



Coğrafi Bilgi Sistemlerini Kullanarak Küçük Havzalarda Hidroelektrik Potansiyelinin Belirlenmesi: Türkiye'de Tahtaköprü Çayı Örneği

Ahmet İRVEM^{1*} Mustafa ÖZBULDU¹

Özet

Dünyada enerji ihtiyacına olan talep günümüzde nüfus artışı ve sanayileşmeyle birlikte sürekli olarak artmaktadır. Bu artan enerji talebini karşılamanın yanında, su kaynaklarının verimli ve etkin kullanımının sağlanmasında hidroelektrik santralleri (HES) büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, bir havzanın hidroelektrik potansiyelini belirlemek karar verici merciler için önemlidir. Bu çalışmada, topoğrafik harita ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla, Antakya'da bulunan Tahtaköprü çayı üzerinde kurulabilecek en uygun baraj yeri konumuna karar verilerek, küçük bir sanal baraj inşa edilmiştir. Barajın konumu itibari ile havza sınırları, havza alanı, drenaj ağı, su akış yönleri ve akarsu derecesi ILWIS GIS yazılımı ile sayısal yükseklik haritası kullanılarak oluşturulmuştur. Havzanın su potansiyeli, çalışma alanının topoğrafik ve hidrolojik özellikleri açısından hesaplanmış ve uygun baraj kret yüksekliği tespit edilmiştir. Baraj için aylık kot-hacim grafiğine, debi süreklilik eğrisi, su talebine ve depolanabilir su potansiyeline göre, üretilebilir elektrik enerjisi potansiyeli aylık ve yıllık olarak hesaplanmıştır. Karar vericilere ön fikir vermesi açısından sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: CBS, Tahtaköprü Çayı, potansiyel elektrik enerjisi, ILWIS

Determination of Hydropower Potential for Small Watersheds Using Geographic Information Systems: Case Study of The Tahtakopru Stream in Turkey

Abstract

Demand for energy needs in the world is constantly increasing along with population growth and industrialization. To provide energy, hydropower plants play important role in terms of efficient and effective use of water resources. Therefore, determining the hydropower potential is crucial information for decision-maker. In this study, the virtual dam location has been decided on the Tahtakopru stream in Antakya and constructed by using the topographical map and Geographic Information Systems (GIS). In terms of location of the dam, the border of stream basin, basin area, drainage network, water flow directions and stream order maps were generated using the digital elevation map with ILWIS, GIS software. Water potential has been calculated in terms of topographical and hydrological characteristics of the study area. Also, appropriate dam crest height has been determined. The energy potential of dam was calculated monthly and yearly in terms of the monthly height-volume graph for the dam, the percentage flow rate curve, the water demand, and the storable water potential in the dam. The results were interpreted to give the decision-makers a preliminary opinion.

Keywords: GIS, Tahtaköprü stream, potential hydroelectric energy, ILWIS

Giriş

Günümüz dünyasında hızla artan nüfus, sanayileşme ve teknolojik gelişmeler nedeniyle enerji kaynaklarına olan talep gün geçtikçe

Coğrafi Bilgi Sistemlerini Kullanarak Küçük Havzalarda Hidroelektrik Potansiyelinin Belirlenmesi: Türkiye'de Tahtaköprü Çayı Örneği

artarak devam etmektedir. Artan bu enerji talebini karşılamak amacıyla kullanılan fosil yakıt rezervlerinin gün geçtikçe azalması ve kullanılan fosil kaynaklı enerjinin çevreye verdiği zararlardan dolayı son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi bütün dünyada artmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan hidroelektrik enerji çeşidi, suyun akış ve düşüş hızı sayesinde elde edilen bir enerji çeşididir. Ülkemiz dağlık coğrafyasından dolayı hidroelektrik gelişimi konusunda büyük bir avantaja sahiptir. Ayrıca, çevresel uygunluk ve düşük birim enerji maliyeti, enerji üretimi için sıklıkla kullanılmasının başlıca nedenleridir (Tangüner, 2018). Devlet Su İşleri (DSİ)'nin açıklamasına göre; Türkiye'nin mevcut hidroelektrik potansiyeli teorik olarak 433 milyar kWh, teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel ise 216 milyar kWh seviyesinde bulunmaktadır. Türkiye'nin teknik hidroelektrik potansiyeli dünyanın teknik potansiyelinin %1.5'ine, Avrupa'nın teknik potansiyelinin ise %17.6'sına tekabül etmektedir. Ancak ülkemizin ekonomik ve çevresel açıdan mevcut yatırımlar ile üretilebilir hidroelektrik potansiyeli 158 milyar kWh/yıl olarak belirtilmektedir. Geliştirilecek proje ve planlar sayesinde ise 180 milyar kWh olması öngörülmektedir (Yaman ve Haşıl, 2018). Türkiye'de işletmede olan 303 adet hidroelektrik santralin toplam kurulu gücü 17 372 MW ve ortalama yıllık üretimi ise 62 000 GWh olup, bu değer toplam teknik potansiyelin %28.7'sine karşılık gelmektedir (DSİ, 2017).

Bazı santraller nehirler, akarsular ve kanallar üzerinde bulunur, ancak güvenilir bir su temini için barajlara ihtiyaç vardır. Barajlar; sulama, evsel kullanım, endüstriyel kullanım ve enerji üretimi gibi talepleri karşılamak amacıyla daha sonra kullanmak üzere su depolayan yapılardır. Bir barajdan elde edilecek enerji miktarı, genel olarak, barajda depolanan suyun tribüne gelen akış miktarı ve suyun düştüğü dikey mesafe (hidrolik yük) ile belirlenir. Böylece, barajda yüksek potansiyel enerjiye sahip olan su, türbinler vasıtasıyla kinetik enerjiye dönüşerek enerji üretecektir.

Suyun potansiyel enerjisinden yararlanmak amacıyla, küçük ölçekli su depolama tesislerinin kurulmasına karar vermede, kurulacak tesisin

üretebileceği enerji miktarının önceden belirlenmesi fizibilite açısından gereklidir.

Son yıllarda hızla gelişen CBS teknolojisi ile sanal barajlar kurulabilmekte ve bir su toplama havzasından üretilebilecek potansiyel enerji hesaplanabilmektedir.

CBS ile sayısal yükseklik modeli (DEM) kullanılarak, havza sınırları su akış yönleri, havza alanı gibi havza özelliklerin tanımlanması mümkün olmaktadır. Bu özelliklerin belirlenmesi yanında CBS'nin sağladığı analizlerden de yararlanılarak bir havzanın hidroelektrik enerji potansiyelini, baraj yapılmadan önce hesaplama imkânı doğmuştur (Larentis ve ark., 2010). Gelişmiş CBS yazılımı ve uzaktan algılama verilerini kullanarak, rezervuarın su depolama potansiyelini belirlemek ve hidroelektrik potansiyelini hesaplamak mümkündür (Palla ve ark., 2016).

Türkiye'nin Sakarya havzasında bulunan Bilecik ili akarsularında yapılan bir çalışmada, teorik hidroelektrik potansiyele sahip yerler CBS ile analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda Bilecik bölgesindeki akarsuların hidroelektrik üretimi için iyi bir potansiyele sahip olduğunu ortaya çıkarılmıştır. Çalışma alanında, farklı yıllık enerji üretim seviyelerine sahip küçük hidroelektrik santralinin inşa edilebileceği 85 yeri belirlemiştir (Bayazıt ve ark., 2017).

Filipinler de Misamis Occidental bölgesinin hidroelektrik potansiyelini belirlemek için yapılan bir çalışmada topoğrafik ve meteorolojik veriler kullanılarak CBS tabanlı hidrolojik modelleme yapılmıştır. Model sonuçlarına göre, potansiyel alanların %62'sinin mikro hidroelektrik (5kW-100kW) ve %38'inin piko hidroelektrik (> 5 kW) olarak sınıflandırmışlardır (Tarife ve ark., 2017). Seydisuyu havzasının hidroelektrik potansiyel bakımından geliştirilmesi amacıyla yapılan çalışmada, Seydisuyu üzerine yapılan bir barajdan elde edilecek enerji miktarı CBS yazılımı ve topoğrafik haritalar yardımıyla araştırılmıştır. Sonuç olarak, yapılacak barajın su potansiyeli ile 2.17 GWh/yıl elektrik üretilebileceği hesaplanmıştır (Bakış ve Bayazıt, 2017).

Bu araştırmanın amacı, karar vericilere ön fikir vermesi amacıyla, küçük havzalarda CBS yardımıyla sanal olarak inşa edilebilecek su

Coğrafi Bilgi Sistemlerini Kullanarak Küçük Havzalarda Hidroelektrik Potansiyelinin Belirlenmesi: Türkiye'de Tahtaköprü Çayı Örneği

depolama yapılarının yerini, depolanabilir su miktarını ve hidroelektrik enerji potansiyelini aylık ve yıllık olarak hesaplamaya yönelik örnek bir uygulamayı gerçekleştirmektedir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma, Hatay ilinin Serinyol mahallesi sınırları içerisinde 48 km²'lik bir alana sahip Tahtaköprü Çayı havzasında yürütülmüştür. Tahtaköprü havzasının konumu Şekil 1'de verilmiştir. Çalışma alanının sayısal topoğrafik haritası TSK Harita Genel Komutanlığı'ndan alınmıştır. Havza sınırı, su akış yönleri ve akarsu derecesi haritalarının oluşturulmasında, ayrıca baraj gölünde depolanabilir su miktarının hesaplanmasında ILWIS GIS yazılımı kullanılmıştır.

Çalışma alanında ölçülmüş akış verileri olmadığından aylık ortalama yüzey akış, SCS (Toprak Koruma Sevisi) yöntemiyle hesaplanmıştır. Bu yöntem, yağış verisinden elde edilen yüzey akışının belirlenmesinde en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Bu

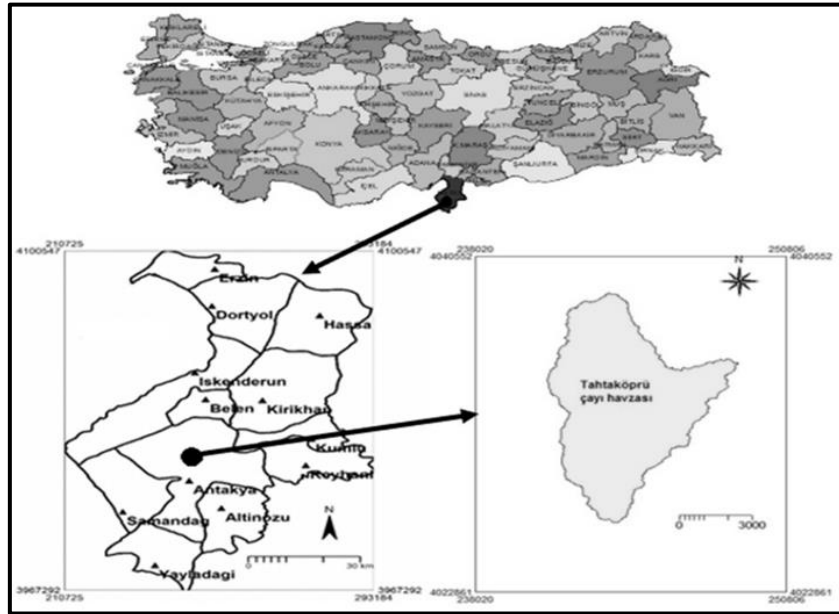
yöntemde, yüzey akış aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmaktadır (Ghorabaa, 2015).

$$Q = \frac{(P-0,2S)^2}{(P+0,8S)} \quad (1)$$

$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) 25,4 \quad (2)$$

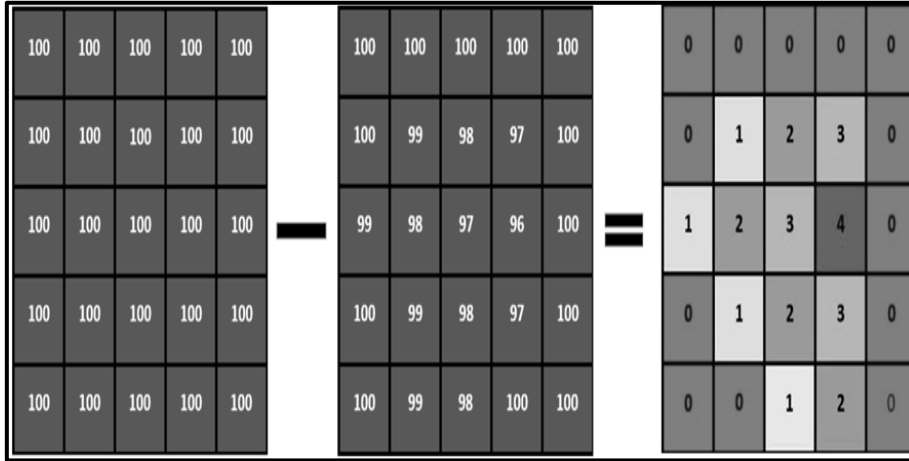
Yukarıdaki eşitliklerde; S , akış ile yağış arasındaki maksimum potansiyel farkı (mm), CN , hidrolojik toprak grup numarasını (eğri numarası), Q , yüzey akışı (mm), P , yağışı (mm) temsil etmektedir.

Antakya meteoroloji istasyonuna ait 1960 ile 2015 yıllarını kapsayan aylık yağış verileri, aylık yüzey akış hesaplamalarında kullanılmıştır. Debi süreklilik eğrisi, genellikle bir akışın, belirli bir değere eşit ya da daha yüksek olması muhtemel olan sürenin yüzdesi olarak gösterilir. Bu çalışmada, zamanın %50'sini oluşturan ya da aşan akışı belirlemek için debi süreklilik eğrisi kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının havza içindeki konumu ve sınırları

Coğrafi Bilgi Sistemlerini Kullanarak Küçük Havzalarda Hidroelektrik Potansiyelinin Belirlenmesi: Türkiye'de Tahtaköprü Çayı Örneği



Şekil 2. Depolanan su hacminin hesaplanması için şematik örnek

Baraj yeri seçilirken, baraj yerinin topoğrafik şartlar göz önüne alınarak, dar bir vadiye ve olabildiğince fazla suyu depolayabilecek kadar geniş bir yerde olmasına dikkat edilmiştir. Sayısal topoğrafik harita ve CBS yardımıyla Tahtaköprü çayı üzerinde kurulabilecek en uygun baraj yeri konumuna karar verilmiş ve sanal bir baraj inşa edilmiştir. Suyun belirli bir kota kadar olan hacmi ILWIS GIS yazılımında en yakın komşu değerleri yöntemi (neighborhood) kullanılarak hesaplanabilir (İrvem, 2011).

Su hacminin hesaplanması için şematik örnek Şekil 2'de gösterilmiştir. 100 değerini içeren hücreler düz alanlar geri kalan hücreler ise çukur alanlardır. İki haritanın birbirinden çıkarılması ile su derinliği elde edilmektedir. Depolanan su ise elde edilen su derinliği ile hücre büyüklüğü çarpılarak hesaplanabilir.

Akarsu debisi ve hidrolik yük hidroelektrik potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan iki temel değişkendir (Setiawan, 2015). Potansiyel hidroelektrik enerjisi aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmaktadır (De Jong ve ark., 2018).

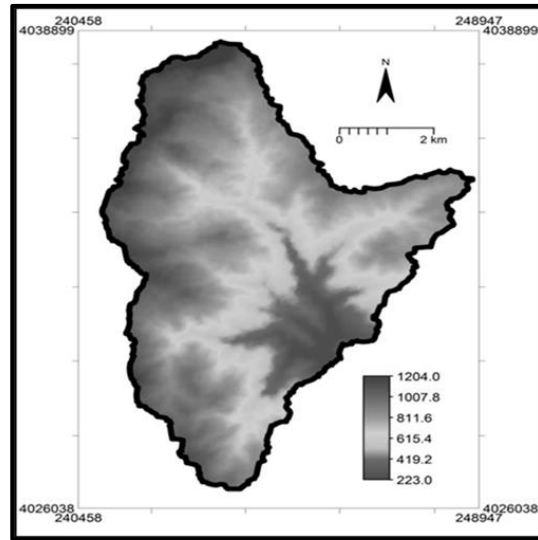
$$P = \gamma Q h \varphi \quad (3)$$

Yukarıdaki eşitlikte; P , potansiyel hidroelektrik enerjisini (kW), γ , suyun yoğunluğunu (9.79 kN/m³), Q , debi miktarını (m³/s), h : hidrolik yükü (m), φ , türbin randımanını (0.80-0.90) temsil etmektedir. Eşitlik 3 kullanılarak her ay için elektrik potansiyeli enerji olarak, o aydaki

debi ve hidrolik yük değerlerine göre hesaplanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

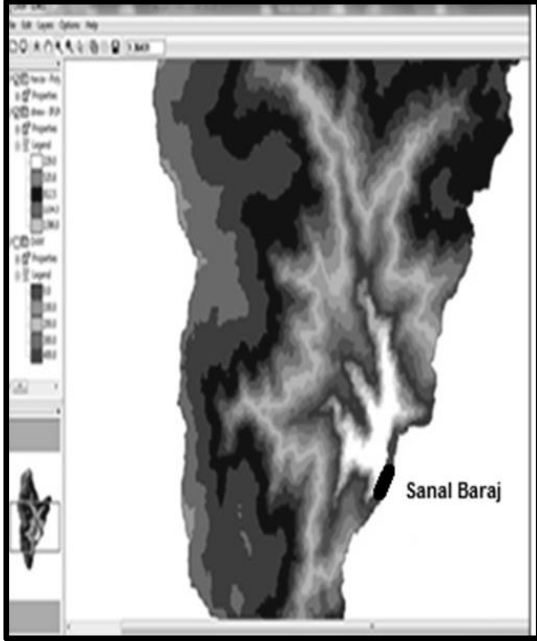
Sayısal topoğrafik harita ILWIS yazılımına aktarılarak sayısal yükseklik haritası elde edilmiş ve Şekil 3'te verilmiştir. Havzanın denizden yüksekliği maksimum 1204 m, minimum 223 m olarak bulunmuştur.



Şekil 3. Sayısal yükseklik haritası

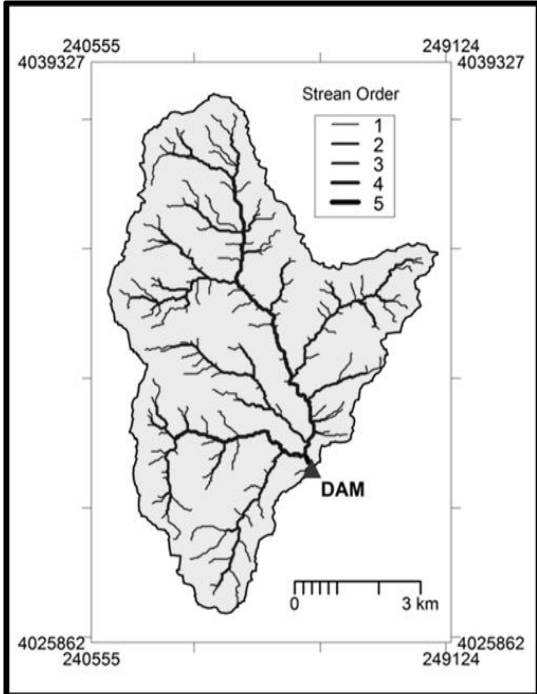
Topoğrafik koşullara göre en uygun baraj yeri, sayısal yükseklik haritası yardımıyla denizden yüksekliğin minimum olduğu yer olarak seçilmiştir. Oluşturulan sanal barajın yeri Şekil 4'te görülmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemlerini Kullanarak Küçük Havzalarda Hidroelektrik Potansiyelinin Belirlenmesi: Türkiye'de Tahtaköprü Çayı Örneği



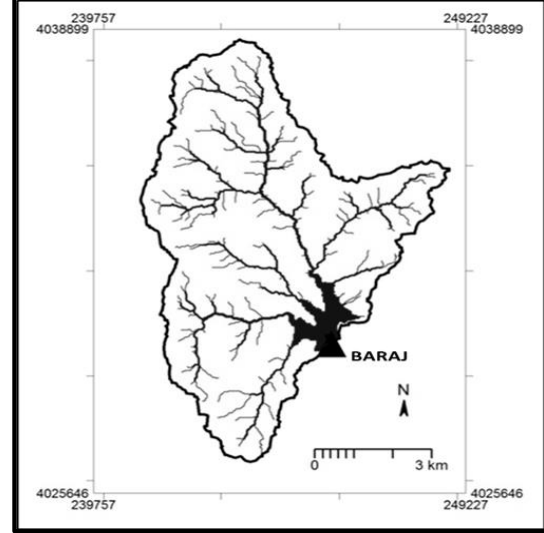
Şekil 4. Oluşturulan sanal barajın konumu

Sayısal yükseklik haritasın kullanılarak oluşturulan su akış yönleri ve akış birikim haritalarından elde edilen havzanın akarsu derecelerini gösteren harita Şekil 5 verilmiştir.



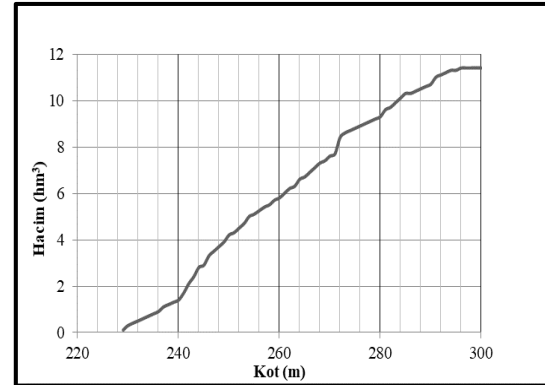
Şekil 5. Baraj yeri ve akış derecesi haritası

Sanal barajın oluşturulması sonucu elde edilmiş depolanabilir suyun kapladığı yüzey alan Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Sanal barajda depolanabilir suyun kapladığı yüzey alan

Sanal baraj için ILWIS grafik menüsünden Kot-hacim grafiği oluşturulmuştur. Deniz seviyesinden 230 m ile 300 m arasındaki su hacimlerini veren grafik Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Sanal baraja ait kot-hacim grafiği

Sanal baraja ait kot-hacim grafiğinde görüldüğü üzere, topoğrafya açısından baraj rezervuarında maksimum depolanabilecek suyun hacmi 11.4 hm³ olarak belirlenmiştir. Barajda depolanabilir su hacminin bilinmesinden sonra, havza için mevcut su potansiyeli bilinmelidir.

Coğrafi Bilgi Sistemlerini Kullanarak Küçük Havzalarda Hidroelektrik Potansiyelinin Belirlenmesi: Türkiye'de Tahtaköprü Çayı Örneği

Havzada akış kayıtları olmadığı için yüzey akış, havzaya en yakın meteoroloji istasyonu yağış verilerinden SCS yönteminde verilen Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 kullanılarak tahmin edilmiştir. Hatay'da yapılan yağıştan yüzey akışı

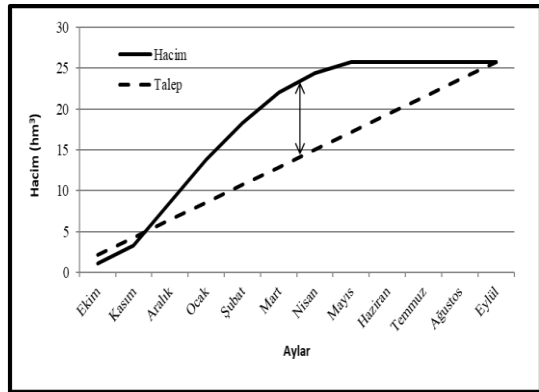
belirlemeye yönelik bir çalışmada her havza için CN değerleri belirlenmiştir (Keskinçilic, 2015). Bu çalışmanın sonucu olarak Tahtaköprü havzası için CN değeri 75 olarak alınmıştır.

Çizelge 1. Rezervuar hacim kapasitesinin hesaplanması (hm³)

<u>Aylar</u>	<u>Giren Su</u> <u>(hm³)</u>	<u>Kümülatif</u> <u>Toplam</u>	<u>Talep</u> <u>(hm³)</u>	<u>Kümülatif</u> <u>Talep</u>	<u>Fark</u>	<u>Değişim</u>	<u>Rezervuardaki</u> <u>Su Miktarı(hm³)</u>
Ekim	1.076	1.076	2.147	2.147	-1.071	-	0.031
Kasım	2.178	3.254	2.147	4.294	-1.040	0.031	0.618
Aralık	5.319	8.572	2.147	6.441	2.131	3.172	3.233
Ocak	5.199	13.772	2.147	8.588	5.183	3.052	6.286
Şubat	4.501	18.273	2.147	10.735	7.538	2.354	8.640
Mart	3.722	21.995	2.147	12.882	9.113	1.575	10.215
Nisan	2.421	24.416	2.147	15.029	9.388	0.274	10.500
Mayıs	1.347	25.764	2.147	17.176	8.588	-0.799	9.690
Haziran	0	25.764	2.147	19.323	6.441	-2.147	7.543
Temmuz	0	25.764	2.147	21.470	4.294	-2.147	5.396
Ağustos	0	25.764	2.147	23.617	2.147	-2.147	3.249
Eylül	0	25.764	2.147	25.764	0	-2.147	1.102

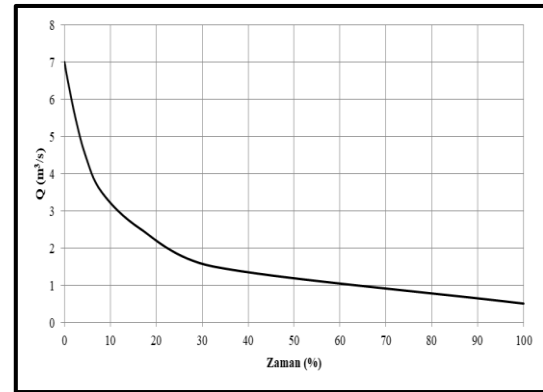
Yüzey akışla baraj rezervuarına gelen toplam su miktarının tamamı talep olarak değerlendirilmiş ve ihtiyaç miktarı her ay için eşit varsayılarak hesaplanmış rezervuar su bütçesi Çizelge 1'de verilmiştir.

Maksimum rezervuar hacmi Şekil 8'deki kümülatif hacim ve kümülatif talep grafiğinden de kararlaştırılabilir. Kümülatif hacim ve talep arasındaki fark, bize Tablo 1'de hesaplandığı gibi 10.5 hm³ olan maksimum rezervuar kapasitesini sağlamıştır.



Şekil 8. Kümülatif hacim ve talep eğrisi

Hesaplanan yüzey akış değerlerinden oluşturulan debi süreklilik eğrisi grafiği Şekil 9'da verilmiştir. Bu grafiğe göre Tahtaköprü çayı debi değerleri en düşük 0.5 m³/s ve en yüksek 7 m³/s 'lik pik akış değeri arasında değiştiği görülmektedir. Zamanın yüzde ellisine denk gelen akış miktarı ise 1.2 m³/s olarak belirlenmiştir. Toplam su hacminden hesaplanan ve sürekli sabit akışın miktarı ise 0.87 m³/s olarak hesaplanmıştır.



Şekil 9. Debi süreklilik eğrisi

Coğrafi Bilgi Sistemlerini Kullanarak Küçük Havzalarda Hidroelektrik Potansiyelinin Belirlenmesi: Türkiye'de Tahtaköprü Çayı Örneği

Türbin verimliliği %85 alınarak Eşitlik 3 ile, zamanlarda 0.87 m³/s sabit akış değerlerine göre potansiyel enerji hesaplamaları, zamanın yüzde ellisine denk gelen 1.2 m³/s akış ile tüm hesaplanmış potansiyel enerji değerleri sırasıyla Çizelge 2 ve Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. Zamanın %50'sinde meydana gelen 1.2 m³/s.'lik akış sabitinde potansiyel enerji

Aylar	Hacim (hm ³)	Hidrolik Yük (m)	Enerji (kW)		Aylık Potansiyel Enerji (MWh)
			(Gün)	(Ay)	
Ekim	0.03	1	9.99	309.56	7.43
Kasım	0.06	2	19.97	599.15	14.38
Aralık	3.23	15	149.79	4 643.40	111.44
Ocak	6.29	30	299.57	9 286.79	222.88
Şubat	8.64	43	429.39	12 022.90	288.55
Mart	10.22	60	599.15	18 573.59	445.77
Nisan	10.49	61	609.13	18 274.01	438.58
Mayıs	9.69	55	549.22	17 025.79	408.62
Haziran	7.54	50	499.29	14 978.70	359.49
Temmuz	5.40	25	249.65	7 739.00	185.74
Ağustos	3.25	15	149.79	4 643.40	111.44
Eylül	1.10	7	69.90	2 097.02	50.33
Yıllık			3 634.83	11 0193.30	2 644.64

Çizelge 3. Tüm zamanlarda 0.87 m³/sn'lik sabit akış için potansiyel enerji

Aylar	Hacim (hm ³)	Hidrolik Yük (m)	Enerji (kW)		Aylık Potansiyel Enerji (MWh)
			(Gün)	(Ay)	
Ekim	0.03	1	7.24	224.43	5.39
Kasım	0.06	2	14.48	434.38	10.43
Aralık	3.23	15	108.60	3 366.46	80.80
Ocak	6.29	30	217.19	6 732.93	161.59
Şubat	8.64	43	311.31	8 716.60	209.20
Mart	10.22	60	434.38	13 465.85	323.18
Nisan	10.49	61	441.62	13 248.66	317.97
Mayıs	9.69	55	398.18	12 343.70	296.25
Haziran	7.54	50	361.99	10 859.56	260.63
Temmuz	5.40	25	180.99	5 610.77	134.66
Ağustos	3.25	15	108.60	3 366.46	80.80
Eylül	1.10	7	50.68	1 520.34	36.49
Yıllık			2 635.25	79 890.14	1 917.36

Rezervuardaki maksimum depolanan su Çizelge 2'de görüldüğü gibi nisan ayında yaklaşık 10.5 hm³ olmuştur. Maksimum depolanabilir hacimde, hidrolik yük, kot-hacim grafiğinden 61

Coğrafi Bilgi Sistemlerini Kullanarak Küçük Havzalarda Hidroelektrik Potansiyelinin Belirlenmesi: Türkiye'de Tahtaköprü Çayı Örneği

m olarak belirlenmiştir. Zamanın %50'sinde meydana gelen 1.2 m³/s'lik sabit akışta aylık maksimum enerji potansiyeli 445.77 MWh olarak mart ayında hesaplanmıştır. Mart ayı gün sayısı 31 olduğundan, hidrolik yükün 60 metre olduğu bu ayda aylık enerji potansiyeli en yüksek değer olmuştur. Zamanın %50'sinde meydana gelen 1.2 m³/s'lik sabit akışta yıllık potansiyel enerji ise 2 644.64 MWh olarak hesaplanmıştır.

Depolanabilir su potansiyelinin tüm zamanlar için oluşturacağı 0.87 m³/s sabit akış koşullarında Çizelge 3'te görüldüğü gibi aylık maksimum enerji potansiyeli 323.18 MWh olarak mart ayında hesaplanmıştır. Mart ayı gün sayısı 31 olduğundan, hidrolik yükün 60 metre olduğu bu ayda aylık enerji potansiyeli en yüksek değer olmuştur. Aynı koşullar için yıllık potansiyel enerji ise 1 917.36 MWh olarak hesaplanmıştır.

Sonuç

Bu çalışmada, karar vericilere ön fikir vermesi amacıyla, küçük havzalarda CBS yardımıyla sanal olarak inşa edilebilecek su depolama yapılarının yerini, depolanabilir su miktarını ve hidroelektrik enerji potansiyelini aylık ve yıllık olarak hesaplamaya yönelik örnek bir uygulama gerçekleştirilmiştir. CBS teknolojisi kullanılarak havzanın en düşük kotu baraj yeri olarak seçilmiş ve oluşturulan sanal barajda depolanabilir su potansiyeli arazi çalışmasına gerek duyulmadan hızlı bir şekilde belirlenmiştir. Tahtaköprü çayı havzası karakteristiklerinden, havza alanı, drenaj ağı, su akış yönleri ve akarsu dereceleri ILWIS CBS yazılımı ile kolayca haritalanmıştır.

SCS yöntemi ile hesaplanan yüzey akış değerleri ile debi süreklilik eğrisi hazırlanmıştır. Debi süreklilik eğrisinden zamanın %50'sine karşılık gelen debi değeri ile bir yıl boyunca rezervuardan sağlanacak sabit akışa göre potansiyel enerji hesaplamaları aylık ve yıllık olarak hesaplanmıştır.

Hesaplamalar sonucunda, zamanın %50'sinde meydana gelen 1.2 m³/s'lik sabit akışta aylık maksimum enerji potansiyeli 445.77 MWh olarak mart ayında hesaplanmıştır. Yıllık potansiyel enerji ise 2 644.64 MWh hesaplanmıştır.

Depolanabilir su potansiyelinin tüm zamanlar için oluşturacağı 0.87 m³/s sabit akış koşullarında aylık maksimum enerji potansiyeli 323.18 MWh olarak mart ayında hesaplanmıştır. Aynı koşullar için yıllık potansiyel enerji ise 1 917.36 MWh hesaplanmıştır.

Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemlerinden yararlanarak hidroelektrik enerji potansiyeli kolayca ve hızlı bir şekilde hesaplanabilmiştir. Bu hesaplama sonuçları, barajların ekonomik analizinde ve rüzgâr, güneş enerjisi vb. gibi alternatif kaynakların seçilmesinde karar vericilere ön fikir vermesi bakımından önemli olan bu çalışmanın sonuçları yanında, havzalarda ekolojik ve sosyoekonomik faktörleri de göz önüne alınarak daha ayrıntılı çalışmalara gerek vardır. CBS kullanılarak yapılan bu çalışma ile sanal bir barajda depolanabilir su miktarının tahmini, sadece üretilebilecek enerjinin hesaplanması dışında, içme ve kullanım suyu sağlama ile tarımsal sulama amaçlı planlamalara önemli katkılar sağlayacaktır.

Coğrafi Bilgi Sistemlerini Kullanarak Küçük Havzalarda Hidroelektrik Potansiyelinin Belirlenmesi: Türkiye'de Tahtaköprü Çayı Örneği

Kaynaklar

- Bakış, R., Bayazıt, Y. (2017) Seydisuyu Havzasında Küçük Ölçekli Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Araştırılması. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik* 3:367-384.
- Bayazıt, Y., Bakış, R., Koç, C. (2017) An Investigation of Small-Scale Hydropower Plants Using the Geographic Information System. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67:289-294.
- De Jong, P., Tanajura, C.A.S., Sanchez, A.S., Dargaville, R., Kiperstok, A., Torres, E.A. (2018) Hydroelectric Production from Brazil's São Francisco River Could Cease Due to Climate Change and Inter-Annual Variability. *Science of the Total Environment* 634:1540-1553.
- Ghorabaa, S.M. (2015) Hydrological Modeling of the Simly Dam Watershed (Pakistan) Using GIS and SWAT Model. *Alexandria Engineering Journal* 54(3):583-594.
- Irvem, A. (2011) Application of GIS to Determine Storage Volume and Surface Area of Reservoirs: The Case Study of Büyük Karacay Dam. *International Journal of Natural and Engineering Sciences* 5(13):39-43.
- Keskinkılıç, A. (2015) Hatay İli Yüzeysel Akış Potansiyelinin CBS ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, HMKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Larentis, D.G., Collischonn, W., Olivera F., Tucci, C.E.M. (2010) Gis-Based Procedures for Hydropower Potential Spotting. *Energy* 35:4237-4243.
- Palla, A., Gnecco, I., Barbera, P., Ivaldi, M., Caviglia, D. (2016) An Integrated GIS Approach to Assess the Mini Hydropower Potential. *Water Resources Management* 30(9): 2979-2996.
- Setiawan, D. (2015) Potential Sites Screening for Mini Hydro Power Plant Development in Kapuas Hulu, West Kalimantan: A GIS Approach. *Energy Procedia* 65:76-82.
- Tangüner, B. (2018) Volumes and Use of Renewable Energy Sources in Turkey. *Social Sciences Studies Journal* 4(16):1396-1408.
- Tarife, R.P., Tahud, A.P., Gulben, E.J.G., Macalisang, H.A.R.C.P., Ignacio, M.T.T. (2017) Application of Geographic Information System (GIS) in Hydropower Resource Assessment: A Case Study in Misamis Occidental, Philippines. *International Journal of Environmental Science and Development*, 8:507-511.
- Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (2017) DSİ Genel Müdürlüğü 2016 Yılı Faaliyet Raporu. <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2016-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2>, Erişim tarihi 5 Temmuz 2018.
- Yaman, M., Haşıl, F. (2018) Türkiye'deki Hidroelektrik Santrali (HES) Uygulamalarına Çevre Açısından Bakış. *Uluslararası Afro-Avrasya Araştırmaları Dergisi* 5:145-156.

**Coğrafi Bilgi Sistemlerini Kullanarak Küçük Havzalarda Hidroelektrik Potansiyelinin Belirlenmesi:
Türkiye'de Tahtaköprü Çayı Örneği**