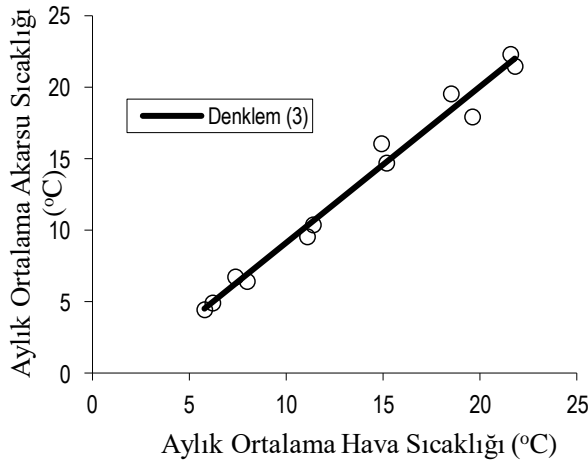
Şekil 6'da aylık ortalama akarsu sıcaklığı hava sıcaklığının fonksiyonu olarak noktalanmış ve;

$$T_{su} = 1.09 \times T_a - 1.83 \quad (R^2 = 0.98) \quad (3)$$

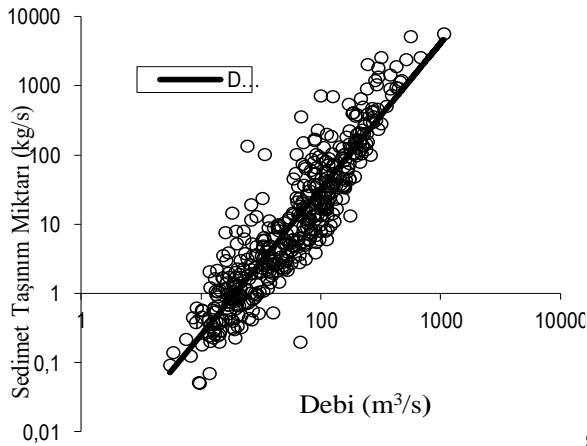
denklemini elde edilmiştir. Burada T_{su} (°C) aylık ortalama akarsu sıcaklığını, T_a (°C) ise aylık ortalama hava sıcaklığını göstermektedir. Filyos Nehri sıcaklığının hava sıcaklığının birinci dereceden fonksiyonu olduğu Denklem (3)'den görülmektedir.

Daha önce yapılmış çalışmalarda ortaya koyduğu gibi sediment taşınımı debinin birinci dereceden fonksiyonudur. Debinin artması ile askıda taşınan sediment miktarı da artmaktadır. Bagnold (1977) yaptığı çalışmada, tabanda taşınan sediment miktarını debinin 1.5'inci kuvvetiyle ilişkilendirmiştir (taban eğiminin sabit olduğu kabulü yapılırsa). Bu çalışmada ise askıda taşınan sediment miktarı Denklem (4)'den görüldüğü gibi, debinin 2.1 kuvvetiyle korele edilmiştir.

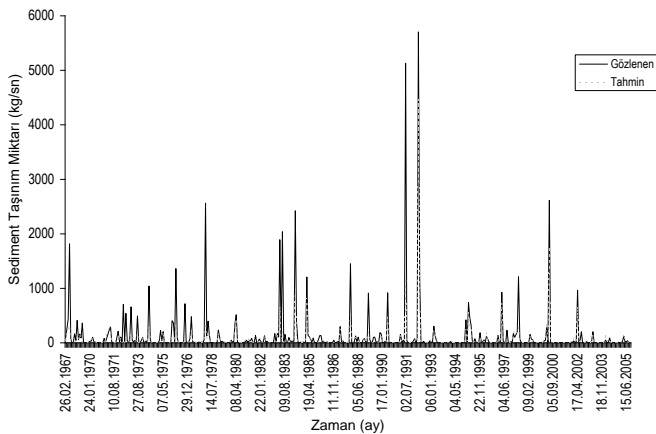
Askıdaki sediment miktarı zaman serisi olarak Şekil 7 'de, Denklem 4'le tahmin edilen değerlerle birlikte sunulmuştur. Şekil incelendiğinde, Denklem (4) ile tahmin edilen değerlerin tutarlı sonuçlar verdiği ve olayın dinamik yapısını yakaladığı görülmektedir.



Şekil 6. Filyos Nehri aylık ortalama akarsu sıcaklığıyla hava sıcaklığının değişimi.



Şekil 7. Filyos Nehri askıdaki sediment taşınım miktarının debi ile logaritmik ölçekte değişimi.



Şekil 8. Filyos Nehri askıdaki sediment taşınım miktarının zaman serisi ve regresyon denklemiyle tahmin edilen değerleri.

Son olarak, Filyos Nehri ve yan kollarına ait fiziksel özelliklerini tahmin eden regresyon denklemleri Tablo 2'de özetlenmiştir. Tablo 2'den Filyos Nehri'nin yan kollarında ana koldakine benzer eğilimin devam ettiği görülmektedir.

Tablo 2. Bu çalışmada elde edilen regresyon denklemleri

Akarsu ismi	Elde edilen denklem	Determinasyon katsayısı
Filyos	$Q(f) = 0.55 \times \exp(-0.465 \times Q)$	$R^2 = 0.83$
	$T_{su} = 1.09 \times T_a - 1.83$	$R^2 = 0.98$
	$Q_s = 0.002 \times Q^{2.108}$	$R^2 = 0.83$
Bolu	$Q(f) = 0.779 \times \exp(-0.651 \times Q)$	$R^2 = 0.95$
	$T_{su} = 0.87 \times T_a + 2.28$	$R^2 = 0.96$
	$Q_s = 0.024 \times Q^{1.617}$	$R^2 = 0.76$
Soğanlı	$Q(f) = 0.665 \times \exp(-0.695 \times Q)$	$R^2 = 0.83$
	$T_{su} = 0.91 \times T_a + 0.24$	$R^2 = 0.96$
	$Q_s = 0.030 \times Q^{1.791}$	$R^2 = 0.76$

Açıklamalar: $Q(f)$ = Debi görülme olasılığı, Q (m³/s) = Debi, T_{su} (°C) = Aylık ortalama akarsu sıcaklığı, T_a (°C) = Aylık ortalama hava sıcaklığı, Q_s (kg/s) = Birim zamanda askıda taşınan sediment miktarı

SONUÇLAR

Bu çalışmada Filyos Nehir kollarına ve havzasına ait bilgiler toplanmış, EİE tarafından Filyos, Bolu ve Soğanlı istasyonlarında ölçülmüş olan debi, akarsu sıcaklığı ve askıdaki sediment taşınım miktarları istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar maddeler halinde şu şekilde özetlenebilir:

1) Filyos Nehri'nde debi değerleri 5.4–1055 m³/s arasında değişim göstermektedir. Yıl içerisindeki en büyük ortalama aylık debi Nisan ayında 219.13 m³/s, en düşük aylık ortalama debi ise Eylül ayında 18.03 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Filyos Nehri'ndeki debinin 2/3'ünü Yenice Irmağı'ndan; 1/3'ünün ise Devrek Irmağı'ndan geldiği gösterilmiştir.

2) Filyos Nehri'nde debi görülme olasılığı eksponansiyel olarak azalan bir fonksiyon sergilemiş ve süreci temsil eden regresyon denklemi elde edilmiştir.

3) Aylık ortalama akarsu sıcaklığı hava sıcaklıklarıyla lineer olarak ilişkilendirilmiştir. En yüksek aylık ortalama akarsu sıcaklığı 22.3 °C ile Ağustos ayında, en düşük akarsu sıcaklığı ise 4.5 °C ile Şubat ayında gözlenmiştir.

4) Filyos Nehri ve yan kollarındaki askıdaki sediment taşınım miktarı (kg/s) debinin (m³/s) 1.6-2.1 arasında değişen kuvvetleriyle ilişkilendirilmiştir.

KAYNAKLAR

Bagnold, R.A., (1977). Bed-load transport by natural rivers, *Water Resources Research*, **13**, 303-312.

- Büyüksalih, İ., Akçin, H., Sefercik, U. G., Karakiş, S., & Marangoz, A., (2005).** Batı Karadeniz Sahil Bölgesindeki Filyos Nehri ve Deltasın Değişimlerinin Zamansal CBS ile İncelenmesi, *E. Ü. Coğrafya Bölümü Sempozyumları III, EGE Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, İzmir.
- DSİ. (2019).** *Hidrometrik Ölçüm Yönergesi*, Ankara.
- Frazer, A.S., Meybeck, M. & Ongley, E.D., (1995).** *Water quality of world river basins*, United Nations Environmet Programme, Kenya.
- Halleraker, J.H., van de Bund, W., Bussettini, M., Gosling, R., Döbbelt-Grüne, S., Hensman, J., Kling, J., Koller-Kreimel, V. & Pollard, P. (2016).** Working Group ECOSTAT report on Common understanding of using mitigation measures for reaching Good Ecological Potential for heavily modified water bodies. Part 1: Impacted by water storage. JRC Technical Reports, European Commission.
- Kucukali, S. (2007).** How Roman Engineers Selected Their Water Supplies. *PI Civil Eng-Water Management*, **160**(4), 249-253.
- Kucukali, S. (2014).** Environmental risk assessment of small hydropower (SHP) plants: A case study for Tefen SHP plant on Filyos River. *Energy for Sustainable Development*, **19**, 102-110).
- Kucukali, S., Çokgör, S. & Kartal, B. (2006).** Temporal variation of dissolved oxygen in a mountain stream plunge pool: An example from Northern Turkey, *Proceedings, ASCE World Environmental and Water Resources Congress*, Omaha.
- Kucukali, S., Verep, B., Alp, A., Turan, D., Mutlu, T., Kaya, C., Yildirim, Y., Töreyn, B.U. & Özelci, D. (2019).** Flow structure and fish passage performance of a brush-type fish way: Afield study in the İyidere River, Turkey. *Marine and Freshwater Research*, **70**, 1619-1632.
- Malmqvist, B. & Rundle, S. (2002).** Threats to the running water ecosystems of the world, *Enviromental Conservation*, **29**, 134-153.
- Şeker, D., Kaya, S., Musaoğlu, N., Kaldasli, S., Yuasa, A. & Duran, Z. (2005).** Investigation of meandering in Filyos River by means of satellite sensor data, *Hydrological Processes*, **19**, 1497-1508.
- Stefan, H.G. & Preud'homme, E.B. (1993).** Stream temperature estimation from air temperature, *Water Resources Research*, **29**(1), 27-45.
- Van Rijn, L.C. (2007).** Unified view of sediment transport by currents and waves I: Initiation of motion, bed Roughness, and bed-load transport, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, **133**, 6, 649-667.

***Corresponding author's:**

Serhat KÜCÜKALİ

Hacettepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Beytepe 06800, Ankara, Türkiye.

✉E-mail: serhatkucukali@hacettepe.edu.tr

ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-5867-3270>.

Tel : +90 (312) 297 73 28 / 134