

İklim Değişikliğinin Murat Nehri Su Gücü Potansiyeline Etkisi

Sadık ALASHAN

Bingöl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

0 426 216 00 12 (1952)

sadikalashan@bingol.edu.tr

Z. Fuat TOPRAK

Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik ABD

toprakzf@dicle.edu.tr

Zekai ŞEN,

İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Hidrolik ve Su Kaynakları Bölümü

zsen@itu.edu.tr

Öz

Enerjinin önemi sanayileşme ve nüfus artışına paralel olarak gün geçtikçe daha fazla artmaktadır. İnsanların belli bir toplumsal refah düzeyinde yaşamak için enerji tüketmesi, bunun için de yeterince enerji üretmesi gerekmektedir. Ancak dünya genelinde hala enerji ihtiyacı büyük ölçüde fosil kökenli kaynaklardan giderilmektedir. Başka bir ifade ile hala enerji tüketiminde yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının oranı düşüktür. Diğer taraftan fosil kökenli enerji kaynaklarının yeraltı ve yerüstü rezervleri sınırlı olduğundan bu tür kaynaklar uzun vadede sürdürülebilir değildir. Küresel iklim değişikliğinin tüm yaşam sektörlerini etkilediği açıktır. Enerji sektörü küresel iklim değişikliğinden en çok etkilenen sektörlerin başında gelmektedir. Hidrolik enerjinin temiz, ucuz, yenilenebilir ve sürdürülebilir bir kaynak olarak diğer enerji kaynakları arasında önemi gün geçtikçe artmaktadır. Hidrolik enerji üretimi için yeterli düşü ve debiye sahip su kaynaklarına ihtiyaç vardır. Düşü, havzanın topografik yapısı nedeniyle sabittir. Gerekli debi ise kısa vadede meteorolojik, uzun vadede ise iklimsel bir değişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla suyun doğal akışındaki değişimler bir bölgenin hidroelektrik enerji potansiyelini doğrudan etkilemektedir. Buna doğaya yapılan yapay müdahaleler ve küresel iklim değişikliği de eklenince zamansal dağılımındaki heterojenlik daha da artmaktadır. Dolayısıyla bu değişkenliği modelleyerek önceden tahmin etmek hidroelektrik santrallerinin optimum dizaynı ve optimum işletme modunun belirlenmesi açısından çok önemlidir. Bu çalışmada iklim değişikliğinin Murat Nehri su gücü potansiyeline etkisi araştırılmıştır. Literatürde konuya ilişkin birçok yöntem mevcuttur. Ancak burada görece daha yeni ve daha kullanışlı bir yöntem olan Yenilikçi Yönelim Analiz Yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla Murat nehir havzasında yeterli ölçüm değerleri bulunan tüm istasyonların yıllık ortalama verileri kullanılmış ve anılan yöntem ile Murat Nehri'nin su gücü potansiyeli belirlenmiştir. Bu kapsamda Murat Nehri akışlarında meydana gelen değişimler dolayısıyla su gücü miktarında önemli zamansal değişimler ve önemli düzeyde olmasa da hacimsel değişimler belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Murat nehri, İklim değişikliği, Hidroelektrik Potansiyel, Yenilikçi Yönelim Analiz Yöntemi.

Giriş

Dünya nüfusu dramatik bir şekilde artmaktadır. Birleşmiş Milletler raporuna göre 2007’de 6,7 Milyar olan dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 2,5 Milyar artarak 9,2 Milyar olması ve söz konusu artışın büyük ölçüde az gelişmiş ülkelerde meydana gelmesi beklenmektedir (Toprak ve diğ., 2013). Bu artış nedeniyle hayati öneme sahip temel ihtiyaçların temininin gittikçe daha zor olacağı açıktır. Bu durum aynı zamanda, küresel boyutta enerjiye duyulan gereksinimin de yıldan yıla artacağı anlamına gelmektedir. Bu ihtiyacın giderilmesi için enerji üretimi de dramatik bir şekilde artmaktadır. Ancak dünya genelinde hala enerji ihtiyacı büyük ölçüde fosil kökenli kaynaklardan giderilmektedir. Başka bir ifade ile hala enerji tüketiminde yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının oranı düşüktür (Toprak, 2014).

Enerji üretimi için kullanılan fosil yakıtların toprak ve su kaynaklarının kirlenmesine ve atmosferdeki sera etkili gazların artmasına neden olmaktadır. IPCC 2014 raporuna göre küresel iklim değişikliğinin %99 insan kaynaklı olduğu ve bunun atmosferde gittikçe artan sera gazlarında kaynaklandığı iddia etmektedir (IPCC, 2014). Bu iddianın çok abartılı olduğunu iddia eden bilimsel çevreler olmakla birlikte mevcut literatürün %90’ı küresel iklim değişikliğinin olduğuna dair kanıtlar ileri sürmektedir (Toprak ve diğ., 2013, 2012; Batan ve Toprak 2014, 2015). Bununla birlikte Toprak ve diğ. (2013), küresel iklim değişikliğinin olduğuna dair bilim insanlarının arasındaki ittifakın neden ve sonuçları üzerinde olmadığını ve fakat mavi gezegenin ısındığını belirtmektedir. Bu yüzden günümüzde küresel boyutta, doğa ile barışık yani temiz, ucuz, yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynakları arayışına girilmiştir. Bu kaynaklar daha çok güneş, rüzgar, hidrolik, hidrojen, dalga enerjisi gibi enerjilerdir. Bu çalışmanın konusu olan hidrolik enerji üretimi için yeterli düşü ve debiye sahip su kaynaklarına ihtiyaç vardır. Düşü, havzanın topografik yapısı nedeniyle sabittir. Gerekli debi ise kısa vadede meteorolojik, uzun vadede ise iklimsel bir değişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla suyun doğal akışındaki değişimler bir bölgenin hidroelektrik enerji potansiyelini doğrudan etkilemektedir. Buna doğaya yapılan yapay müdahaleler de eklenince suyun zamansal ve konumsal dağılımındaki heterojenliği daha da artmaktadır. Örneğin yıllık yağışların 3/4’ü dünya nüfusunun 1/3’ü üzerine düşmektedir. Başka bir ifade ile dünya nüfusunun 2/3’ü tatlı suyun 1/4’ünden yararlanmaktadır (Aytekin ve Toprak, 2001). Diğer taraftan su ihtiyacı gelişen teknolojiye ve artan nüfusa bağlı olarak çeşitlenerek artmaktadır. Yerkürede su miktarının sabit ve teknolojik olarak üretiminin veya arıtılmasının olanaksız olması nedeniyle özellikle az gelişmiş ülkelerde birçok bölgede su sıkıntısı veya su kıtlığı beklenmektedir. Şu an dünyanın birçok bölgesinde su ihtiyacı, temin edilenden çok çok fazladır. Bu yüzden hâlihazırda dünyanın birçok bölgesi ya su stresini ya da su kıtlığını yaşamaktadır. Su kaynaklarına olumsuz etki eden diğer önemli bir problem de su ticaretidir. Su satıcıları (su tüccarları) bir bölgenin suyunu alıp o bölgenin insanlarına satmaktadır. Bunun sonucu olarak insanlık, kendi suyunu başkasından satın almaya zorlanmaktadır. Bu yüzden su ticareti ve Dünya Su Forumu küresel boyutta protesto edilmektedir. Küresel iklim değişikliği (KİD) dünya su kaynaklarını tehdit eden diğer bir ciddi problemdir. KİD’in tüm yaşam sektörleri üzerinde olduğu gibi hidrolik enerji sektörü üzerinde de büyük etkisi vardır. Bu yüzden “efektif su kullanımı” son 20 yıldır gerek bilim insanları, gerek politikacılar, sivil toplum örgütleri ve diğer tüm toplum kesimleri arasında büyük bir ciddiyetle tartışılmaktadır (Toprak ve diğ., 2013, 2012; Songur ve diğ., 2013, 2012). Suya dair bir an önce çözülmesi gereken üç ana problemden söz edilebilir. Bunlar;

- 1) Tatlı su potansiyelinin doğru bir şekilde belirlenmesi
- 2) Suyun efektif bir şekilde kullanılmasının sağlanması
- 3) İçme/kullanma ve sulama suyu sistemlerindeki kayıp ve kaçakların önlenmesi

Yukarıda belirtilen nedenlerden ötürü su kaynaklarında meydana gelen değişiklikler dolaylı olarak her hangi bir bölgenin su gücü potansiyelinde değişimler meydana getirecektir. Su gücü potansiyelinde meydana gelen değişimler hacimsel ve zamansal olarak değişmektedir. Hacimsel değişimler su gücü kaynak potansiyelini etkilerken zamansal değişim su gücü potansiyelinin zaman içindeki mevcudiyetini değiştirmektedir. Literatürde küresel iklim değişikliğinin su kaynakları, buzullar ve benzeri çevresel etkilerini konu alan birçok çalışma mevcuttur. Mendelsohn ve Dinar (2009), Thompson (2010), Buyukyildiz ve diğ. (2009), Kickert ve Krupa (1990), Schwartz (1992), Fields ve diğ. (1993), Davis ve diğ. (2010), Culley ve Angeliq (2010) ve Grasso ve diğ. (2011) örnek olarak verilebilir. Bunun yanı sıra özel olarak hidroelektrik potansiyelini belirleyen (Coşkun ve diğ., 2010; Alashan ve diğ., 2015; Toprak ve diğ., 2009) ve bu potansiyel üzerinde iklim değişikliğinin etkisini araştıran birçok çalışma yapılmıştır (Harrison ve Whittington, 2002a, b; Lehnera ve diğ., 2005; Madani ve Lund, 2010; Vicuña ve diğ., 2011; Carless ve Whitehead, 2013; Jamali ve diğ., 2013; Madani ve diğ., 2014). Yapılan çalışmalarda IPCC tarafından yayınlanan iklim değişikliği senaryoları kullanılmaktadır. İklim değişikliği hesapları genellikle Mann-Kendall ve Spearman Rho gibi testler kullanılarak yapılmaktadır (Şen, 2012). Söz konusu yöntemler verilerin normal dağılması, yeterli veri uzunluğu, örnek varyansının sabit kalması gibi birçok varsayım gerektirmektedir. Bu çalışmada iklim değişikliğinin Murat Nehri su gücü potansiyeline etkisi araştırılmıştır. Yukarıda da belirtildiği üzere literatürde konuya ilişkin birçok yöntem olmakla birlikte burada görece daha yeni ve daha kullanışlı bir yöntem olan Yenilikçi Yönelim Analiz Yöntemi (YYAY) kullanılmıştır. Bu yöntem, iklim değişikliğinin su kalitesi, taşkın, kuraklık ve benzeri durumlar üzerindeki etkisini pratik ve başarılı bir şekilde inceleme imkanını sağlamaktadır (Şen, 2012, Timbadiya ve diğ., 2013; Sonali ve Kumar, 2013; Kişi ve Ay, 2014; Marcus ve diğ.; 2014). Söz konusu yöntem başlangıç kabulleri ve gelişmiş bilgisayar programları kullanılmasını gerektirmeyen ve kolay uygulanan bir yöntemdir. Çalışmada YYAY Murat nehir havzasında yeterli ölçüm değerleri bulunan tüm istasyonların yıllık ortalama verilerine uygulanmış ve anılan yöntem ile Murat Nehri'nin su gücü potansiyeli belirlenmiştir. Bu kapsamda Murat Nehri akışlarında meydana gelen değişimler dolayısıyla su gücü miktarında önemli zamansal değişimler ve önemli düzeyde olmasa da hacimsel değişimler belirlenmiştir.

Yöntem

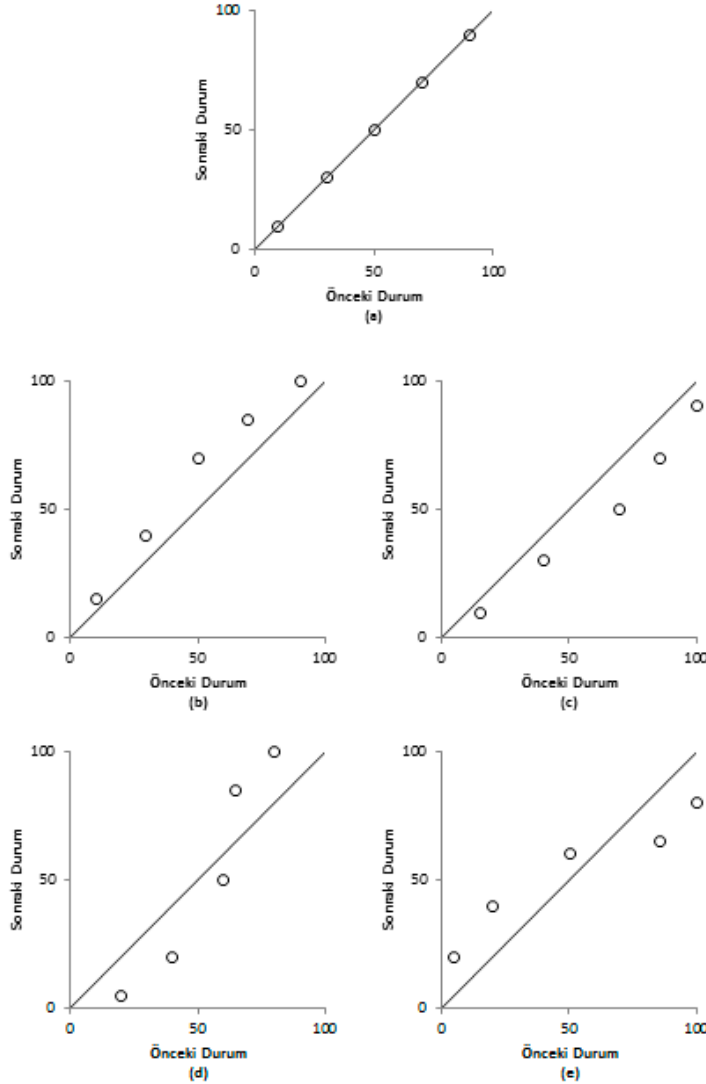
Mühendislik uygulamalarında çoğu kez %100 doğru tahminlerde bulunan bir model geliştirmek mümkün değildir (Toprak, 2009). Güncel literatürde bu amaçla birçok yöntem, model veya algoritma mevcuttur. Fakat bunların birçoğu Yapay Sınır Ağları (YSA) gibi karar-kutu yöntemlere dayanmaktadır. Bu yüzden genelleştirilememektedir ve yeterince güven verememektedir. Bu tür yöntemleri esas alan modellerin her yeni veriye göre yeniden revize edilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan bunların çoğu oldukça pahalı paket programlar gerektirmektedir (Toprak, 2009). Oysa özellikle suya dair küresel veya bölgesel senaryo, tahmin, hesaplama ve tekniklerinin bilimsel açıdan genelleştirilebilir, mantık açısından kabul edilebilir, matematik açıdan doğru, teknik açıdan uygulanabilir ve kullanım açısından kolay olması gerekir (Toprak ve diğ., 2013). YYAY yöntemi bu açıdan tercih edilmiştir. Depolamalı veya depolamasız hidroelektrik tesislerinde su tribüne girmeden önce hızı sıfır olduğundan suyun enerjisinin hesaplamalarında suyun sadece potansiyel enerjisi hesaplanarak kinetik enerjisi ihmal edilir (Denklem 1). Güç birim zamanda alınan enerji olduğundan Denklem 1 ile belirtilen ifadeyi zamana bölersek suyun gücü elde edilir (Denklem 2).

$$E = m \cdot g \cdot h \quad (1)$$

$$P = \frac{m.g.h}{t} = \frac{G.h}{t} = \frac{\gamma.V.h}{t} = \gamma.Q.h \quad (2)$$

Burada; m kütle(kg.s²/m), g yerçekimi ivmesi (m/s²), h yükseklik farkı (m), t zaman(s), V hacim(m³), γ suyun birim hacim ağırlığı(kg/m³) ve Q debi(m³/s) değerlerini gösterir. Su gücü denklemi incelendiğinde suyun birim hacim ağırlığı ve yükseklik farkı sabit değerlerdir. İklim değişikliğinden etkilenebilecek parametre suyun debisidir. Suyun debisi ile ilgili değişimleri incelersek iklim değişikliğinin hidroelektrik potansiyeli üzerindeki etkisini belirleyebiliriz.

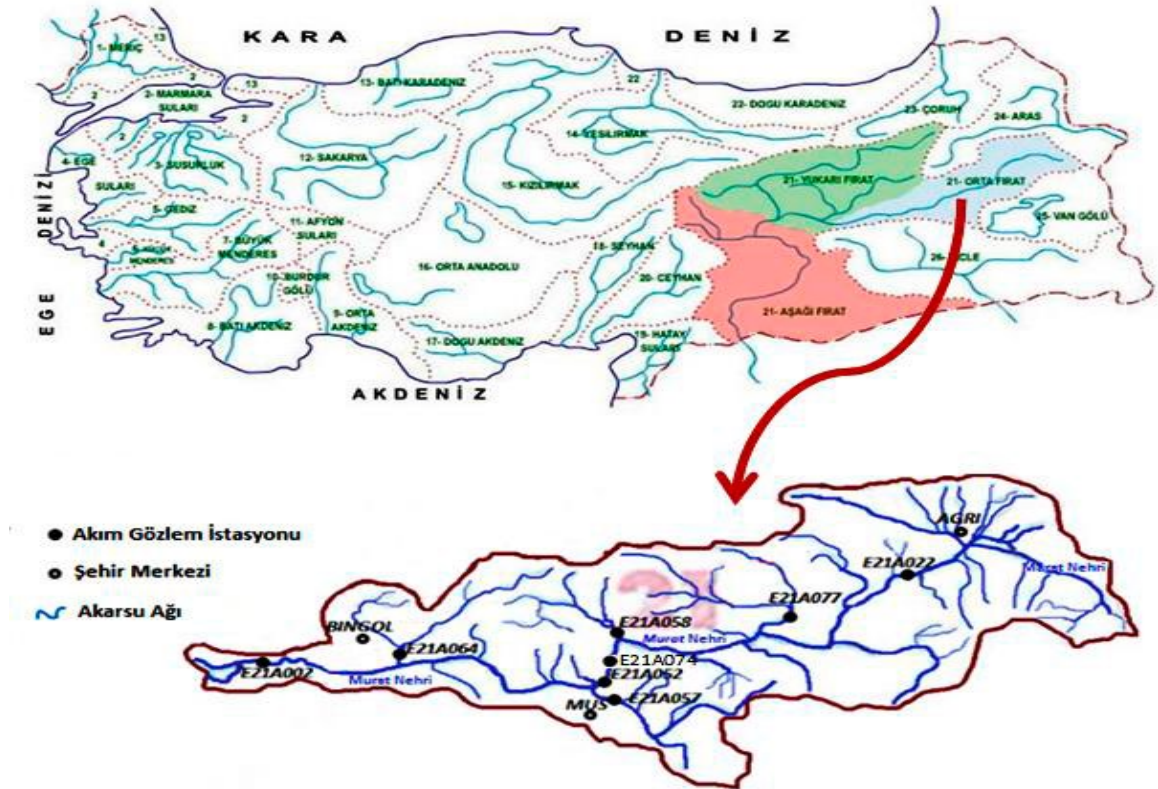
Şen tarafından (2012) iklimsel değişimleri incelemek üzere Yenilikçi Yönelim Analiz Yöntemi (Innovative Trend Analysis Methodology) literatüre kazandırılmıştır (Şen, 2012). Yenilikçi Yönelim Analiz Yöntemi, ardışık zaman grupları arasındaki değişimleri incelemeye yarayan bir yöntemdir. Söz konusu yöntemde veriler belli sayıda veri gruplarına ayrılarak, sıralı veri grupları grafik eksenlerine yerleştirilerek 45° düz çizgi ile kıyaslanmaktadır. Bilindiği üzere aynı veri grupları grafiğin yatay ve dikey eksenlerine yerleştirilirse veri noktaları 45° düz çizgi üzerinde sıralanırlar (Şekil 1a). 45° düz çizginin üstünde artan gidiş ve altında kalan durum ise azalan gidişi göstermektedir (Şekil 1b,c). Şekil 1b,c tek düzenli gidişleri göstermektedir. Eğer veri grupları arasında çok düzenli bir gidiş varsa artan gidiş Şekil 1d ve azalan gidiş Şekil 1e ile gösterilebilir.



Şekil 1 Gidiş Durumları a) sabit b) artan c) azalan d) çok düzenli artan e) çok düzenli azalan

Çalışma Alanı

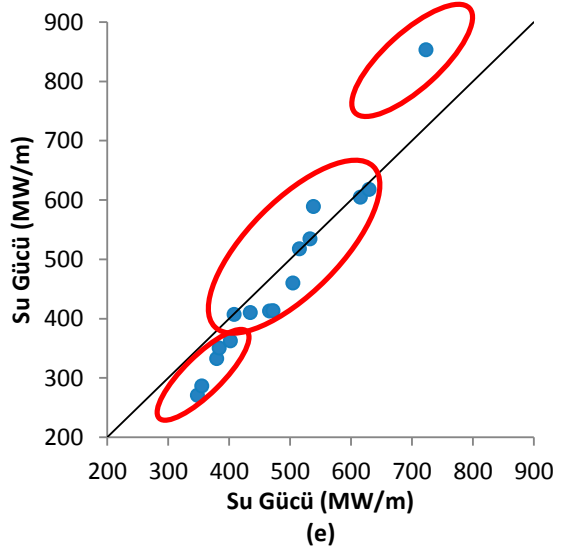
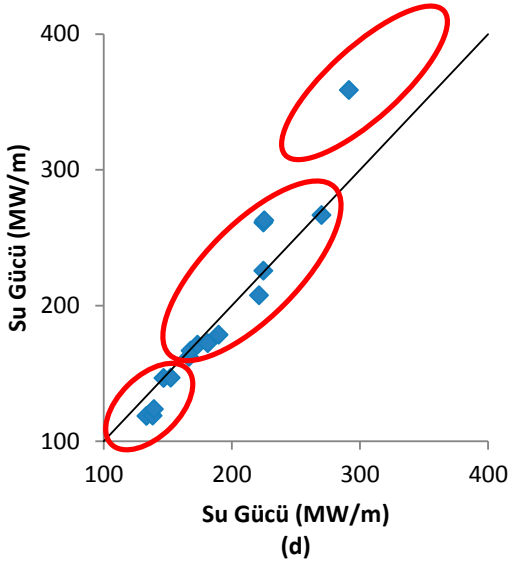
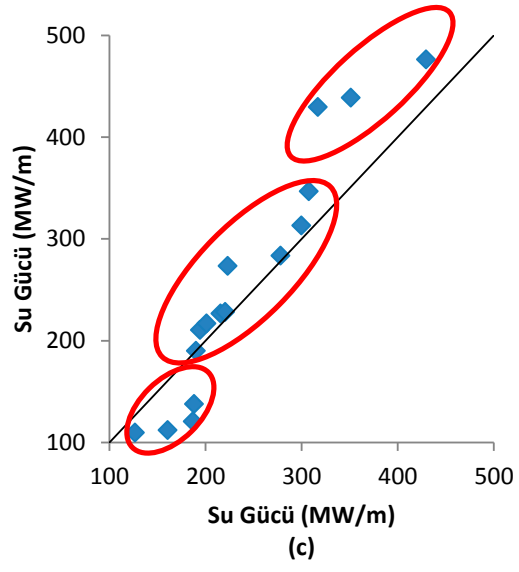
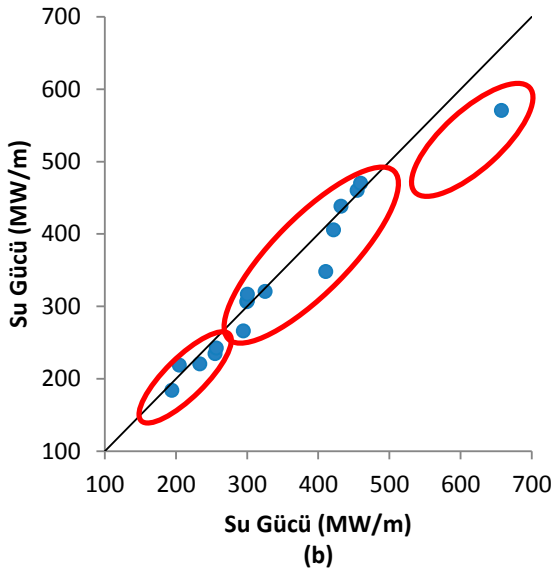
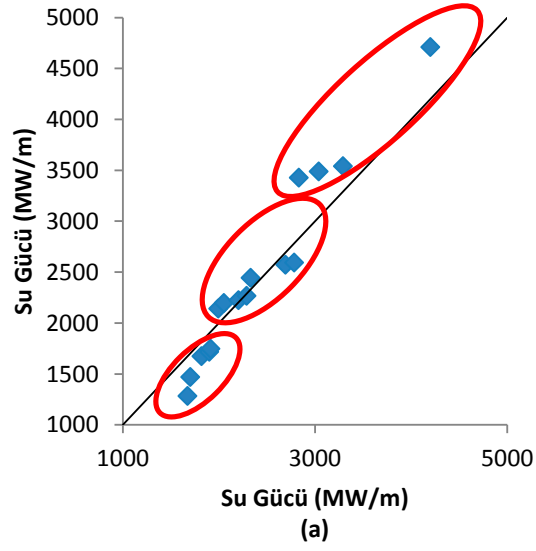
Fırat nehrinin kollarından biri olan Murat nehri Türkiye'nin doğusunda yer almaktadır. Murat nehir havzasında akım gözlem istasyonları seyrek dağılmıştır. Söz konusu yöntemi uygulamak için yeterli ölçüm değerlerine sahip 7 adet istasyon bulunmaktadır. Bunlar E21A002, E21A022, E21A064, E21A057 ve E21A058 numaralı istasyonlardır (Şekil 2). Söz konusu istasyonların yıllık ortalama akım değerleri kullanılmıştır. Bu istasyonların ölçüm değerleri Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından yapılmış olup Devlet Su İşleri'ne devredilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler Devlet Su İşleri'nden alınmıştır. Murat nehir havzasının toplam alanı 25,856 km² olup, havzanın zirve noktaları 3000 – 4000 metrelere uzanmaktadır. Bu değişimler nehir ani çökmelerine ek olarak volkanik ve tektonik olaylardan meydana gelmiştir (Günek, 2006).



Şekil 2 Murat Nehir Havzası

Uygulama

Murat nehir havzası su gücü potansiyelinin iklimsel değişimler karşısındaki değişimini incelemek üzere yeterli veri uzunluğuna sahip 5 adet istasyon kullanılmıştır (Şekil 3). Bu istasyonlar ile alakalı bilgiler Çizelge 1'de gösterilmiştir. İstasyonların yıllık ortalama akış değerleri kullanılarak yıllık su gücü potansiyelleri belirlenmiştir. Belirlenen su gücü değerleri iki gruba ayrılarak ilk durumun ikinci durum ile ilişkisi belirlenmiştir. İstasyonların su gücü değerleri yıllık ortalama debi ve birim düşüm yüksekliğinden elde edilebilecek değerlerdir.



Şekil 3 Su Gücü Yönelimleri a) E21A002 b) E21A064 c) E21A057 d) E21A058 e) E21A022

Çizelge1 Murat Nehir Havzası İstasyon Bilgileri

İstasyon No	Akarsu	Havza Alanı (km ²)	Yükseklik (m)	Ölçüm Aralığı
E21A002	Murat Nehri	25516	859	1969-2000
E21A064	Göynük Çayı	2232	998	1971-2000
E21A057	Karasu	2098	1250	1969-2000
E21A058	Bingöl Çayı	1578	1310	1971-2000
E21A022	Murat Nehri	5882	5882	1969-2000

Su gücü potansiyelinde bir önceki döneme göre değişimler % cinsinden Tablo 1’de verilmiştir. Tabloda verilen değerler yüzde cinsinden değişim değerlerini göstermektedir. Değişim değerleri d ile gösterilmiştir. Değişim aralığının negatif bölgede yer alması söz konusu dönem için azalma ve pozitif bölgede yer alması ise artma eğilimini göstermektedir.

Tablo 1 Murat Nehir Havzası Su Gücü Değişim Oranları

İstasyon No	Su Gücü Değişimleri (%)						Potansiyel
	Değişim Aralığı			Ortalama Değişim			
	Kuraklık	Normal	Taşkın	Kuraklık	Normal	Taşkın	
E21A002	-23<d<-8	-7<d<7	7<d<21	-13	1	14	2
E21A064	-8<d<7	-15<d<5	-13	-4	-2	-13	-3
E21A057	-30<d<-14	0<d<22	11<d<35	-26	7	24	6
E21A058	-14<d<0	-1<d<16	23	-8	1	23	1
E21A022	-22<d<-9	-13<d<0	18	-15	-3	18	-4

Tartışma ve Öneriler

Murat Nehir havzasında E21A064 numaralı istasyon hariç diğer istasyonların su gücü miktarlarında kuraklık döneminde azalma ve taşkın döneminde artma meydana gelmiştir. E21A064 numaralı istasyon tüm dönemlerde azalma eğilimi göstermektedir. E21A057 numaralı istasyon sadece normal dönemlerde ve su gücü potansiyelinde dikkate değer artma eğilimi göstermiştir. Genel anlamda havzada su gücü potansiyelinde ciddi bir değişim olmamakla birlikte zamansal dağılımı ciddi miktarda değişmektedir. Bu durum depolamalı enerji üretim yapılarını daha önemli hale getirmektedir. Gerekli planlama çalışmaları yapılan depolamalı enerji üretim yapıları, enerji üretimi yanında suyun zamansal dağılımını düzenleyerek kuraklık ve taşkın zamanlarında gereken su dengesini sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Alashan S, Toprak ZF, Şen Z (2015), Advances of energy tree method in calculation of gross hydropower potential, International Conference on Civil and Environmental Engineering, 20-23 Mat, 2015, Cappadocia-Turkey.;
- Aytek, A. ve Toprak, ZF, (2001), Fresh Water-Saltwater Distribution and Freshwater Potential of Turkey, Proc. International Symposium on Water Resources and Environmental Impact Assessment, 233 - 238, Istanbul, Turkey
- Batan M ve Toprak ZF (2015), Küresel iklim değişikliğinin olumlu etkileri ve bu etkilerin iklim değişikliğine uyum kapsamında değerlendirilmesi, DÜ Mühendislik Fakültesi Dergisi, 2015 (Eylül);
- Batan M ve Toprak ZF (2014), Financial Comparison of the Kyoto Protocol Obligations and the Natural Disasters Losses (A Key Study for U.S.), 3rd International Conference on Hydrology & Meteorology, September 15-16, 2014 HICC, Hyderabad, India. The presentation of this work was sponsored by: Dicle University and Conference organization.
- Buyukyildiz, M., Marti, A.I., ve Yilmaz, V. (2009) 'Global climate change with its reflections on Turkey' in SGEM 2009: 9th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, Vol II, Conference Proceeding-Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, Antalya, Turkey, pp. 533-540.
- Carless, D. ve Whitehead, P. G. (2013) The potential impacts of climate change on hydropower generation in Mid Waies, Hydrology Research, Vol. 44, No. 3, pp. 495-505
- Cole, M.A. ve Elliot R.J.R. (2014) Climate Change, Hydro-Dependency, and the African Dam Boom, World Development, Vol. 60, pp. 84–98.
- Coskun, Ugur Alganci, Ebru Eris, Necati Agralioglu, H. Kerem Cigizoglu, Levent Yilmaz, ve Z. Fuat Toprak (2010), Remote Sensing and GIS Innovation with Hydrologic Modelling for Hydroelectric Power Plant (HPP) in Poorly Gauged Basins, Water Resources Management, 24(14), [3757-3772](#), DOI: 10.1007/s11269-010-9632-x.;
- Culley, M.R.ve Angelique, H. (2010) 'Nuclear power: Renaissance or relapse? Global climate change and long-term three mile island activists' Narratives', American Journal of Community Psychology, Vol. 45 No. 3-4, pp. 231-246.
- Davis, C.C., Willis, C.G., Primack, R.B., ve Miller-Rushing A.J. (2010) 'The importance of phylogeny to the study of phonological response to global climate change', Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences, Vol. 365 No.1555, pp. 3201–3213.
- Fields, P.A., Graham, J.B., Rosenblatt, R.H., and Somero, G.N. (1993) 'Effects of expected global climate-change on marine faunas', Trends in Ecology & Evolution, Vol. 8 No.10, pp. 361-367.
- Grasso, V., Baronti S., Guarnieri, F., Magno, R., Vaccari, F.P. ve Zabini F. (2011) 'Climate is changing, can we? A scientific exhibition in schools to understand climate change and raise awareness on sustainability good practices', International Journal of Global Warming, Vol. 3 No.1-2 pp. 129-141.
- Günek, H. (2006), Murat Nehri Havzasının (Fırat) Su Potansiyeli ve Değerlendirilmesi (Hydropower Potential and Its Assessing in Murat River Basin), Eastern Geographical Review, 16, 141-164

- Harrison, G.P. ve Whittington, H.W. (2002a), Vulnerability of hydropower projects to climate change, IEEE Proc-Gener., Tsunsi. Distsil., Vol. 149, No. 3, pp. 249-255
- Harrison, G.P. ve Whittington, H.W. (2002b), Susceptibility of the Batoka Gorge hydroelectric scheme to climate change, Journal of Hydrology, 2002, 264, 230-241, doi: 10.1016/S0022-1694 (02)00096-3
- Jamali, S., Abrishamchi, A. ve Madani, K. (2013) Climate Change and Hydropower Planning in the Middle East: Implications for Iran's Karkheh Hydropower Systems, Journal of Energy Engineering, Vol. 139, No. 3, pp. 153-160
- Kickert, R.N. ve Krupa, S.V. (1990) 'Forest responses to tropospheric ozone and global climate change: An analysis', Environmental Pollution, Vol. 68 No. 1-2, pp. 29-65.
- Kişi, Ö., ve Ay, M. (2014) Comparison of Mann–Kendall and innovative trend method for waterquality parameters of the Kizilirmak River, Turkey, Journal of Hydrology, 513, pp. 362–375
- Lehnera, B., Czischb, G., ve Vassolo, S. (2005) The impact of global change on the hydropower potential of Europe: a model-based analysis, Energy Policy, No. 33, pp. 839-855
- Madani, K. ve Lund, J.R. (2010) Estimated impacts of climate warming on California's high-elevation hydropower, Climatic Change, No. 102, pp. 521-538
- Madani, K., Guégan, M. ve Uvo, C.B. (2014), Climate change impacts on high-elevation hydroelectricity in California, Journal of Hydrology, 510, 153-163, doi: 10.1016/j.jhydrol.2013. 12.001
- Marcus, M., Demissie, M., Short, M.B., Verma, S. ve Cooke, R.A. (2014) Sensitivity Analysis of Annual Nitrate Loads and the Corresponding Trends in the Lower Illinois River, J. Hydrol. Eng., 19, pp. 533-543.
- Mehmet Songur, Z. Fuat Toprak, Nizamettin Hamidi, Ahmet Dabanlı (2013), A Case Study on Infrastructure Leakage Index as A Regulatory Tool in the Water Distribution Networks, 3rd International Water Congress and Exhibition (3. Uluslararası Su Kongresi ve Segisi), 21-24 March, Bursa, 2013)
- Mendelssohn, R.O. ve Dinar, A. (2009) 'Climate change and agriculture: An economic analysis of global impacts, adaptation and distributional effects (New Horizons in Environmental Economics)', *Publisher(s): Edward Elgar Publishing Ltd, Publication date: 2009, ISBN/ISSN: 9781847206701, 246 p.*
- Sonali, P. Ve Kumar, D.N. (2013) Review of trend detection methods and their application to detect temperature changes in India, Journal of Hydrology 476, pp. 212–227
- Şen, Z. (2012) Innovative Trend Analysis Methodology. Journal of Hydrologic Engineering, Vol. 17, No. 9, pp. 1042-1046.
- Schwartz, M.W. (1992) 'Potential effects of global climate change on the biodiversity of plants', Forestry Chronicle, Vol. 68 No. 4, pp. 462-471.
- Songur M, Hamidi N, Toprak ZF, ve Dabanlı A, (2012), Developing Mathematical Model For Losses in Water Distribution Network by Integration of SCADA, GIS and Customer Information System, AWERProcedia Information Technology & Computer Science, Vol 03 (2013) 1494-1498.

Timbadiya, P.V., Mirajkar, A.B., Patel, P.L. ve Porey, P.D. (2013) Identification of trend and probability distribution for time series of annual peak flow in Tapi Basin, India, ISH Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 19, No. 1, pp. 11-20.

Thompson, L.G. (2010) 'Understanding global climate change: Paleo climate perspective from the world's highest mountains', Proceedings of the American Philosophical, Vol. 154 No. 2, pp. 133-157.

Toprak ZF (2014), Türkiye’de ve Dünyada Hidrolik Enerji Potansiyeli, Mimar ve Mühendis Grubu Dergisi, 75 (Ocak – Şubat), 60-64, 2014.)

Toprak, Z.F., Hamidi, N., Toprak, Ş. ve Şen, Z. (2013) Climatic identity assessment of the climate change, Int. J. Global Warming, Vol. 5, No. 1, pp. 30–45.

Toprak ZF, Songur M, Hamidi N, ve Gulsever H, (2013), Determination of Losses in Water-Networks Using a New Mathematical Approach, 3rd International Water Congress and Exhibition (3. Uluslararası Su Kongresi ve Segisi), 21-24 March, Bursa, 2013.;

Toprak, Z.F., Hamidi, N., Toprak, Ş. ve Şen, Z. (2013) ‘Climatic identity assessment of the climate change’, Int. J. Global Warming, 5(1), 30–45 (16). DOI: <http://dx.doi.org/10.1504/IJGW.2013.051480>.;

Toprak ZF, Toprak Sahin, ve Hamidi N, (2012), Changement Climatique et Identite Climatique, Le Journal de l’Eau et de l’Environnement, Revue Scientifique et Technique, 81-91 LJEE, 20(2012).

Toprak ZF, Songur M, Hamidi N, ve Gulsever H, (2012), Determination of Losses in Water-Networks Using a New Fuzzy Technique (SMRGT), AWERProcedia Information Technology & Computer Science, Vol 03 (2013) 833-840.

Toprak, ZF, Eris, E., Agiralioglu, N., Cigizoglu, H.K., Yilmaz, L., Aksoy, H., Coskun, G., Andic, G., Alganci, U., (2009), Modeling Monthly Mean Flow in a Poorly Gauged Basin by Fuzzy Logic, CLEAN-Soil, Air, Water, 37(7), 555-564. DOI: 10.1002/clen.200800152.)

Toprak, ZF, (2009), Flow Discharge Modeling in Open Canals Using a New Fuzzy Modeling Technique (SMRGT), CLEAN-Soil, Air, Water, 37(9), 742–752, DOI: 10.1002/clen.200900146.

Vicuña, S., Dracup, J.A. ve Dale, L. (2011) Climate change impacts on two high-elevation hydropower systems in California, Climatic Change, No. 109, pp. 151-169