

Dicle Havzası Ardışık Hidroelektrik Santralleri için İşletim Modeli

Emrah Yalçın

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 06800 Ankara

Tel: 0505 863 2816

E-posta: emrah.yalcin@metu.edu.tr

Şahnaz Tiğrek

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Batman Üniversitesi, 72100 Batman

Tel: (488) 217 3554

E-posta: sahnaz.tigrek@batman.edu.tr

Öz

Bu çalışmada, henüz gelişme aşamasında olan Dicle Nehri Havzası'nda yer alan barajların bütünleşik bir şekilde işletilebilmesi için geliştirilen model tanıtılacaktır. Geliştirilen model, hidro-meteorolojik veriler kullanılarak havzadaki planlama, inşa ve işletmedeki depolamalı tüm su yapılarının işletme optimizasyonunun yapılmasını sağlayan doğrusal olmayan bütünleşik bir modeldir. Bu model ile havzada üretilebilecek enerjiyi maksimize etmek hedeflenirken havzanın diğer su ihtiyaçları da hesaba katılmış ve sulama suyu ihtiyacına öncelik verilmiştir. Bütünleşik ve ardışık işletme optimizasyonu çalışmaları tarihsel akım verileri ile en ıslak ve en kurak yıllar için yapılmıştır. Her iki durumda da, bütünleşik optimizasyon modeli barajların işletmesinin tek tek optimize edildiği ardışık optimizasyon modeline göre daha iyi sonuç verirken ardışık modelin mansaptaki sulama ihtiyacının tamamını karşılayamadığı görülmüştür. Ayrıca bütünleşik model havzadaki tüm projeler için farklı senaryolar altında uygulanarak hem havza enerji potansiyeli hem de ulusal ve uluslararası platformlarda yapımı çokça tartışılan Ilısu Barajı'nın bu potansiyele katkısı araştırılmıştır.

Anahtar sözcükler: Doğrusal olmayan programlama, Optimizasyon, Rezervuar işletmesi, Dicle Havzası, Ilısu Barajı.

Giriş

Su enerjisi, yeterince yerli fosil kaynaklara sahip olunmaması sebebiyle ülkemizin enerji potansiyelinin geliştirilmesinde önemli bir etmendir. Hedef konulan tarih zaman içinde değişse de Türkiye tüm teknik ve ekonomik su potansiyelini enerjiye çevirme konusundaki hedefinden vazgeçmemiştir. Bu bağlamda, dünyadaki enerji piyasası gelişiminden de etkilenerek su kaynaklarının gelişimini hızlandırmak için yeni bir strateji olarak daha önce çok sınırlı olan özel sektör payını artırma yoluna gidilmiştir. Burada küresel iklim değişikliği sebebiyle yenilenebilir enerji potansiyelini artırma isteğinin de payı vardır. Bu yeni strateji ile bugün enerji üretiminde çok sayıda paydaş yer alırken kamu payı gitgide azalmaktadır. Ancak bu durum yakın gelecekte su

paylaşımı konusunda ciddi çatışmalara sebep olabilecektir. Daha önce birçok havzada ardışık olarak inşa edilen hidroelektrik santraller tek bir otorite tarafından işletilirken şu an birden fazla işletici vardır. Yağışın bol olduğu yıllarda bir sorun belki olmayacaktır; ancak yağışın az olduğu yıllarda enerji üretiminin havza bazlı yönetilmemesi üretimde kayda değer düşümlere sebep olacaktır. Ülkemizdeki nehir havzalarının sadece enerji yapılarını değil sulama ve içme suyu temin yapılarını da barındırması gerçeği bu karışıklığın boyutlarını artıracaktır.

Bu çalışmada, henüz havza gelişimini yapısal olarak tamamlamamış olan Dicle Nehri Havzası'nda yer alan projelerin bütünlük bir şekilde işletilebilmesi için geliştirilen model ile hem havza enerji potansiyeli hem de ulusal ve uluslararası platformlarda yapımı çokça tartışılan Ilısu Barajı'nın bu potansiyele katkısı araştırılmıştır. Geliştirilen model, hidro-meteorolojik veriler kullanılarak havzadaki planlama, inşa ve işletmedeki depolamalı tüm su yapılarının işletme optimizasyonunun yapılmasını sağlayan doğrusal olmayan bütünlük bir modeldir. Bu model ile havzada üretilebilecek enerjiyi maksimize etmek hedeflenirken havzadaki diğer su kullanıcılarının ihtiyaçları da hesaba katılmıştır.

Dicle Havzası ve Ilısu Barajı

Dicle Nehri, Fırat Nehri ile beraber Ortadoğu'nun en önemli nehridir. Hazar Gölü yakınlarında doğan nehir, güney doğu yönünde 523 km kat ederek Suriye sınırına ulaşır burada 32 km'lik bir bölümüyle Türkiye-Suriye sınırının bir parçasını çizmektedir. Toplam uzunluğu 1900 km olan nehir, Irak topraklarında Fırat Nehri ile birleşerek 179 km uzunluğundaki Şatt-ül Arap suyunu oluşturmakta ve Basra Körfezi'ne dökülmektedir (Altınbilek, 2004).

Dicle Nehri Havzası ile ilgili ilk çalışmalar 1945 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Direktörlüğü tarafından başlatılmıştır. 1953 yılında Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün su kaynaklarının geliştirilmesi göreviyle kurulmasından sonra 26 nehir havzasında havza esaslı çalışmalar başlamıştır. 1961 yılında Fırat Planlama Grup Amirliği (FPGA) kurulmuş, Fırat-Dicle Havzası'nda öncelik Fırat Nehri'ne verilerek 1965 yılında Keban Barajı'nın inşasına başlanmıştır (Yalcin, 2010). Dicle Nehri enerji potansiyeli ile ilgili ilk veriler 1968 yılında FPGA tarafından yayınlanan *Dicle Havzası İstikşaf Raporu*'nda yer almaktadır. Bu raporda, 500 m ve 370 m kotları arasındaki enerji potansiyelinin sırasıyla Üçağaç, Çelikhan ve Cizre Barajları ile değerlendirilmesi öngörülmüş; ancak bu çalışma daha sonra revize edilerek Ilısu-Cizre ikili baraj projesi ile son şeklini almıştır (Ilısu Hydropower Consultants, 1983).

Yirminci yüzyıl, su potansiyeli olan tüm ülkelerde, havzaların su ve enerji potansiyelini değerlendirmek amacıyla, baraj inşaatlarının en yoğun olduğu dönemdir. Ancak barajlar bugün tüm dünyada yoğun eleştirilere sebep olmaktadır. Bunun nedeni, 150 yıllık baraj pratiğinin zararlı sonuçlarının görülmesi ve küresel iklim değişikliği tartışmalarının toplumlarda doğaya ve çevreye karşı farkındalığının arttırmasıdır. Ilısu Barajı da çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerinden dolayı değişik kişi ve gruplarca çokça eleştirilmektedir. Özellikle geçmişi milattan önce on bin yıla uzanan Hasankeyf'in bir bölümünün sular altında kalacak olması sebebiyle tepki çeken bu baraj projesinin, ülkenin artan enerji ihtiyacı gerekçesiyle dış kredi imkanları olmamasına rağmen yerel

bankalardan kredi sağlanarak 2008 yılında inşasına başlanmıştır. Halen inşası devam eden projeye karşı hem Hasankeyf'in sular altında kalmasını engelleyecek hem de mevcut projenin enerji üretim potansiyeline eş bir alternatif proje Yalcin (2010) tarafından geliştirilmiş olsa da baraj boyutlarıyla ilgili herhangi bir yenilemeye gidilmemiştir. Bu çalışmada, havza planlanmasının tamamlandığı öngörülerek havza optimizasyonu işletme durumu için yapılmış olup mevcut projelerle havzadan en üst düzeyde verim alınması hedeflenmiştir.

Doğrusal Olmayan Programlama Modeli

Optimizasyon modeli doğrusal olmayan programlama ile formüle edilmiştir. Enerji satışından elde edilecek geliri ve üretilen toplam enerjiyi maksimize etmek için iki ayrı hedef fonksiyonla geliştirilen bu modelde kısıtlama olarak akım-süreklilik ilişkisi, türbin kapasitesi, dolusavak kapasitesi, minimum çıkış akımı, minimum enerji üretimi, minimum depolama ve rezervuar kapasitesi alınmıştır. Ayrıca işletme döneminin başlangıcı ve sonu için depolama hacimleri, baraj ölü hacim miktarlarına eşit olacak şekilde sınırlandırılmıştır. Net buharlaşma miktarları, aylık ortalama akım değerleri, can suyu miktarları, sulama ve içme suyu ihtiyaçları, rezervuar alanı ve su seviyesi fonksiyonları, türbin verim eğrileri ve elektrik satış fiyatları ile projelerin teknik ve topografik özellikleri modelin giriş verilerini oluşturmaktadır (Yalcin, 2015) Bu doğrusal olmayan optimizasyon problemini çözmek için General Algebraic Modelling System (GAMS) paket programında MINOS çözücüsü kullanılmıştır (Murtagh ve diğ., 2014).

Bütünleşik ve Ardışık İşletme Modellerin Karşılaştırılması

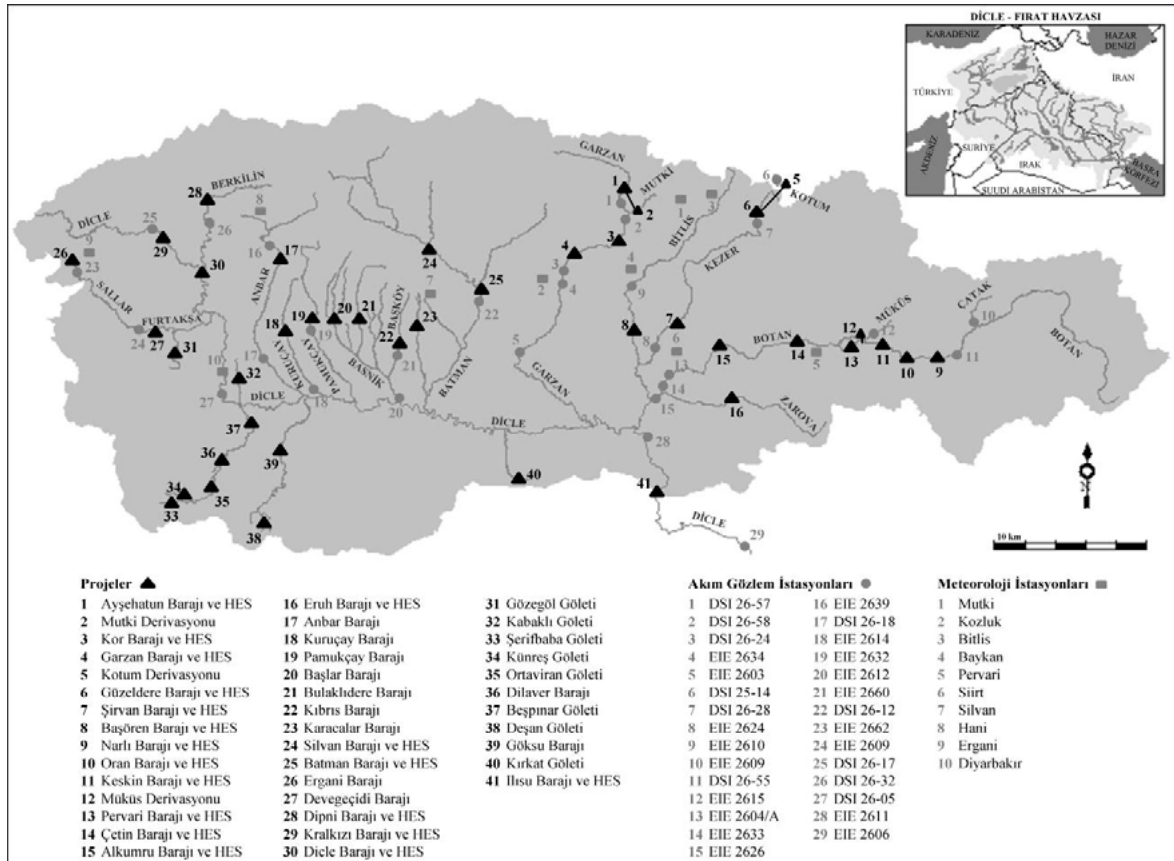
Bütünleşik ve ardışık işletme modellerinin karşılaştırması, Dicle Nehri kollarından biri olan Garzan Çayı üzerinde yer alan Ayşehatun, Kor ve Garzan baraj projeleri ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). 12 aylık zaman döneminde tarihsel akış verileri kullanılarak gözlem periyodundaki en ıslak ve en kurak yıllar için gerçekleştirilen işletme çalışmalarında hedef fonksiyonu olarak maksimum enerji geliri esas alınmıştır. İşletme sonuçlarına göre, hem kurak hem de ıslak mevsimde yıllık toplam enerji geliri bütünleşik modelde daha fazla olurken, ardışık modelde kurak mevsimde sulama suyu ihtiyacı Garzan Barajı çıkış akımları ile sağlanan 60000 ha'lık Garzan sulama projesinin su ihtiyacının ancak %83'ünü sağlanabildiği görülmüştür (Tablo 1) (Enersu, 2008).

Tablo 1 Garzan Çayı Hidroelektrik Sistemi İşletme Sonuçları.

Gelir (milyon ABD doları)				
	Ayşehatun	Kor	Garzan	Toplam
<i>En ıslak dönem</i>				
Bütünleşik model	20,05	13,74	21,78	55,57
Ardışık model	20,22	13,11	18,81	52,14
<i>En kurak dönem</i>				
Bütünleşik model	6,40	3,34	5,50	15,24
Ardışık model	6,67	3,49	5,00	15,16

Bütünleşik İşletme Modeli

Dicle Nehri Havzası'nın Ilısu Barajı ve HES projesine kadar olan bölümü olan 36408 km²'lik alanda tam gelişme durumuna göre 30 baraj ve 8 gölet projesi bulunmaktadır (Şekil 1). Bu projelerden 19 tanesi enerji amaçlı olup 15 tanesi işletmede, 11 tanesi inşa halinde ve diğer projeler ise planlanma aşamasındadır. Bu projeler ile yaklaşık yarım milyon ha alanın sulanması ve yılda 14,5 milyon m³ suyun Diyarbakır, Van ve Siirt illerine içme ve kullanma suyu olarak temin edilmesi hedeflenmektedir. Mevcut durumda 7 baraj ve 8 gölet projesi tamamlanmış olup bu projelerle 34756 ha'lık arazinin sulama suyu ihtiyacı karşılanmaktadır (DSİ, 2014).



Şekil 1 Dicle Nehri Projeleri ve Ölçüm İstasyonları.

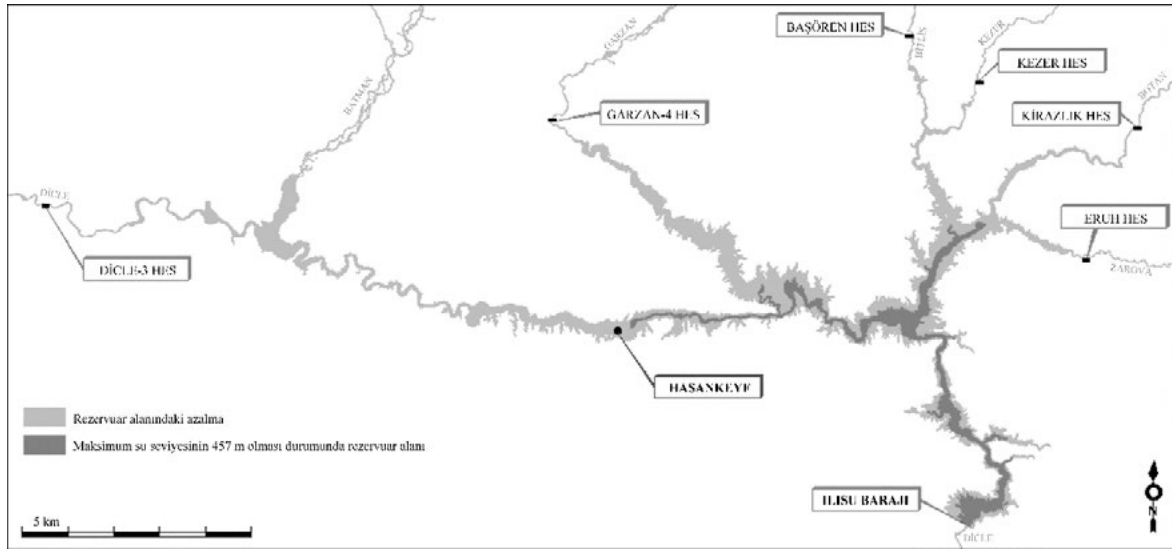
30 yıllık gözlem periyodunda baraj yerleri için elde edilen akım verilerinin aylık ortalama değerleri kullanılarak 12 aylık işletme periyodunda bütünleşik optimizasyon modeli kullanılarak havza projeleriyle üretilebilecek toplam enerjiyi maksimize eden hedef fonksiyonu ile gerçekleştirilen işletme çalışmaları üç farklı senaryo için uygulanmıştır.

Birinci senaryoda, Ilısu baraj gölünün mansabında yer alan ve büyük oranda Ilısu çıkış akımları ile beslenen Cizre Barajı tarafından yıllık 767,30 hm³'lük su ihtiyacı karşılanacak olan 121000 ha'lık bir alanı kapsayan Silopi ve Nusaybin-İdil-Cizre sulama projeleri ile ilgili bir kısıtlama modelde yer almamaktadır (Ilısu Environment

Group, 2005; Ilisu Hydropower Consultants, 1983). Bu durumda, havza projeleri ile elde edilebilecek maksimum enerji miktarının 7371,82 GWh olduğu hesaplanmış; ancak Ilisu çıkış akımlarının mansap sulama suyu ihtiyacı için yeterli olmadığı görülmüştür. İkinci senaryoda, Silopi ve Nusaybin-İdil-Cizre sulama projeleri su ihtiyacı modele bir kısıtlama olarak alınıp işletme optimizasyonu tekrarlandığında havza projeleri ile elde edilebilecek maksimum enerji miktarının 7342,01 GWh'e düştüğü tespit edilmiştir. Üçüncü senaryoda ise, Ilisu baraj gölü maksimum su seviyesinin Hasankeyf'i sular altında bırakmaktan kurtarmak amacı ile 525 m'den 457 m'ye düşürüldüğünde durumda enerji üretiminin ne kadar düşeceği ve bu durumda Cizre Barajı'nın sulama suyu ihtiyacını karşılayıp karşılayamayacağını görmek amacıyla işletme çalışmaları tekrarlanmıştır (Yalcin, 2010). Buna göre, toplam enerji miktarının %12 oranında bir azalmayla 6496,61 GWh'e düştüğü; ancak Ilisu çıkış akımlarının sulama projeleri için yeterli olduğu görülmüştür (Tablo 2). Ilisu Barajı'nın aktif depo hacminde %93 oranında bir azalma olmasına rağmen mansap sulama projelerinin sulama suyu ihtiyacının karşılanabilir olması bütünlük havza işletmesinin akım düzenleme üzerindeki etkisini göstermektedir (Şekil 2).

Tablo 2 Dicle Nehri Hidroelektrik Sistemi İşletme Sonuçları.

Üretilen Enerji (GWh)												
Aylar												
10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ
<i>Senaryo I</i>												
63,6	388,4	435,3	475,3	462,4	567,1	1028,3	826,7	649,9	1303,0	979,7	192,2	7371,8
<i>Senaryo II</i>												
55,8	391,6	435,3	475,7	442,7	562,8	1028,3	856,0	661,8	1300,6	939,1	192,2	7342,0
<i>Senaryo III</i>												
57,6	323,2	400,9	410,5	339,6	412,7	853,0	997,8	824,3	988,5	672,6	188,9	6469,6



Şekil 2 Ilisu Barajı ve HES Projesi.

Sonuçlar

Mevcut, inşa halinde ve planlamadaki hidroelektrik santrallerin işletme haklarının özel sektöre devri ile elektrik üretimi için yeni projeler geliştirilmesi amacıyla verilen su kullanım anlaşmaları hakkındaki yasal düzenlemeler, üretimdeki kamu payında önemli bir düşüşe sebep olmuştur. Bunun sonucunda, paydaş sayısının artması sebebiyle rezervuarların işletilmesi ile ilgili ciddi sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu durum, havza planlama ve yönetiminde entegre ve tüme dayalı bir yaklaşım ihtiyacını doğurmuştur. Bu çalışma, henüz yapısal olarak gelişme aşamasında olan Dicle Nehri Havzası'nda yer alan barajlarının entegre olarak işletilmesini sağlayacak bir işletme modeli sunmaktadır. Havzanın bütünlük bir model ile işletilmesinin olası faydaları değişik senaryolarla irdelenmiştir. Sonuçlar, bütünlük havza işletim modeli ile elde edilebilecek faydanın daha fazla olacağını göstermektedir.

Kaynaklar

Altınbilek, D. (2004) Development and management of the Euphrates-Tigris Basin. International Journal of Water Resources Development, 20(1), 15-33. doi: 10.1080/07900620310001635584

DSİ (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü). (2014) <<http://www.dsi.gov.tr/>> (25 Mayıs 2014).

Enersu (Enersu Mühendislik Müşavirlik İnşaat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi). (2008) Garzan Barajı ve HES revize fizibilite raporu. Enersu Mühendislik Müşavirlik İnşaat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi, Ankara.

FPGA (Fırat Planlama Grup Amirliği). (1968) Dicle Havzası istikşaf raporu. Fırat Planlama Grup Amirliği.

Ilisu Environment Group. (2005) Ilisu Dam and HEPP environment impact assessment report with enclosures. Ilisu Environment Group: Hydro Concepts Engineering, Hydro Quebec International and Archeotec Incorporated.

Ilisu Hydropower Consultants. (1983) The Cizre Dam and HEPP Project feasibility report. Ilisu Hydropower Consultants: Binnie & Partners, Gizbili Consultancy Engineering, James Williamson & Partners, Kennedy & Donkin and COBA.

Murtagh, B. A., Saunders, M. A., Murray, W., & Gill, W. E. (2014) MINOS solver manual. <<http://www.gams.com/dd/docs/solvers/minos.pdf>> (12 Ekim 2014).

Yalcin, E. (2010) Ilisu Dam and HEPP, investigation of alternative solutions. Master's Thesis, Middle East Technical University, Ankara.

Yalcin, E. (2015) Optimisation of the Tigris River Hydropower System operations. Ph.D. Thesis, Middle East Technical University, Ankara.