

Beyşehir Gölü su kullanımının iklim verilerine bağlı optimizasyonu

Ahmet DOĞAN*¹, A. Sancak ŞANLI¹,

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Makale Gönderme Tarihi: 08.10.2015

Makale Kabul Tarihi: 15.06.2016

Öz

Bu çalışmada ülkemizin sahip olduğu en önemli temiz su kaynaklarından biri olan Beyşehir Gölü'nün mevcut iklim verilerine bağlı olarak, optimum dinamik işletme modelinin oluşturulması amaçlanmıştır. Gölün temel olarak özellikle göl su kalitesi ve miktarı ile de ilgili olmak üzere; yağışların yetersizliği ve gölden fazla su çekimi, gölün kirlenmesi, biyolojik çeşitliliğin tehdit altında olması ve idari yönden çok başlılık temel sorunlar olarak görülmektedir. Göl su seviyesi, sulamada kullanılan sular ve iklim koşulları nedeniyle sürekli değişmelere maruz kalmaktadır. Bu değişimin ne kadarının iklimden kaynaklandığı ne kadarının su kullanımından kaynaklandığının belirsizliğini koruması sürekli bir tartışma konusu olmaktadır. Söz konusu belirsizliğin ortadan kalkması için mevcut iklim verilerine bağlı Beyşehir Gölünün optimum dinamik işletme modeli oluşturulması amaçlanmıştır. Bu model ile bölgedeki tarımsal faaliyetler için gölden çekilecek su miktarının ne olması gerektiği, iklim koşulları ile kaybolan su miktarının ne olacağı ve farklı iklim senaryoları altında göl su seviyesinin hangi kotta olacağının tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Optimum dinamik işletme modeli kavramı gölün minimum işletme kotunun önceki yılların ve/veya mevcut yılın yağış, buharlaşma ve yeraltı suyu seviyeleri dikkate alınarak belirlenmesini ifade etmektedir. Bu doğrultuda son yıllarda modelleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılan GAMS (The General Algebraic Modeling System) Paket Programı kullanılarak farklı senaryolar altında göl su seviyesi değerinin hesaplanabileceği öngörülmüştür.

Günlük potansiyel buharlaşma tahminlerinde, hidroloji mühendisliğinde kullanılan yöntemlerden biri FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu) tarafından önerilen Penman-Monteith yöntemi, bitki su ihtiyacı tahmininde ise ziraat mühendisliğinde de sıkça kullanılan Blaney-Criddle yöntemi kullanılmıştır. Yeraltı suyu verileri, ayrıca Modflow bilgisayar programı ile oluşturulan havza yer altı suyu modelinden elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Beyşehir Gölü, Optimizasyon, GAMS, Penman-Monteith, Blaney-Criddle;

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Doç. Dr. Ahmet DOĞAN.ahmet@yildiz.edu.tr

Giriş

Günümüzde modelleme uygulamaları farklı alanlarda kullanılmaktadır. Ekoloji ve çevre bilimi, hava kirliliğinin önlenmesi, su dağılımı ve kontrolü, güç/enerji sistemleri, ulaşım sistemleri kontrolleri modelleme uygulamaları kullanılan alanlardan bazılarıdır. Çoğu modelleme çalışması gelişen teknolojik imkânlarla paralel olarak günümüze yakın tarihlerde yapılmış, son yıllarda matematiksel modeller ile optimum kapasite ve işletme kurallarını belirlemeye karşı artan ilgi bu konudaki bilimsel çalışmalara hız kazandırmıştır.

Optimizasyon kavramı 1930'lu yıllarda dış ticaret ve ekonomi yapılarını modelleme sürecinde geliştirilmiştir. Optimizasyon kavramı, 1970'li yıllardan itibaren ekonomi dışındaki çeşitli alanlarda olduğu gibi inşaat mühendisliği disiplini altında "su optimizasyonu" kavramı ile önem kazanmaya başlamıştır. Optimizasyon, bir sistemde var olan kaynakların (işgücü, zaman, kapital, süreçler, hammaddeler, kapasite, ekipman gibi) en verimli şekilde kullanılarak belirli amaçlara (maliyet en azaltılması, kâr en çoklanması, kapasite kullanımının en yükseltilmesi ve verimliliğin en çoklanması gibi) ulaşmayı sağlayan bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Gass, 2000). Kısacası optimizasyon mevcut koşullar altında en iyiyi arayan, belirli kısıtlar altında bir fonksiyonun maksimum ya da minimumunun bulunmasıyla ilgilenen matematiksel bir süreç olarak ifade edilmektedir (Çetin, 2004).

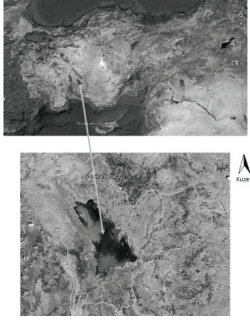
Kişi başına düşen su miktarı 1566 m³/yıl olan bu nedenle su kıtlığı çeken ülkelerden biri olarak kabul edilen ülkemizde, "su optimizasyonu" kavramı, gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynaklarının iyi korunup, akılcı kullanılması yani en etkin ve sürdürülebilir biçimde yönetilmesi açısından önem verilmesi gereken bir kavram haline gelmiştir (Bilim ve Teknik Dergisi, 2008).

Bu çalışmada, ülkemizin en büyük tatlı su gölü olan ve bu özelliği ile ülkemiz tatlı su kaynaklarının yönetimi açısından temsil

özelliğine sahip olabilecek Beyşehir Gölü'nün mevcut iklim verilerine bağlı olarak, optimum dinamik işletme modelinin oluşturulması amaçlanmıştır. Gölden içme ve sulama amaçlı su çekimi yapılmakta ancak ne zaman ne kadar su çekilmesi gerektiği ve ideal işletme kotu konusunda bir belirsizlik olup gölü işleten ve gölden yararlanan kurumlar arasında bir fikir birliği yoktur. Göl su seviyesi, sulamada kullanılan sular ve iklim koşulları nedeniyle sürekli değişmelere maruz kalmaktadır. Bu değişimin ne kadarının iklimden kaynaklandığı ne kadarının su kullanımından kaynaklandığının belirsizliğini koruması sürekli bir tartışma konusu olmaktadır. Oluşturulan model ile bölgedeki tarımsal faaliyetler için gölden çekilecek su miktarının ne olması gerektiği, iklim koşulları ile kaybolan su miktarının ne olacağı ve farklı iklim senaryoları altında göl su seviyesinin hangi kotta olacağını tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Yarı kurak bir iklime sahip olan Beyşehir yöresinde yağışların zaman açısından düzgün dağılmaması, su kaynaklarının kısıtlılığı ve önemi göl yüzeyi su kotu ideal seviyesinin hesaplanması için yeni yöntemlere başvuruyu gerektirmektedir. Bu doğrultuda son yıllarda modelleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılan GAMS (The General Algebraic Modeling System) Paket Programı kullanılarak farklı senaryolar altında göl su seviyesi değerinin hesaplanabileceği öngörülmüştür.

Veriler ve Çalışma Alanı

Beyşehir Gölü, Konya ve Isparta ili sınırları içerisinde 37° 45' K - 31° 30' D koordinatları arasında yer alan, yüz ölçümü yağışların fazla olduğu yıllarda (örnek: 1981) 750 km², genelde ortalama 650 km², son yıllarda ise 550 km²'ye kadar düşebilen, Van ve Tuz göllerinden sonra Türkiye'nin üçüncü büyük, tatlı su gölü olarak da en büyük gölüdür. Anadolu'nun en büyük kapalı havzası olan Konya Ovası'nın güney batısında yer almaktadır. Deniz seviyesinden yüksekliği 1121,93 m'dir. Kotu 1120-1125,5 m arasında değişmektedir. Ortalama derinliği 8,5 m, boyu 44 km, eni 10-25 km arasında çevresi ise 120 km'dir (Babaoğlu, 2007) (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının harita üzerindeki konumu

Bu modelleme çalışmasında kullanılan verilerin elde edildiği Beşşehir Meteoroloji istasyonu ise Beşşehir İlçesinde 37° 41' K - 31° 44' D koordinatlarında Beşşehir Gölü'nün güney doğu ucunda yer almaktadır. Çalışmada Beşşehir Meteoroloji istasyonu tarafından günlük olarak ölçümü yapılan sıcaklık, rüzgâr hızı, güneşlenme süresi, buhar basıncı değerleri kullanılmıştır. Modellerin sağlıklı sonuçlar vermesi amacıyla verilerin tamamının eksiksiz olarak elde bulunduğu 2006–2010 yılları arasındaki 5 yıllık zaman dikkate alınmıştır.

Göl Dinamik İşletme Modeli

Bu çalışma ile oluşturulan model GAMS yazılımı kullanılarak oluşturulmuş ve model içerisindeki denklemler NLP (doğrusal olmayan programlama) yöntemi ile çözülmüştür. GAMS, matematiksel paket programlama içerisinde kullanılan en önemli programdan biridir. Kullanımı giderek artarak mühendislik problemlerinin çözümünde de kullanımı yaygın hale gelmiştir. Özel olarak doğrusal, doğrusal olmayan ve karmaşık tam sayı optimizasyon problemleri (minimizasyon, maksimizasyon ve simülasyon) modelleri için tasarlanmıştır. Fonksiyonel özellikleri ve elde edilen sonuçlar açısından güvenilir bir yapıya sahiptir. Bu program özellikle büyük ve kompleks problemlerin çözümünde kullanıcıya önemli katkılar sağlamakta ve daha kısa yoldan sonuca gitme imkanı vermektedir.

Bu çalışmada maksimize edilen ve adı “FAYDA” konulan amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmıştır;

$$\text{FAYDA} = (\text{BEAF})+(\text{SOSYALF})-(\text{QSLMM})-(\text{TASZ})-(\text{QSALM})+(\text{KURUTF})$$

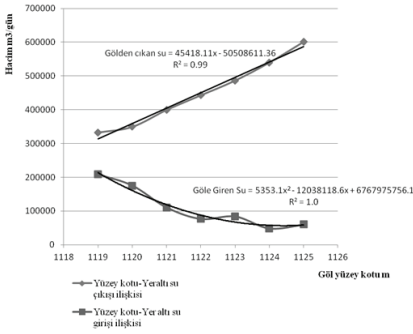
Burada; BEAF Sulu tarım yapılan bitki ekim alanından elde edilen getiri (Bitki ekim alanı faydası), SOSYALF sosyal faaliyetler getirisi, QSLMM sulama giderleri, TASZ taşkın zararı, QSALM salınan su maliyeti, KURUTF kuru tarım ile elde edilen geliri ifade etmektedir.

GAMS yazılımında kullanıcı tercihine bağlı olarak amaç fonksiyonu maksimize ya da minimize edilebilmektedir. Bu çalışmada yukarıda terimleri tanımlanan ve adı FAYDA konulan temel fonksiyonun maksimum değere ulaşması amaçlanmış başka bir deyişle maksimize edilmiştir.

GAMS, FAYDA fonksiyonunu maksimize etmek ve mümkün olan en büyük faydayı sağlamak için BEAF, SOSYALF ve KURUTF terimlerini büyük, QSLMM, TASZ ve QSALM terimlerini küçük tutmak istemektedir. Ancak bitki ekimi ile elde edilen fayda (BEAF) ile göl hacminin yüksek tutulması ile elde edilen sosyal faaliyetler (turizm, balıkçılık vb..) ile elde edilen fayda (SOSYALF) ve kuru tarım ile elde edilen fayda (KURUTF) ters orantılıdır.

Literatür araştırmasına göre sulu tarım ile elde edilen fayda arttıkça, sulama maliyetleri artmakta ve göl hacmi azaldığından sosyal faydalar düşmektedir.(Kracman,2002).Ayrıca sulu tarım yapılarak elde edilen fayda arttıkça, tarım arazileri sulu tarıma ayrıldığından kuru tarım ile elde edilen fayda da azalmaktadır. Sulu tarım yerine, kuru tarım tercih edildiğinde yani göl hacmi yüksek tutulduğunda sosyal fayda (SOSYALF) ve kuru tarım getirisi artmakta (KURUTF) ancak bu defa sulu tarım getirisi (BEAF) ile yüksek hacimden kaynaklanan su salım maliyetleri (QSALM) artış göstermektedir. Göl hacminin yüksek olması hidrolojik parametreleri de etkilemektedir. Örneğin göl hacminin yüksek değerlerde bulunması göl yüzey alanının artmasına dolayısı ile yüksek

buharlaşıma kayıplarının oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca, Modflow yeraltı suyu programı ile oluşturulan havza-yeraltı suyu modeline göre Beyşehir Gölü yüzey kotu yükseldikçe yeraltı suyu çıkış değerleri artış göstermektedir.(Şekil 2) (Gümüş, E.2013) . Gölün yüksek hacim değerlerinde kalması çok yüksek maliyetli taşkın hacmi zararı (TASZ) oluşma ihtimalini de doğmaktadır.



Şekil 2. Göl yüzey kotu-Yeraltı suyu hacim giriş-çıkış ilişkisi

İşte, GAMS fayda fonksiyonunda bulunan bu ters orantılı terimler arasındaki dengeyi sağlayarak, sonuç raporunda kullanıcıya optimum işletme koşullarını sağlayacak değerleri vermektedir.

Fayda Denklemi Terimleri

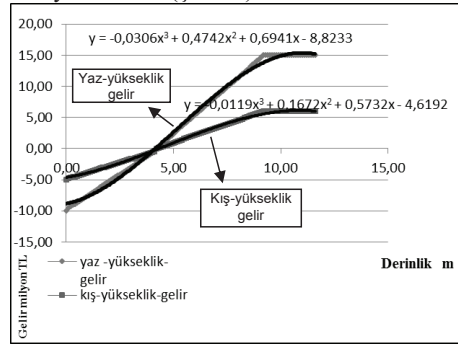
$$BEAF = \left(\sum_{y=SONUNCU\ YIL}^{y=ILK\ YIL} YILLIK\ BİTKİ\ EKİM\ ALANI \right) * BİRİM\ GETİRİ$$

Amaç fonksiyonunda bitki ekim alanı ile elde edilen getiri (BEAF), her yılbaşında GAMS tarafından belirlenen maksimum ekim alanı ile hektardan elde edilen ve piyasa araştırması yapılarak elde edilen getirinin (milyon TL) çarpılması ile elde edilen yıllık faydanın toplanması ile hesaplanmaktadır. Bu çalışmada, çalışma alanı tarımsal faaliyetlerine uygun olarak sulu tarım için şekerpancarı bitkisi, kuru tarım için buğday bitkisi referans alınmıştır.

$$SOSYALF = \left(\sum_{y=ILK\ AY}^{y=SONUNCU\ AY} AYLIK\ SOSYAL\ FAALİYET\ GETİRİSİ \right)$$

Beyşehir Gölü'nden elden edilen sosyal faaliyet gelirleri (turizm/rekreasyon, balıkçılık vb.), literatür araştırması sonucu elde edilen sonuçlara dayanılarak su seviyesi yüksekliği ile bağlantılı olarak değişen bir grafik haline getirilmiştir.

Yaz ve kış aylarında sosyal faaliyet gelirleri farklılık göstermektedir. Hem kış, hem yaz aylarında su seviyesi düştükçe turizm, rekreasyon ve balıkçılık gelirin düştüğü, su seviyesi yükseldikçe bu gelirlerin artacağı sonucuna ulaşılmaktadır. Göl su seviyesi kuraklık sınırı olarak belirlenen 4,2 m derinliğine ulaştığında sosyal faaliyet gelirleri 0 (sıfır) olmakta, daha düşük su derinliklerinde ise negatif değerler elde edildiği yani zarar edileceği varsayılmaktadır. Göl su seviyesinin belli bir seviyeden daha çok yükselmesinin turizm/rekreasyon (sosyal faaliyetler) gelirine daha fazla etki etmeyeceği varsayılmaktadır.(Şekil 3)

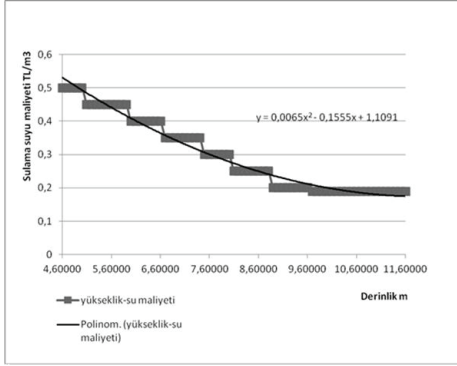


Şekil 3. Beyşehir Gölü derinlik-sosyal fayda gelirleri ilişkisi

$$QSLMM = \left(\sum_{y=ILK\ AY}^{y=SONUNCU\ AY} SULAMA\ SUYU\ HACMİ \right) * BİRİM\ SULAMA\ MALİYET$$

Sulama suyu maliyeti (QSLMM), her ay için tespit edilen sulama suyu hacmi değerinin, her ay

İçin tespit edilen, derinliğe bağlı sulama suyu maliyeti ile çarpılarak toplanması ile hesaplanmaktadır. Piyasa araştırması yapılarak tespit edilen (KOSKİ,2014) sulama suyu maliyetinin göl su yüksekliği azaldıkça artmakta, göl su yüksekliği arttıkça azaldığı varsayılmaktadır. Sulama suyu maliyeti göl derinliği ile maliyet arasında bulunan ilişkiye ait denklem kullanılarak hesaplanmaktadır. (Şekil 4)



Şekil 4. Sulama Suyu Maliyeti-Göl Derinliği Arasındaki İlişki

$$TASZ = \left(\sum_{y=İLK AY}^{y=SONUNCU AY} TAŞKIN HACMİ \right) * BİRİM TAŞKIN ZARARI$$

Taşkın zararı (TASZ), taşkın olması halinde her hm³ taşkın hacminin vereceği zararın toplanması ile hesaplanmaktadır.

$$QSALM = \left(\sum_{y=İLK AY}^{y=SONUNCU AY} SALINAN SU HACMİ \right) * BİRİM SU MALİYETİ$$

Salınan su maliyeti (QSALM), sulama suyu fazlası olması halinde, Beyshehir ilçesinde bulunan kapaklar vasıtası ile salınan her hm³ su hacmi değeri ile asgari su maliyeti değerinin çarpılarak toplanması ile hesaplanmaktadır. Aylık maksimum tahliye kapasitesi 526 hm³ olarak hesaplanmış olup. Bu değer üstünde salınması gereken hacim olması durumunda taşkın yaşanacağı varsayılmaktadır.

$$KURUTF = \left(\sum_{y=İLK YIL}^{y=SONUNCU YIL} BİTKİ EKİM ALANI ÜST SINIRI - SULU TARIM ALANI \right) * BİRİM GETİRİ$$

Kuru tarım ile elde edilen getiri (KURUTF), her yıl sululu tarım yapılmayan ekim alanlarında kuru tarım yapıldığı varsayılarak elde edilen getirilerin toplanması ile hesaplanmaktadır.

Modelleme Sonuçlarının Analizi

Beyshehir Gölü için hazırlanan optimizasyon modeli girdilerde yapılacak değişiklikler ile çok çeşitli senaryolar kullanılarak çözülebilir. Ekim alanı değerinin değiştirilmesi, farklı sıcaklık ve yağış miktarları değerleri kullanılması, sosyal faydaya verilen önemin değiştirilmesi, hesap aralığının genişletilmesi ile farklı senaryolar oluşturularak gölü işleten kurumlar için optimum işletmeyi sağlayabilecek çeşitli sonuçlar elde edilmektedir.

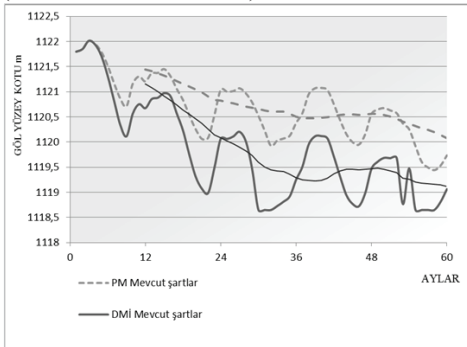
Mevcut iklimsel koşullar ile yapılan modelleme çalışmasında ilk yıl göl su seviyesi kotu 2006 yılı Ocak ayı su seviyesi kotu değeri olan 1121,74 m, göl başlangıç hacmi bu kota karşılık gelen 3016 hm³ olarak alınmış, yılsonu göl hacimleri bir sonraki yıla devrederek, sonraki yılın başlangıç hacmini oluşturmuştur.

Günümüzde Beyshehir Gölü Havzası'nda sululu tarım yapılabilecek arazi maksimum 80000 hektar (hm²) civarında olduğundan maksimum bitki ekim alanı 80000 hektar, minimum bitki ekim alanı bu değer %10'u olan 8000 hektar olarak alınmıştır. Yağışlar meteoroloji istasyonundan elde edildiği gibi kullanıldığından herhangi bir katsayı ile çarpılmamıştır. Yüzeysel akış katsayısı 0,144 olarak seçilmiştir. Hem yağış miktarı hem yüzeysel akış katsayısı değiştirilerek çeşitli varyasyonlar altında hesaplama yapılabilmektedir. Bu çalışmada yüzeysel akış katsayısı TÜBİTAK 109Y271No'lu proje kapsamında Beyshehir Gölü çevresine yerleştirilen limnigraflardan yararlanılarak ve SCS yöntemi kullanılarak yapılan hesaplamalar ile tespit edilmiştir.(Doğan vd.,2013). Yöre

halkının kullanım alışkanlığına uygun olarak gölde bulunan hacim ile mümkün olduğunca fazla sulama yapıldığı ve yüksek hacim ile sağlanabilecek sosyal gelirlerin tercih edilmediği kabul edilmiştir. Böylece model kuraklık sınırı olarak kabul ettiğimiz, su derinliğinin 4,2 m olduğu 1118,6 m kotuna inmeden, 80000 hektarlık ekim alanını mümkün olduğunca sulu tarıma ayırmıştır.

Buharlaştırma değerleri olarak iki farklı veri kullanılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Bunlardan biri meteoroloji istasyonu tarafından hesaplanan tava buharlaştırması değerleri, diğeri Penman-Monteith denklem takımları kullanılarak hesaplanan buharlaştırma değerleridir. İki yöntem ile hesaplanan buharlaştırma değerleri kış aylarında birbirine yaklaşıırken, yaz aylarında buharlaştırma tava ölçüm değerlerinin yüksek olması ile buharlaştırma değerleri arasındaki fark açılmaktadır (Doğan vd,2012). Bu nedenle sabit bir katsayı ile çarpılmış tava buharlaştırması değerlerinin yanında Penman-Monteith denklem takımı kullanılarak elde edilen buharlaştırma değerlerinin kullanılmasının faydalı olacağı düşünülmüştür.

Mevcut iklim şartları ve kullanım alışkanlıkları göz önüne alınarak, 2006-2010 yılları arasındaki 5 yıllık dönem için (60 ay) yapılan hesaplamalar ile elde edilen modelleme sonuçlarına göre Beyşehir Gölü su seviyesi kotu ilk yıl sonunda düşüşe geçerek 1121 m seviyelerine inmektedir (Göl taban kotu 1114,4 m).



Şekil 5. Mevcut İklimsel Şartlar Altında 5 Yıllık Dönemde Beyşehir Gölü Su Seviyesi Kotu Değişimi

Su seviyesindeki düşüş 5 yıllık dönemde devam etmekte ve göl su seviyesi kotu değeri beş yılın ortalarında 1120,5 m seviyelerinde doluşmaktadır. 5 yıllık dönemin sonlarında göl su seviyesi 1119 m seviyelerine düşmektedir. (Şekil 5.)

PM: Penman-Monteith Denklem takımı kullanılarak elde edilen sonuçlar.

DMİ: Devlet meteoroloji istasyonu buharlaştırma tava verileri kullanılarak elde edilen sonuçlar.

Sulama Alanlarında Yaşanacak Değişimler

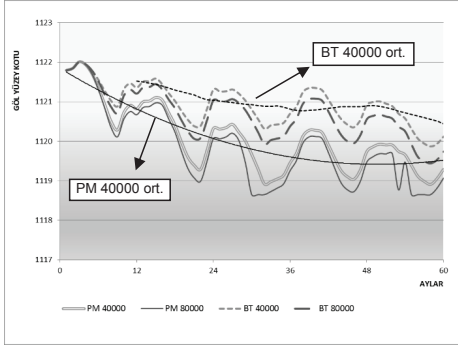
Bu çalışma ile elde edilebilecek en önemli sonuçlardan birisi sulu tarım alanlarında değişim olması durumunda göl su seviyesindeki değişimin ne olacağıdır.

Bitki ekim alanı üst sınırı modelleme başlangıcında kullanıcı tarafından belirlenmektedir. Model minimum su seviyesinin altına inmeden tüm ekim alanını sulamaya yönelik işlem yapmaktadır.

Bitki su ihtiyacı değerleri, buharlaştırma miktarı ile orantılı olarak değişiklik göstermektedir. Model, ilk olarak meteoroloji istasyonu buharlaştırma verilerine göre elde edilen bitki su ihtiyacı değerlerine göre, daha sonra ise Penman-Monteith denklemi ile elde edilen buharlaştırma değerleri ile hesaplanan bitki su ihtiyacı değerlerine göre çalıştırılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Mevcut durumda bitki ekim alanı miktarı ortalama 80000 hektardır. Tüm değişkenler sabit tutularak bitki ekim alanının 20000, 40000, 80000 ve 100000 ha olarak değiştirilmesi halinde 60 ay sonunda model tarafından hesaplanan göl yüzey kotu değişimleri Şekil 6'da gösterilmiştir.

PM: Penman-Monteith Denklem takımı kullanılarak elde edilen sonuçlar.

BT: Devlet meteoroloji istasyonu buharlaştırma tava verileri kullanılarak elde edilen sonuçlar.



Şekil 6. Farklı Bitki Ekim Alanlarında Elde Edilen Modelleme Sonuçlarına Göre Göl Su Yüzeysel Kotu-Sulanan Alan İlişkisi

Sonuçlar ve Tartışma

Beşşehir meteoroloji istasyonu buharlaşma tavası verilerine göre buharlaşma miktarı, Penman-Monteith modeli ile hesaplanan buharlaşma miktarından fazla hesaplanmaktadır. Bu durum bitki su ihtiyacını ve dolayısı ile model sonucu hesaplanan optimum göl yüzeyi su kotunu değerini değiştirmektedir. Meteoroloji istasyonu verilerine göre, bitki ekim alanı 100000 hektar seçildiğinde su seviyesi minimum su yüzeyi kotu olarak kabul ettiğimiz 1118,6 m seviyesine düşmekte iken, Penman-Monteith denklemi buharlaşma değerleri ile elde edilen bitki su ihtiyacı verilerine göre göl su yüzeyi kotunun en düşük değeri 1119,2 m olmaktadır. Beşşehir Gölü'nden sulu tarım amacı ile çekilen yüksek sulama suyu hacmi, göl su bütçesine büyük yük getirmekte, göl hacminde devamlı olarak azalma olmasına neden olmaktadır.

Model sonuçlarına göre 20000 hektar - 80000 hektar bitki ekim alanı aralığında, ilk yıl su seviyesi ani olarak düşmekte daha sonraki yıllar düşüş eğilimi azalarak, göl su yüzeyi kotu yatay bir seyir izlemektedir.

Ekim alanı değerinin 20000 hektar olduğu durumda dahi göl su seviyesi, maksimum su yüzey kotu değeri olan 1126 m'ye (5979 hm³) ulaşamamış ve ihtiyaç fazlası su salınım değerleri, tüm aylarda 0 (sıfır) hm³ olarak hesaplanmıştır. Tüm ekim alanı değerlerinde Gembos Derivasyon Tüneli'nden transfer

olacağı varsayılan yıllık maksimum 129,6 hm³ su hacmine ihtiyaç duyulmuştur.

Model sonuçlarına göre mevcut kullanım alışkanlıklarının devam etmesi halinde, göl su seviyesinde düşüş yaşanarak, ortalama göl su seviyesi kotu 1122 m 'den ortalama 1120,5 m seviyelerine inecek ve 1120 m seviyesinde yatay bir seyir izleyecektir.

Meteoroloji istasyonu buharlaşma verilerine göre yapılan modelleme sonuçlarına göre minimum su seviyesi kotu olan 1118,6 m'ye ulaşmadan sulanabilen bitki ekim alanı maksimum 100000 hektar olarak tespit edilirken, Penman-Monteith denklemine göre bu değer 160000 hektar olarak hesaplanmıştır. Meteoroloji istasyonu buharlaşma verilerine göre modelleme sonuçlarına göre bitki ekim alanının 100000 hektarı geçmesi durumunda göl su seviyesi bazı aylarda minimum işletme kotu değeri olan 1118,6 m'nin altına düşmekte ve kuraklık riski oluşmaktadır. Buna göre modelleme sonuçlarına göre Beşşehir Gölü kapasitesi ile 100000 ha üstü bitki ekim alanı sulanması mümkün olmamaktadır.

Sulanacak bitki ekim alanının 80000 hektarı geçtiği durumda, bitki ekim alanı sulanabilse de uzun vadede göl su seviyesinde düşüş olacağı sonucuna ulaşılmaktadır. Tam verimli sulama teknikleri kullanılarak, göl su seviyesinin mevcut hali ile yüksek oranda korunabileceği maksimum ekim alanı 40000 ha olarak öngörülmektedir. Bunun yanı sıra göl su hacmini korumak amacı ile belirlenen asgari su seviyesi kotunun yüksek tutulması taşkın riskini arttırmakta ve mevcut sulu tarım arazisinin sulanmasını engellemektedir. Modelleme sonuçlarına göre kabul edilebilir asgari minimum su seviyesi kotu 1119 m olarak öngörülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen 109Y271 no'lu proje sonucu ortaya çıkmıştır. Sağladığı destekten dolayı başta TÜBİTAK olmak üzere Konya DSİ 4. Bölge Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Allen, R.A., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M.(1998) "Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements." FAO Irrigation and Drainage Paper, vol. 56), Rome, Italy
- Babaoğlu, M. (2007), "Beyşehir Gölü'nün Sorunları ve Alınması Gereken Önlemler", Konya İl Genel Meclisi Beyşehir Gölü AraŐtırma Komisyonu, Konya.
- Çetin, E.(2004), "Stokastik Programlama Yöntemiyle Bir Portföy Optimizasyonu Modelinin GeliŐtirilmesi", YayınlanmamıŐ Doktora Tezi, İstanbul, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, İstanbul.
- Doğan,A.,BaŐayıđit,L.,Soyaslan,İ.,Nas,B.(2013) "Göl-Yeraltısuyu-İklim İliŐkisinin Yeraltı suyu Akım Modeli ve Cođrafî Bilgi Sistemleri (CBS) Yardımıyla Belirlenerek Gölün Optimum Dinamik İŞletme Modelinin Oluşturulması", Beyşehir Gölü Modeli Sonuç Raporu, İstanbul.
- Doğan, A., Őanlı, A.S. (2012), "Beyşehir Gölü Havzasında, Penman-Monteith, Blaney Criddle, Penman ve Tava BuharlaŐması Yöntemleriyle Hesaplanan Buharlaşma Değerlerinin KarŐılaŐtırılması", İnaŐat Mühendisliği'nde 100.Yıl Teknik Kongresi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Gümüş, E.(2013), "Göl-Yeraltı suyu EtkileŐimi; Beyşehir Gölü Örneđi", Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnaŐat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Gass, S.I. (2000), "Making Decisions with Precision", Business Week (http://www.businessweek.com/archives/2000/b3705139.arc.htm?campaign_id=search#B3705139), 01.02.2006.
- KOSKİ, (2014),Konya Su Ve Kanalizasyon İdaresi WEB: <http://www.koski.gov.tr/mAboneHizmetleri/tarife.php?pd=3%7C%7C72&>
- Kracman,D.R. A.B.(2002), " Stochastic Optimization of the Highland Lakes System in Texas",Yüksek Lisans Tezi, The University of Texas,Austin,ABD.
- Rosenthal,R.E.(2015), "GAMS — A User's Guide", GAMS Development Corporation, Washington, DC, ABD.
- Yıldız, S. (2008), "Su Fakirliđi", Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı 489.

Optimization of water use from Beyşehir Lake depending on climate data

Abstract

This study is aimed to develop an optimization model to obtain optimum management of water use strategies of Beyşehir Lake depending on climate data and size of irrigated fields from the lake. Beyşehir Lake is one of the most important and largest freshwater lake of Turkey. Therefore it has to be protected and managed sustainably to leave the lake's precious water resources to future generations as healthy and as sufficient as possible. The main problems of the lake are related with the water quality and quantity, decreasing precipitations and increasing water withdrawal for irrigation, decreasing the bio-diversity in the lake, and disagreement among various management authorities responsible from the lake. Therefore the main issue for the lake management is decide about minimum lake level to be set for lake management policies depending on climatologic conditions.

Water surface elevation of the lake is exposed to fluctuations due to unpredictable amount of excessive withdrawals for irrigation and climate conditions. How much of this variations in the lake levels are caused by withdrawals, and how much of them are caused by climate conditions is the subject of discussion among lake management authorities. This ambiguity is to be clarified by this optimization study which models the lake levels subject to climate conditions and irrigation water demand. Using this model, it is aimed to forecast the lake levels as a function of climate change scenarios, water loss from the lake due to evapotranspiration, water loss due to seepage from lake bottom, and crop water requirement in irrigated fields that receives water from the lake with pumpage or with gravitational flow.

The concept of optimization model of water use from the lake refers to determination of minimum allowable water surface elevation of lake management by using the current and/or historical records precipitation, evaporation and groundwater elevation data at the vicinity of the lake. Optimization model is developed by using GAMS (General Algebraic Modeling System) software. Daily evapotranspiration is calculated by using Penman-Monteith method which is suggested by FAO (United Nations Food and Agriculture Organization). Crop-

water requirement is calculated by Blaney-Criddle method which is widely used by agricultural engineers. Groundwater levels are obtained from the regional groundwater flow model of the lake which was generated with MODFLOW software.

Keywords: *Beyşehir Lake, optimization, GAMS, Penman-Monteith, Blaney Criddle*

mühendislik dergisi

