



**MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇATALAN BARAJI HAZNESİNDEKİ**  
**BUHARLAŞMA MİKTARININ**  
**YAPAY SİNİR AĞLARI MODELİYLE TAHMİNİ**

**KORAY MAZMANCI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANTAKYA/HATAY**

**ARALIK-2009**

**MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇATALAN BARAJI HAZNESİNDEKİ**  
**BUHARLAŞMA MİKTARININ**  
**YAPAY SİNİR AĞLARI MODELİYLE TAHMİNİ**

**KORAY MAZMANCI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yrd.Doç.Dr.Fatih ÜNEŞ'in danışmanlığında hazırlanan bu tez 18/12/2009 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr. Fatih ÜNEŞ Yrd.Doç.Dr. Vedat ÖZKANER Yrd.Doç.Dr. Hasan GÜZEL  
Başkan Üye Üye

Bu tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

**Kod No :**

Prof. Dr. Bünyamin YILDIZ  
Enstitü Müdür V.

**Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.**

## İÇİNDEKİLER

|  |     |
|--|-----|
| ÖZET .....   | I   |
| ABSTRACT .....   | II  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                    | III |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                | IV  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                   | V   |
| 1.GİRİŞ .....  | 1   |
| 1.1. Buharlaşma Mekanizması .....                      | 1   |
| 1.2. Buharlaşma Ölçüm Metodları .....                  | 2   |
| 2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....                               | 4   |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....                            | 6   |
| 3.1. Materyal .....                                    | 6   |
| 3.1.1. Uygulama Alanı ve Tanıtılması .....             | 6   |
| 3.2. Yöntem.....                                       | 9   |
| 3.2.1 Klasik Yöntemler .....                           | 9   |
| 3.2.1.1. Çoklu Regresyon Yöntemi (MLR).....            | 9   |
| 3.2.1.2. Otoregresif Model (AR(p)) .....               | 10  |
| 3.2.1.3. Otoregresif Modeller (Markov Modelleri).....  | 11  |
| 3.3. Yapay Sinir Ağları (YSA) Modeli .....             | 12  |
| 3.3.1. Y.S.A' nın Biyolojik Temeli.....                | 12  |
| 3.3.2. Bir Nöronun modeli .....                        | 13  |
| 3.3.3. Aktivasyon Fonksiyonları Tipleri .....          | 15  |
| 3.3.4. Geri Besleme (Feedback).....                    | 17  |
| 3.3.5. YSA'nın Çalışma Ağının Yapısı.....              | 19  |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA .....               | 29  |
| 4.1 Uygulama Alanı ve Tanıtılması .....                | 6   |
| 4.1.1 Hazne Buharlaşma Miktarının Tahmin Edilmesi..... | 30  |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                             | 37  |
| KAYNAKLAR .....  | 38  |
| TEŞEKKÜR.....  | 40  |
| ÖZGEÇMİŞ .....   | 41  |
| EKLER.....   | 42  |
| EK.1. ....   | 43  |

**ÖZET****ÇATALAN BARAJI HAZNESİNDEKİ BUHARLAŞMA  
MİKTARININ YAPAY SİNİR AĞLARI MODELİYLE TAHMİNİ**

Baraj buharlaşma miktarı tahminleri baraj yapılarının, işletme, tasarım ve güvenlik değerlendirmeleri için önemlidir. Bu çalışmada, Çatalan Barajı haznesindeki buharlaşma miktarı tahminleri, Yapay Sinir Ağları (YSA) metodu kullanılarak araştırılmıştır. YSA'nın baraj buharlaşma miktarının belirlenmesinde rezervuardaki günlük toplam buharlaşma miktarı veri olarak alınarak değerlendirilmiştir. Bu veriler Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde yer alan Çatalan Barajı ve havzasında 1095 günlük ölçümlerle elde edilmiştir. YSA yapısı olarak çok tabakalı algılayıcı kullanılmıştır. Verilerin YSA modelinin eğitilmesinde Bayesian düzenleme tekniği kullanılmıştır. Bu teknik Levenberg-Marquardt optimizasyon yöntemine göre geliştirilerek ağırlık ve bias katsayıları yenilenmiştir. Elde edilen YSA sonuçları, geçmişte çok kullanılan, çoklu-lineer regresyon (MLR) ve otoregresiv (AR(p)) model sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Modeller, grafik ve istatistiksel sonuçlarla analiz edilmiştir. Bu sonuçlar göstermiştir ki; baraj haznesi seviye değişiminin tahmininde YSA model çözüm sonuçları, geçmişte kullanılan klasik yöntemlerle kıyaslandığında daha iyi bir performans vermiştir.

2009, 65 Sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Yapay Sinir Ağları (YSA), Baraj Haznesi, Buharlaşma miktarı, Tahmin, Model.

**ABSTRACT****ESTIMATION OF ÇATALAN DAM RESERVOIR EVAPORATION  
LEVEL WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODEL**

Dam evaporation reservoir level predictions are important for operation, design and security evaluation of dam structure. In the present study, prediction and estimation of dam reservoir evaporation level are investigated using Artificial Neural Networks (ANN) method. Feasibility of ANN is evaluated using dam reservoir daily amount of evaporation data. The data was collected on daily basis measurements over 1095 days at the Çatalan Dam in the Mediterranean region of Turkey. A multi layer perception (MLP) is used as the ANN structure. Bayesian regularization technique is used in the training of the network. The technique updates the weight and bias values according to Levenberg-Marquardt optimization. ANN results are compared with conventional multi-linear regression (MLR), and autoregressive (AR(p)) model. The models are analysed with statistics and graphs results. The results show that ANN model solution for dam reservoir level fluctuations can provide better performance prediction compared to those of the conventional statistical method.

2009, 65 pages

**Key Words:** Artificial Neural Networks (ANN), Dam Reservoir, Evaporation amount, Prediction, Model.

**SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ**

|                   |   |
|-------------------|---|
| $W_{kj}$          | Bağlantı Ağırlık Katsayısı                                |
| $b_k$             | Bias terimi   |
| $\varphi (\cdot)$ | Aktivasyon Fonksiyonu                                     |
| $Y_K$             | Çıktı Değeri  |
| $X_m$             | Girdi Değeri  |
| $V_K$             | Girdi sinyallerinden dolayı oluşan lineer bileşen çıktısı |
| $H_j$             | Gizli tabakadaki girdi değeri                             |
| $f(H_j)$          | Çıktı düğüm noktası değeri                                |
| $\eta$            | Öğrenme Oranı   |
| $\alpha$          | Momentum katsayısı oranı                                  |
| MAE               | Toplam Karesel Hata                                       |
| MSE               | En Düşük Karesel Hata                                     |
| R                 | Korelasyon katsayısı                                      |
| TBM               | Toplam Buharlaşma Miktarı                                 |

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

|  |    |
|--|----|
| Çizelge 4.1. Çatalan Barajında kullanılan bütün modellerde test verileri için elde edilen MSE, MAE ve R parametreleri..... | 30 |
|--|----|

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|  |    |
|--|----|
| Şekil 1.1. A Sınıfı Buharlaştırma Ölçüm Tavaşı .....   | 3  |
| Şekil 3.1. Çatalan Barajı Genel Görünümü.....  | 6  |
| Şekil 3.2. Çatalan Barajı ve Sulaması Genel Vaziyet Planı.....   | 7  |
| Şekil 3.3. Pompa İstasyonu Genel Görünüşü.....   | 7  |
| Şekil 3.4. 1 Ocak 2005 ile 28 Şubat 2008 tarihleri arası Çatalan Barajı Günlük<br>Buharlaştırma Miktarları ..... | 8  |
| Şekil 3.5. Biyolojik sınır sisteminin blok gösterimi.....  | 12 |
| Şekil 3.6. Basit bir YSA Modeli .....  | 14 |
| Şekil 3.7. Eşik Fonksiyonu .....   | 15 |
| Şekil 3.8. Doyumlu doğrusal aktivasyon fonksiyonu .....  | 16 |
| Şekil 3.9. Sigmoid Fonksiyonu .....  | 17 |
| Şekil 3.10. Tek döngülü geriye beslemeli sistem için akım sinyal şeması .....                                    | 18 |
| Şekil 3.11. Tek tabakalı ileri beslemeli ağ.....   | 20 |
| Şekil 3.12. İleri beslemeli üç katmanlı YSA.....   | 21 |
| Şekil 3.13. YSA'nın eğitimi.....   | 22 |
| Şekil 3.14. Çok tabakalı algılayıcı (perceptron).....  | 25 |
| Şekil 3.15. Lojistik sigmoid fonksiyonunun eğim parametresiyle değişimi.....                                     | 28 |
| Şekil 4.1. MLR günlük buharlaştırma miktarı test sonuçları ile ölçüm değerlerinin<br>karşılaştırılması .....     | 31 |
| Şekil 4.2. MLR sonuçları ile ölçüm değerlerinin saçılma diyagramı .....  | 32 |
| Şekil 4.3. Otoregresif modelde günlük göl kotlarının AR(3) ile ölçüm değerlerinin<br>karşılaştırılması .....     | 33 |
| Şekil 4.4. AR (3) değerleri ile ölçüm değerlerinin saçılma diyagramı .....                                       | 33 |
| Şekil 4.5. Otoregresif modelde günlük göl kotlarının AR(6) ile ölçüm değerlerinin<br>karşılaştırılması .....     | 34 |
| Şekil 4.6. AR (6) değerleri ile ölçüm değerlerinin saçılma diyagramı .....                                       | 34 |
| Şekil 4.7. YSA eğitim sonuçları ve ölçüm verileri sonuçlarının karşılaştırılması.....                            | 35 |
| Şekil 4.8. YSA eğitim sonuçları ve ölçüm verileri sonuçları için saçılma diyagramı ....                          | 35 |
| Şekil 4.9. YSA test sonuçları ve ölçüm verileri sonuçlarının karşılaştırılması.....                              | 36 |
| Şekil 4.10. YSA test sonuçları ve ölçüm verileri sonuçları için saçılma diyagramı.....                           | 36 |



## 1.GİRİŞ

### 1.1. Buharlaşma Mekanizması

Suyun sıvı halden gaz (su buharı) haline geçmesine buharlaşma (evaporasyon) denir. Su yüzeyindeki moleküller yeterli bir kinetik enerji kazandıkları zaman kendilerini tutmaya çalışırlar ve diğer moleküllerin çekiminden kurtulup su ortamından havaya fırlarlar. Bu nedenle su yüzeyi yakınlarında sürekli olarak sudan havaya, havadan suya geçen moleküllere rastlanır. Sudan havaya geçen moleküllerin sayısı daha fazla ise bu olaya buharlaşma denir.

Su doğada çeşitli yerlerde ve hallerde bulunmakta ve yer kürenin farklı kısımları arasında dönüp durmaktadır. Suyun doğada dönüp durduğu yolların tümüne birden hidrolojik çevrim adı verilir. Hidrolojik çevrimin önemli parametresi buharlaşmadır. Buharlaşma, su kaynaklarının planlanması ve işletilmesinde, sulama suyu miktarının belirlenmesinde, meteorolojik ve atmosferik çalışmalarda önemli bir faktördür.

Meteorolojik şartlara bağlı olarak yeryüzündeki su yüzeylerinden günlük buharlaşma miktarı 1–10 mm arasında değişir. Bu miktarın belirlenmesi özellikle baraj haznesinde büyük önem taşır. Örneğin Keban barajının biriktirme haznesinden yılda 800 milyon m<sup>3</sup> suyun buharlaşarak kaybolacağı tahmin edilmiştir.

Barajlar da dâhil olmak üzere hidrolik yapıların dizayn edilmesinde gelecekteki olası hidrolojik faaliyet parametrelerinin öngörülmesi çok önem kazanmaktadır. Bir barajdaki su hacmini etkileyen birçok parametre vardır. Drenaj alanı, bitki örtüsü, yağış, sızıntı miktarı, toprak tarafından emilmeyen ve yüzeyde kalan yağmur suları, buharlaşma ve sulama gibi parametreler belirleyici olmaktadır. Baraj rezervuarını idare edebilmek için uzun yıllar boyunca bütün bu parametrelerin sürekli olarak ölçülmesi gerekmektedir. Su yüzeyindeki buharlaşma miktarını belirlemek için çeşitli metotlar kullanılabilir. Bir su kütesine (göl, hazne gibi) süreklilik denklemi uygularsak:

$$E = P + X - Y - F - \Delta S \quad (1.1.)$$

Böylece belirli bir zaman aralığındaki E buharlaşma miktarı, aynı zaman aralığındaki P yağıışı, X ve Y kütleye giren ve çıkan akış miktarları, F yeraltına sızan su miktarı ve kütlenin hacmindeki  $\Delta S$  değişmesi cinsinden elde edilmiş olur. Bu parametrelerin hepsi havanın özelliklerine göre zamanla değişen ve belirlenmesi zor olan büyüklüklerdir.

Türkiye genelinde yıllık toplam yağıış miktarı 501 milyar m<sup>3</sup> dür. Bunun 274 milyar m<sup>3</sup> ü buharlaşma yoluyla atmosfere geri dönmektedir. Diğer bir deyişle yıllık toplam yağıışın %54,7'sinden herhangi bir şekilde yararlanılamamaktadır. Diğer taraftan küresel iklim değişiminin bu tabloyu daha dramatik bir hale getireceği düşünülürse, buharlaşmanın azaltılması çalışmalarının önemi daha iyi anlaşılacaktır. Buharlaşmanın etkin olarak azaltılabilmesi için öncelikle buharlaşmayı etkileyen meteorolojik faktörlerin ve bunların buharlaşmayı ne doğrutuda etkiledikleri önemlidir. Buharlaşmayı etkileyen başlıca meteorolojik faktörler güneş enerjisi, su sıcaklığı, rüzgar, baraj yüzey alanı ve derinliğidir.

Bu araştırmada gerçek baraj rezervuar değişikliklerinden elde edilen veriler üç farklı metotla değerlendirilmiştir. Bunlar; Çoklu-Lineer Regresyon (MLR), Otoresif Model (AR(p)) ve Yapay Sinir Ağı (YSA).

Türkiye'deki Çatalan Barajı ve günlük buharlaşma verileri de bu modellerde kullanılmıştır.

## 1.2. Buharlaşma Ölçüm Metodları

Serbest su yüzeyinden buharlaşmayı belirlemenin en iyi yolu buharlaşma tavaşı (buharlaşma leğeni, Evaporimetre) denen metal kaplar kullanılmaktadır, bunların çeşitli tipleri vardır. Türkiye dahil olmak üzere birçok ülkelerde en çok kullanılan tip olan A sınıfı tavanın alanı 1m<sup>2</sup>, derinliği 25 cm'dir.

Bugünkü durumda en çok denenmiş olan A sınıfı buharlaşma tavaasının kullanılması ve göldeki buharlaşma miktarına geçmek için tavadaki okumanın Tava Katsayısı ile çarpılması tavsiye edilmektedir. A sınıfı tavada yıllık buharlaşma için katsayı 0,7 kabul edilebilir. Bu katsayının değişim sınırları 0,6-0,8 arasındadır. Aylık buharlaşma hesabında ise tava katsayısı daha geniş sınırlar arasında değişir. Sonbaharda yüksek, ilkbaharda düşük değerler alır.

Türkiye’de buharlaşma ölçümleri D.M.İ. Ve D.S.İ. tarafından yapılmaktadır. Ölçümlere ıslak filtre kağıdından buharlaşmayı dönen şerit üzerine kaydeden ve standart tavalara benzer sonuçlar veren yazıcı ölçekler de (Evaporograf) kullanılmaktadır.

### A Sınıfı Ölçüm Tavaları



← Ölçüm Tavaları



**Şekil 1.1.** A Sınıfı Buharlaşma Ölçüm Tavası

Şekilde verilen ölçüm tavasından alınan değerlere göre istenilen buharlaşma yüksekliği ve miktarı hesaplanır. Bu hesaplama esnasında arazideki kayıplar tava katsayısı denen bir azaltma sabiti kullanılarak belirlenir.

## 2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bir yapay zekâ metodu olan yapay sinir ağları (YSA) da son yıllarda sıkça kullanılan bir kara kutu modelidir. YSA'nın su kaynaklarında sıkça karşılaşılan değişik problemlere uygulanması ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. YSA yaklaşımının lineer olmayan yağış-akış ilişkisini iyi temsil ettiği gösterilmiştir (Hsu vd., 1995; Mason vd., 1996; Minns ve Hall, 1996; Fernando ve Jayawardena, 1998). Tokar ve Johnson (1999) YSA teknolojisini günlük akımların; günlük yağış, sıcaklık ve kar erimesi verilerinin fonksiyonu cinsinden tahmin etmek için kullanmışlardır.

Campolo ve diğerleri (1999a,b) YSA'nı yoğun yağış ve düşük akım süreçlerinde nehir akımının tahmininde kullanmışlardır. YSA aynı zamanda değişik yeraltı suyu problemlerinde de kullanılmıştır (Ranjithan vd., 1993; Rogers ve Dowla, 1994). Raman ve Sunilkumar (1995) YSA'nın sentetik rezervuar akım serileri türetilmesinde kullanılabilirliğini incelemiştir. Boogaard ve diğerleri (1998) Otoregresif sinir ağlarını geliştirerek zaman serilerinin lineer olmayan analizinde ve modellenmesine uygulamışlardır. See ve Openshaw (1998) sinir ağları ve bulanık mantığı kestirim konusunda birlikte kullanmışlardır.

YSA ayrıca birim hidrograf elde edilmesinde (Lange, 1998), bölgesel taşkın frekans analizinde (Hall ve Minns, 1998), kanalizasyon akımlarının tahmininde (Djebbar ve Alila, 1998) olumlu sonuçlar vermiştir. Cıgızoğlu (2002a, 2002b) bu metodu sediment konsantrasyonu kestirimi ve tahmini problemine uygulamıştır. İleri beslemeli geriye yayılım algoritmasının akım serisi kestirimlerinde klasik istatistik ve stokastik modellere nazaran daha başarılı olduğu gösterilmiştir (Brikundavyi vd., 2002; Cıgızoğlu 2003a, 2003b) . YSA su kaynakları problemleri ve yönetimiyle ilgili birçok araştırma konusunda çok başarılı sonuçlar vermiştir (Cıgızoğlu, 2005).

Hidrolojistler su kaynaklarının dizaynı ve yönetilmesiyle alakalı ortaya çıkan problemlere mantıklı cevaplar bulmaya çalışırken, diğer taraftan birçok hidrolojik işlemler yüksek dereceden zamansal değişkenlik gösterir. Bu olayların, fiziksel yapısının nonlineerliği sebebiyle, olayları temsil eden parametrelerin belirlenmesini sağlayan yeni metotlar oldukça kolaylık sağlamaktadır. Bu yüzden, hidrolojistler yeni metotlardan olan YSA'yı sıklıkla; su seviyesi, kirletici konsantrasyonu, yağış akış ilişkisi vb. tahmini ve hesaplanması problemlerine uygulamaktadırlar.

YSA'nın çekici özelliğinden biri, işlemlerin arkasındaki olayın fiziği olmaksızın giriş ve çıkış değerleri arasındaki ilişkiyi çıkarabilme kabiliyetidir. Birçok araştırmacı YSA modellerinin konvansiyonel modellere göre çok daha iyi performansı olduğunu, karmaşık yüksek dereceli nonlineerliğe sahip problemlerde daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Karahunanithi v.d. (1994), Dawson ve Wilby (1998), Campolo v.d (1999,a,b), Zealand v.d (1999) ve Imrie v.d (2000) tarafından yapılmış önceki araştırmalar YSA'nın nehir akışı tahminlerinde kullanılabileceğini göstermiştir. Bu araştırmalarda kullanılan YSA'nın geleneksel modellerden çok daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Yağış-akış sürecini modellemek amacıyla YSA ilk defa Halff v.d. (1993) tarafından kullanılmıştır. Halff(1993), bu çalışmasında hidrogafların tahmin edilmesi için üç katmanlı bir ileri bildirim kullanmıştır. Bu ilk çalışmadan itibaren YSA kullanılarak yağış-akış sürecinin modellenmesi bağlamında birçok çalışma yapılmıştır.

Hsu v.d.(1995) bir YSA'nın eğitilmesi için lineer en küçük kareler simpleksi adı verilen (LLSSIM) yeni bir algoritma ortaya koymuştur. Bu algoritma, lineer en küçük kareler ile çoklu-başlangıçlı simpleks optimizasyonunun kombinasyonunu kullanmıştır. Bu algoritma, birçok araştırmacının yaygın olarak kullandığı geriye yayılım algoritmasından daha efektif ve verimli bulunmuştur. Smith ve Eli (1995) sentetik bir havzadan simule edilmiş dataları baz alıp, akışın tamamen boşalmasını ve doruğa ulaşma zamanını tahmin etmek için geriye beslemeli yapay sinir ağlarını kullanmıştır.

Shamseldin (1997) farklı iklimlere sahip altı havzadan elde ettiği verileri kullanarak ağı eğitmek için Conjugate Gradyen metodunu kullanmıştır. Compolo v.d. (1999,a,b), havza çıkış noktalarındaki su seviyelerini tahmin etmek amacıyla farklı yağış-ölçme merkezlerinden elde edilmiş ve sınıflandırılmış yağış verilerinden faydalanmıştır. Compolo v.d. (1999,a,b) ve Minns ve Hall'un (1996) ortaya koyduğu model sonuçları, girdi olarak sadece yağış gözlemleri kullanıldığında oldukça yetersiz sonuçlar vermiştir. Modellerin doğruluk payı, yakın geçmişte gözlemlenmiş su seviyeleri de ayrıca kullanıldığında gelişme göstermiştir.

Sajkumar ve Thandaveswara (1999) geçici geriye yayılım sinir ağlarını (TBP-NN) nadir bulunan veri koşullarında aylık yağış-akış modellemesi için kullanmıştır. Tokar ve Johnson (1999) ve Tokar ve Markus (2000) akış tahminlerinin doğruluk payında eğitim datalarının seçiminin güçlü etkisini ortaya koymuştur.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3. 1. Materyal

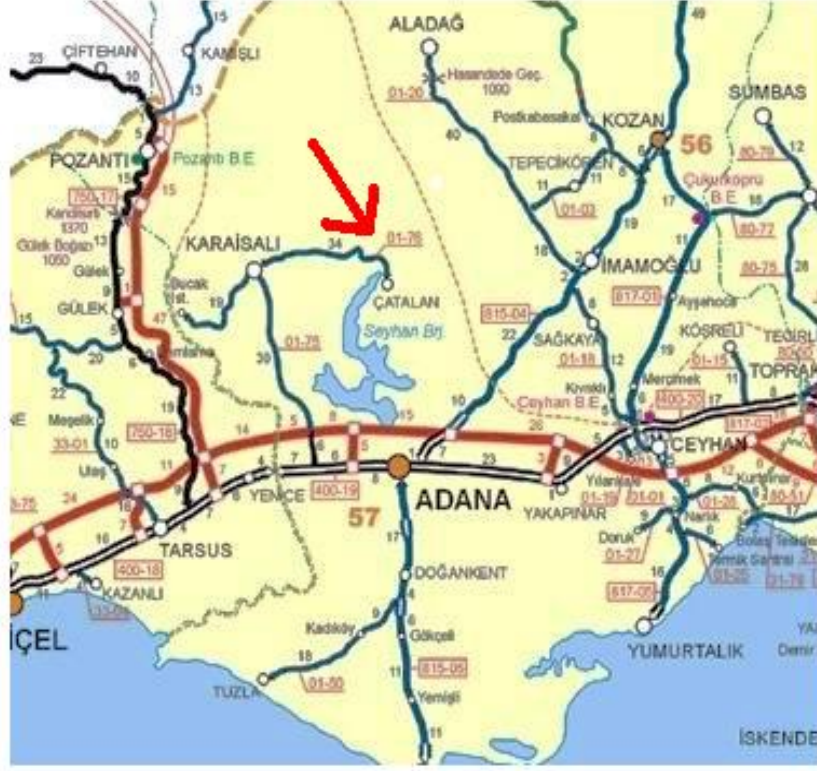
##### 3.1.1. Uygulama Alanı ve Tanıtılması

Baraj buharlaşma seviyesinin belirlenmesi için uygulama barajı olarak Adana'da, Seyhan Nehri üzerinde bulunan Çatalan Barajı seçilmiştir. Çatalan Barajı enerji ve taşkın kontrolü amacıyla 1982-1997 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır.

Toprak gövde, dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 14.500.000 m<sup>3</sup>, akarsu yatağından yüksekliği 70,00 m., normal su kotunda göl hacmi 2126,33 hm<sup>3</sup>, normal su kotunda göl alanı 81,86 km<sup>2</sup>'dir. Baraj 169 MW güç ile yıllık 596 GWh'lik enerji üretmektedir.



**Şekil 3.1** Çatalan Barajı Genel Görünümü



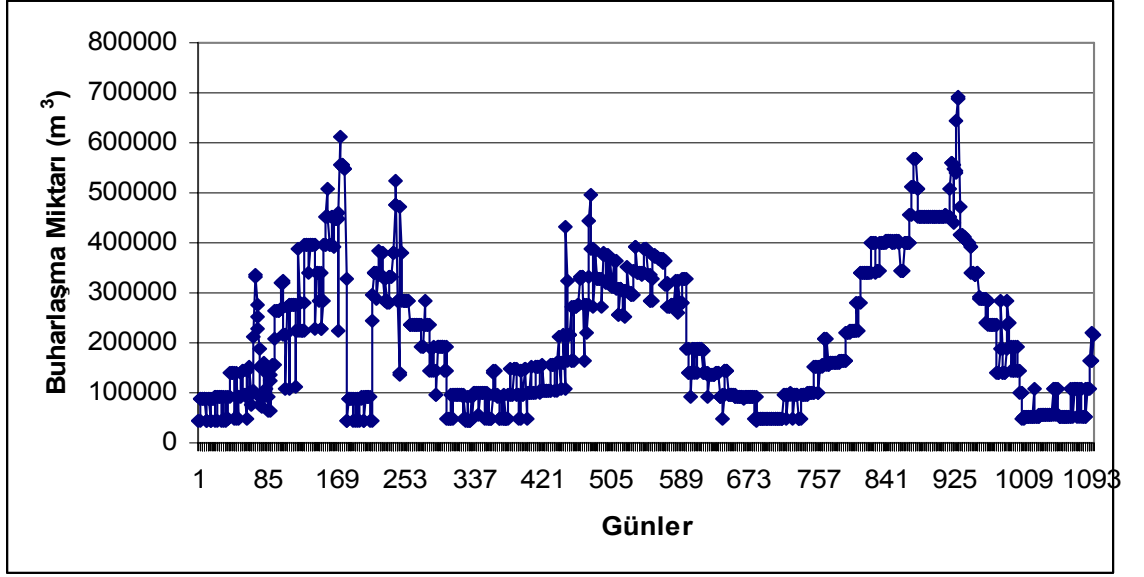
Şekil 3.2 Çatalan Barajı ve Sulaması Genel Vaziyet Planı



Şekil 3.3 Pompa İstasyonu Genel Görünüşü

YSA ve diğ er klasik modeller için Çatalan barajına ait günlük ölçülmüş buharlaşma miktarları veri olarak kullanılmıştır.

Bu veriler Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğün'den elde edilmiştir. Günlük buharlaşma ile ilgili veriler DSİ'nin Çatalan Barajındaki ölçüm istasyonundan alınmıştır.



**Şekil 3.4.** 1 Ocak 2005 ile 28 Şubat 2008 tarihleri arası Çatalan Barajı Günlük Buharlaşma Miktarları

Girdi ve çıktı veri değişkenlerinin büyüklüğü farklı olduğundan, bütün değişkenleri içeren girdi ve çıktı verileri denklem 4.1 kullanılarak eğitim ve test aşamalarında 0.1 ve 0.9 arasında normalize edilmiştir.

$$x = 0.1 + 0.8 \left( \frac{x_i}{x_{\max}} \right) \quad (4.1)$$

Bu çalışmada baraj haznesindeki buharlaşma miktarı seviyesinin belirlenmesinde klasik (Çoklu Regresyon Yöntemi, Otoregresif (AR) Model) ve yeni yöntem olarak adlandırılan yapay sinir ağları (YSA) yöntemi kullanılmaktadır. Aşağıda bu yöntemler ile ilgili olarak temel bilgiler verilmektedir (Çalım, 2008).



## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Klasik Yöntemler

#### 3.2.1.1. Çoklu Regresyon Yöntemi (MLR)

İki değişken arasında bir ilişki bulunup bulunmadığı, eğer varsa bu ilişkinin derecesinin saptanması da istatistiksel çözümlerinde sık sık karşılaşılan bir sorundur. Değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesinde regresyon ilk akla gelen tekniktir.

İstatistiksel anlamda iki değişken arasındaki ilişki, bunların değerlerinin karşılıklı değişimleri arasında bir bağıllık şeklinde anlaşılır. Gerçekten X değişkeninin değerleri değişirken buna bağlı olarak Y değişkeninin değerleri de değişiyorsa, bu ikisi arasında bir ilişki bulunduğu söylenebilir.

Regresyonda değişkenlerin bağımlı değişken ve bağımsız değişken(ler) olarak iki gruba ayrılması bir zorunluluktur. Bağımlı değişken, bağımsız değişken(ler) tarafından açıklanmaya çalışılan değişkendir. Regresyonda bağımlı değişken Y ve bağımsız değişken(ler) de X ile gösterilir. Regresyonda, amaçlardan biri bağımlı değişkenle bağımsız değişken(ler) arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılmasıdır.

Örneğin Y ile X arasında  $Y_i = \alpha + \beta X^i + \varepsilon_i$  ( $i=1,2,3,\dots$ ) gibi doğrusal bir ilişki öngörülüyorsa ilk adım modelin bilinmeyen  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerinin tahmin edilmesidir. Modelin bilinmeyen parametreleri tahmin edildiğinde bağımsız değişken(ler)'in farklı değerleri için bağımlı değişkenin alacağı değeri tahmin etmek regresyonda bir diğer amaçtır. Bağımsız değişken(ler)'in her farklı değer(ler)'i için bağımlı değişkenin değeri sabit ise ortada araştırılacak bir problem yoktur.

Hem regresyonda hem de varyans çözümlemesinde bağımlı değişken en az eşit aralıklı düzeyde ölçülür. Regresyonda, bazı özel durumlar dışında, bağımsız değişken(ler) de en az eşit aralıklı düzeyde ölçülmelidir. Varyans çözümlemesinde ise bağımlı değişken yine en az eşit aralıklı düzeyde ölçülürken bağımsız değişken(ler) sınıflama ya da sıralama ölçme düzeyinde ölçülür. Bu nedenle regresyon ve varyans çözümlemesinde amaç aynı olmakla beraber hangisinin kullanılacağı bağımsız değişkenlerin ölçme düzeyine bağlıdır.

Regresyon analizi, bağımsız değişken sayısına göre;

1. Basit regresyon analizi (Tek bağımsız değişken).
2. Çoklu regresyon analizi (Birden çok bağımsız değişken).

Fonksiyon tipine göre;

1. Doğrusal regresyon analizi.
2. Doğrusal olmayan regresyon analizi (Eğrisel).

Özellikle mühendislik ve işletmecilik alanlarında herhangi bir ekonomik değişkeni tek bir bağımsız değişkenle açıklamak mümkün değildir. Birçok ekonomik değişken bir araya gelerek bir değişkeni etkileyebildikleri gibi, kendi aralarında da birbirlerini etkileyebilmektedir. Birden fazla bağımsız değişkenli analize “Çoklu Regresyon Analizi” (Multiple Regression Analysis ) adı verilmektedir (Çalım, 2008).

Basit regresyon analizinde bağımlı değişken Y ile gösterilirken, bağımsız değişken x ile gösterilmektedir. Çoklu regresyon analizinde de bağımlı değişken Y ile fakat bağımsız değişkenler  $x_{(t-1)}, x_{(t-2)}, \dots, x_{(t-n)}$  ile gösterilecektir. Bir bağımsız değişkenli, bir bağımlı değişkenli doğrusal regresyon çok sayıda bağımsız değişkenler için genişletilebilir. Örneğin y değişkenininin  $x_1$  ve  $x_2$  bağımsız değişkenlerinin fonksiyonu olduğunu kabul edelim. O halde aşağıdaki denklemi düşünebiliriz.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{(t-1)} + \beta_2 x_{(t-2)} + \dots + \beta_i x_{(t-n)} + \varepsilon_i, \quad i=1,2,\dots,n \quad (3.1.)$$

### 3.2.1.2. Otoregresif Model (AR(p))

Bir rasgele değişkenin aldığı değerlerin zaman içinde belli aralıklarla ( $\Delta t$ ) izlenmesi halinde bir zaman serisi ( $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots$ ) elde edilir. Ardışık anlardaki  $X_i$  ve  $X_{i+1}$  değerleri arasında istatistik anlamda bir bağımlılık bulunması halinde  $X_i$  bir stokastik süreç oluşturur.

Zaman serilerine İnşaat Mühendisliğinde özellikle hidrolojik uygulamalarda rastlanır. Bir akarsu kesitinde  $\Delta t$  aralıklarıyla ölçülen akımlar (ya da  $\Delta t$  aralığındaki

toplam akım hacmi) bir zaman serisi oluşturur. Diğer bir uygulama alanı hava trafiğinin zaman içinde değişimidir.

Yıllık akım serilerinin trend ya da sıçrama bileşeni bulunmadığı takdirde stasyonier oldukları kabul edilebilir. Buna karşılık zaman aralığının daha küçük alınması halinde mevsim, ay, hafta, gün, yıl periyod olmak üzere bir periyodik bileşen bulunacağından akım serileri stasyonier olmayacaktır. Stasyonier olmayan serilerin incelenmesi güç olduğundan ileride görüleceği gibi bunların uygun bir dönüşümle stasyonier hale getirilmesine çalışılır (Bayazıt, 1996).

Akarsu havzasının depolama özellikleri akım serilerindeki ardışık değerler arasında bağımlılık (iç bağımlılık) bulunmasına neden olur. Zaman aralığı kısaltıldıkça iç bağımlılık kuvvetlenir. Yıllık akımlar için en çok kullanılan modeller ARMA (autoregressive-moving average) sınıfı modellerdir. Bu sınıfta Markov modelleri olarak da bilinen lineer otoregresif modeller, hareketli ortalama modeller ve bu ikisinin karışımı şeklinde olan modeller bulunur. Model kurarken işlemleri basitleştirmek için veriler normalize edilerek kullanılır. Bu çalışmada sadece AR(p) modelleri kullanılacaktır.

### 3.2.1.3. Otoregresif Modeller (Markov Modelleri)

p-inci mertebeye Markov modelinde (AR(p) modeli) i-inci yılın  $y_i$  akımı için şöyle bir ifade kabul edilir:

$$y_i = \sum_{j=1}^p \phi_j y_{i-j} + \epsilon_i = \phi_1 y_{i-1} + \phi_2 y_{i-2} + \dots + \phi_p y_{i-p} + \epsilon_i \quad (3.2.)$$

Burada i-inci yılın akımının bundan önceki p yılın akımlarıyla doğrudan doğruya bağımlı olduğu görülmektedir. Modelde,  $\phi_i$  regresyon katsayıları,  $\epsilon_i$  bağımsız değişkendir. Bu çalışmada verilere 6. mertebeye otoregresif model uygulanmıştır.

### 3.3. Yapay Sinir Ağları (YSA) Modeli

YSA modeli, karmaşık problemlerde uygulayabileceğimiz bir yöntemdir. Bu sebeple, yapay sinir ağları yöntemi, inşaat, makine ve tıptan mikro elektriğe kadar birçok farklı disiplin dallarında kullanılabilir.

#### 3.3.1. Y.S.A' nın Biyolojik Temeli

Biyolojik sinir sistemi, merkezinde sürekli olarak bilgiyi alan, yorumlayan ve uygun bir karar üreten beynin (merkezi sinir ağı) bulunduğu 3 katmanlı bir sistem olarak açıklanır. Alıcı sinirler (receptor) organizma içerisinde ya da dış ortamlardan algıladıkları uyarıları, beyne bilgi ileten elektriksel sinyallere dönüştürür. Tepki sinirleri (effector) ise, beyinin ürettiği elektriksel darbeleri organizma çıktısı olarak uygun tepkilere dönüştürür (Çalım, 2008).

Merkezi sinir ağındaki bilgiler, alıcı ve tepki sinirleri arasında ileri ve geri besleme yönünde değerlendirilerek uygun tepkiler üretilir. Bu yönüyle biyolojik sinir sistemi, kapalı çevrim denetim sisteminin karakteristiklerini taşır. Merkezi sinir sisteminin temel işlem elemanı, sinir hücresidir (nöron) ve insan beyinde yaklaşık 10 milyar sinir hücresi olduğu tahmin edilmektedir. Bir sinir hücresi kabaca; hücre gövdesi, dendritler, axonlar ve akson uçlarından meydana gelir. Başka hücrelerden gelen uyarılar dendritlerin uçlarından alınır ve aksonların uçlarından diğer hücrelere iletilir.



**Şekil 3.5.** Biyolojik sinir sisteminin blok gösterimi

Yukarıdaki şekilde 2 yönde ok vardır. Bunlar sıra ile sistemde ileriye ve geriye doğru beslemeyi (taşınım) göstermektedir. Aynı şekilde sinirlerde algılayıcılar insan vücudundan uyarı şeklinde aldıkları elektrik etkilerini uyarılara dönüştürürler. Sonuçlandırıcılar ise sinir ağı tarafından oluşturulan elektrik etkilerini dönüştürür ve sistemin sonuç çıktısı olarak verir.

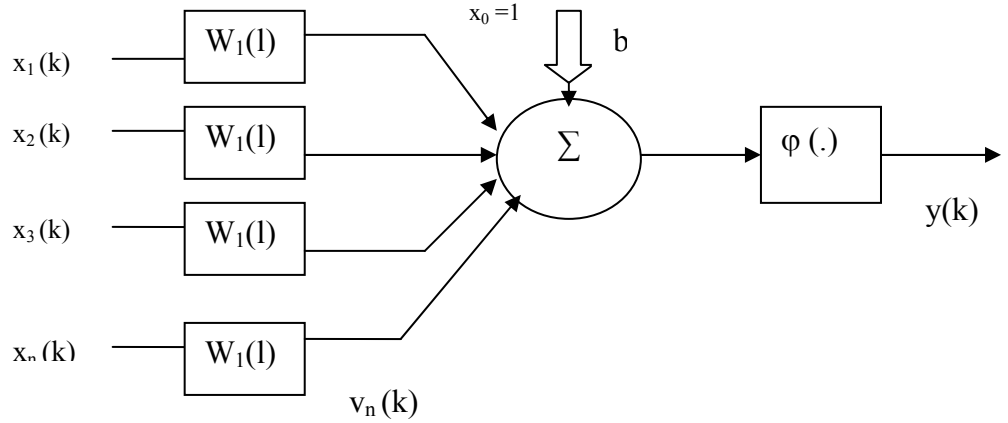
### 3.3.2. Bir Nöronun modeli

Nöron, bir yapay sinir ağının temelini oluşturan bilgi işleme birimidir. Merkezi sinir ağında bilgiler, alıcı ve tepki sinirleri arasında ileri ve geri besleme yönünde değerlendirilerek uygun tepkiler üretilir. Bu yönüyle biyolojik sinir sistemi, kapalı çevrim denetim sisteminin karakteristiklerini taşır. Özellikle bir  $k$  nöronuna bağlanan ( $j$ ) snopsisinin girdi kümesindeki bir  $X_j$  elemanı,  $W_{kj}$  bağlantı ağırlık katsayısı (synaptik weight) ile çarpılır.

Nöronların ağırlıklı çarpımları ve nöronların bağlantılarının ağırlık etkisiyle bağlı değişen bias (dış etkileri yansıtan) terimi ile toplanır. Bu işlem lineer birleştirmenin (Lineer combiner) oluşturulması olarak tanımlanır. Synapse gelen ve dendriteler tarafından alınan bilgiler genellikle elektriksel darbelerdir ancak, synapsedeki kimyasal ileticilerden etkilenir. Belirli bir sürede bir hücreye gelen girişlerin değeri, belirli bir eşik değerine ulaştığında hücre bir tepki üretir. Hücrenin tepkisini artırıcı yöndeki girişler uyarıcı, azaltıcı yöndeki girişler ise önleyici girişler olarak söylenir ve bu etkiyi synapse belirler.

İnsan beyninin 10 milyar sinir hücresinden ve 60 trilyon synapse bağlantısından oluştuğu düşünülürse son derece karmaşık ve etkin bir yapı olduğu anlaşılır. Diğer taraftan bir sinir hücresinin tepki hızı, günümüz bilgisayarlarına göre oldukça yavaş olmakla birlikte duyuşsal bilgileri son derecede hızlı değerlendirebilmektedir. Bu nedenle insan beyni; öğrenme, birleştirme, uyarılma ve genelleştirme yeteneği nedeniyle son derece karmaşık, doğrusal olmayan ve paralel dağılmış bir bilgi işleme sistemi olarak tanımlanabilir.

Bir nöronun çıktılarının genliğini (amplitude) sınırlamak için bir aktivasyon formu kullanılır. Bu aktivasyon fonksiyonu (sıkıştırma) sınırlama fonksiyonu olarak tanımlanır. Bu fonksiyon, lineer birleşim sonucunda elde edilen değerlerin, çıkış sinyalinin izin verilen genlik alanı içerisinde kalmasını sağlar.



**Şekil 3.6.** Basit bir YSA Modeli

Şekilde,  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ , Girdiler;  $W_{K1}, W_{K2}, W_{K3}, \dots, W_{KM}$ ,  $k$  nöronunun bağlantı ağırlığı;  $b_k$ , bias terimi;  $\varphi(\cdot)$  aktivasyon fonksiyonu;  $y_k$ , çıktı değerleridir.

Girdi (input) sinyallerinden dolayı oluşan lineer birleşen çıktısı (Lineer birleşim toplamı),  $V_k$ ,

$$V_k = \sum_{J=1}^M w_{kJ} \cdot x_J \quad (3.3)$$

eşitliği ile ifade edilmektedir.

Çıktı değeri ise;

$$Y_k = \varphi(V_k + b_k) \quad (3.4)$$

olarak belirlenir. Burada bias terimi (dış etken parametresi veya aktivasyon fonksiyonunun girdilerinin artması ya da azalmasının etkisini katmak amacıyla kullanılan bir sabittir),  $b_k$  bu çalışmada 1 olarak alınmış ve

$$Y_k = \varphi(V_k) \quad (3.5)$$

elde edilmiştir.

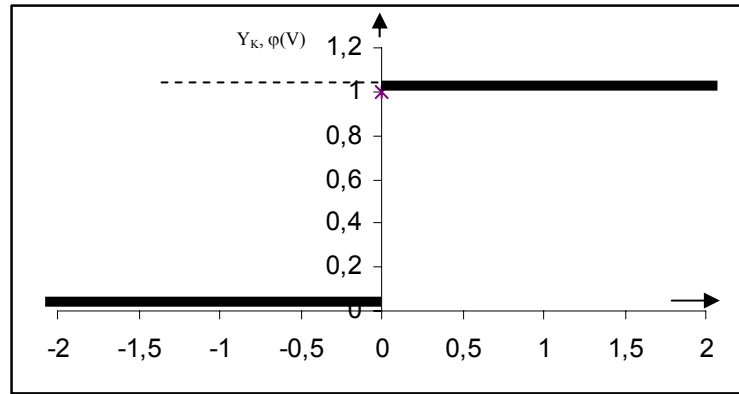
Tipik olarak aktivasyon fonksiyonu sonucunda bir nöronun çıktısının normalize edilmiş genlik alanı, kapalı bir birim aralığı olarak  $[0-1]$  veya  $[-1, 1]$  arasında alınabilir.

### 3.3.3. Aktivasyon Fonksiyonlarının Tipleri

Hücre modellerinde, hücrenin gerçekleştireceği işleve göre çeşitli tipte aktivasyon fonksiyonları kullanılabilir. Aktivasyon fonksiyonları sabit parametrelili ya da uyarlanabilir parametrelili seçilebilir. Bir nöronun çıktılarının genliğini sınırlamak için birçok tip aktivasyon fonksiyonu, “ $\varphi(V)$ ”, vardır. Aşağıda, hücre modellerinde en yaygın olarak kullanılan çeşitli aktivasyon fonksiyonları tanıtılmıştır.

#### ***Eşik fonksiyonu ( Threshold function):***

McCulloch-Pitts modeli olarak bilinen eşik aktivasyon fonksiyonlu hücreler, mantıksal çıkış verir ve sınıflandırıcı ağlarda tercih edilir. Perceptron (Algılayıcı) olarak da söylenen eşik fonksiyonlu hücrelerin matematiksel modeli aşağıdaki gibi tanımlanabilir.



$$\text{Eğer } V \geq 0 \Rightarrow \varphi(V) = 1 \quad (3.6a)$$

$$\text{Eğer } V < 0 \Rightarrow \varphi(V) = 0 \quad (3.6b)$$

**Şekil 3.7.** Eşik Fonksiyonu

olarak belirlenir.

Mühendislik literatüründe bir eşik fonksiyonunun bu şekline artı-azalan (Heaviside) adı verilir. Bu eşik fonksiyonundaki gibi çalışan bir K nöronun çıktısı aşağıdaki gibi açıklanabilir.

$$\text{Eğer } V_K \geq 0 \Rightarrow Y_K = 1 \quad (3.7a)$$

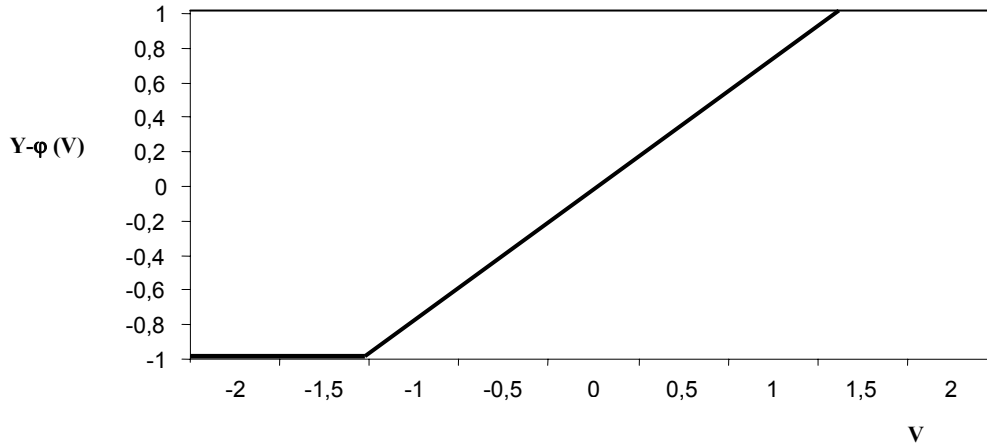
$$\text{Eğer } V_K < 0 \Rightarrow Y_K = 0 \quad (3.7b)$$

$V_K$ ; nöronun oluşan sınırlandırılmış alanıdır ve denklem (3.3) benzer şekilde şöyle ifade edilir;

$$V_K = \sum_{J=1}^M w_{KJ} \cdot x_J + b_K \quad (3.8)$$

***Doğrusal ve Doyumlu-doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu:***

Doğrusal bir problemi çözmek amacıyla kullanılan doğrusal hücre ve YSA' da ya da genellikle katmanlı YSA' nın çıkış katmanında kullanılan doğrusal fonksiyon, hücrenin net girdisini doğrudan hücre çıkışı olarak verir. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu matematiksel olarak  $y=v$  şeklinde tanımlanabilir. Doyumlu **doğrusal** aktivasyon fonksiyonu ise aktif çalışma bölgesinde doğrusaldır ve hücrenin net girdisinin belirli bir değerinden sonra hücre çıkışını doyuma götürür.



**Şekil 3.8.** Doyumlu doğrusal aktivasyon fonksiyonu

$$y = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & v > 1 \\ v & -1 < v < 1 \\ -1 & v < -1 \end{array} \right. \quad \text{ise} \quad (3.9)$$

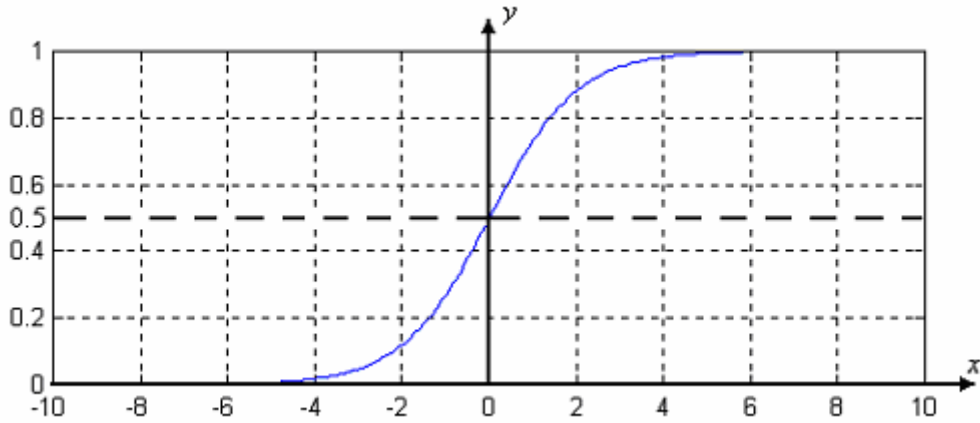


Doyumlu doğrusal aktivasyon fonksiyonunun denklem 3.9 de matematiksel tanımı, Şekil 3.4 de ise grafiği görülmektedir.

### **Sigmoid Fonksiyonu:**

Türevi alınabilir, sürekli ve doğrusal olmayan bir fonksiyon olması nedeniyle doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılan bir fonksiyon olup YSA nonlinear durumların çözümlenmesinde tercih edilir. Bu fonksiyon (S) şekline sahiptir ve yapay sinir ağlarının uygulamasında en yaygın kullanılan aktivasyon fonksiyonudur.

Sigmoid fonksiyonu aynı zamanda Lojistic fonksiyonudur ve  $\varphi(V) = \frac{1}{1 + \exp(-ON)}$  ile temsil edilir. Sigmoid fonksiyonu genel şekli aşağıda verildiği gibidir. Doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlar arasında denge sağlayan sürekli artan bir fonksiyon olarak tanımlanmıştır.



**Şekil 3.9.** Sigmoid Fonksiyonu

Lojistik Sigmoid Fonksiyonu: 
$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

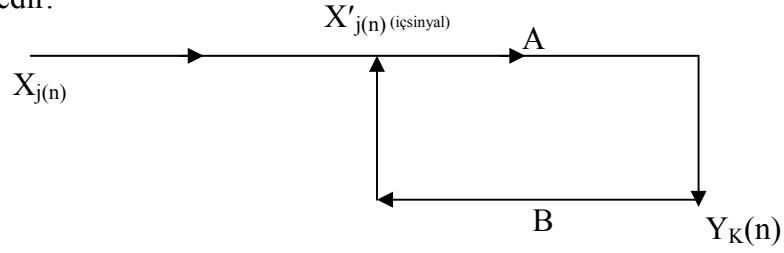
### **3.3.4. Geri Besleme (Feedback):**

Geri beslemeli YSA' da, en az bir hücrenin çıkışı kendisine ya da diğer hücelere giriş olarak verilir ve genellikle geri besleme bir geciktirme elemanı üzerinden yapılır. Geri besleme, bir katmandaki hücreler arasında olduğu gibi katmanlar arasındaki

hücreler arasında da olabilir. Bu yapısı ile geri beslemeli YSA, doğrusal olmayan dinamik bir davranış gösterir. Dolayısıyla, geri beslemenin yapılış şekline göre farklı yapıda ve davranışta geri beslemeli YSA yapıları elde edilebilir.

Sistemin bir parçasının (kısımının) çıktısı, girdi (input) olarak alınan, belirli bir bölümü ile etkileşiyorsa, geri beslemeli bir dinamik sistem olduğu kabul edilir. Böylelikle sistem içerisindeki sinyallerin iletilmesi için bir veya daha fazla kapalı yol ortaya çıkmaktadır (Üneş ,2006).

Aşağıdaki şekilde tek döngülü geri beslemeli sistem için akım sinyal şeması verilmektedir.



**Şekil 3.10.** Tek döngülü geriye beslemeli sistem için akım sinyal şeması

Burada girdi sinyalleri ( $X_j(n)$ ); ilk sinyaller  $X'_j(n)$  ve çıktı sinyaller  $Y_K(n)$  olmak üzere, ayrıklaştırma (nümerikleştirme) zaman değişkeni ( $n$ )'nin fonksiyonu olarak verilmektedir. Bu sistem operatörleri ileriye ve geriye besleme oluşumunu tanımlamaktadır.

Yukarıdaki şekilden görüldüğü gibi girdi ve çıktı arasındaki ilişki kolaylıkla belirlenebilmektedir.

$$Y_K(n) = A[X_j(n)] \quad (3.10)$$

$$X'_j(n) = X_j(n) + B[Y_K(n)] \quad (3.11)$$

Denklemler yeniden incelendiğinde  $Y_K(n)$  çıktıları istenen aralıkta elde edilene kadar  $X'_j(n)$  iç sinyallerinden etkilenmektedir, yani  $X_j(n)$  girdileri lineer fonksiyon çıktıktan sonra istenilen aralıkta belirlenememişse  $B[Y_K(n)]$  döngüsüne girmekte (geri besleme yapılmakta) ve  $X'_j(n)$  iç sinyalleri olarak yeniden döngüye sokulmaktadır.

Tabii ki bu döngünün girdileri  $Y_K(n)$  kümesinin çıktıları olmaktadır. Burada (A) ve (B) döngü operatörü olarak davranmaktadır (Üneş ,2005).

Yukarıdaki (3.11, 3.12) denklemlerinden  $X'_J(n)$  çıkarılırsa aşağıdaki denklik elde edilmektedir.

$$Y_K(n) = \frac{A}{1-AB} [X_J(n)] \quad (3.12)$$

Bu ifade sistemin kapalı döngü operatörü olarak tanımlanır. Genelde açık döngü operatöründe  $BA \neq AB$  yoludur, yani açık döngü operatörü iletişimsizdir (bağımsızdır).

Yukarıdaki denklem açılırsa

$$\begin{aligned} Y_K(n) &= A[ \overbrace{X_J(n) + B(Y_K(n))}^{X'_J(n)} ] \\ &= A X_J(n) + AB(Y_K(n)) \end{aligned} \quad (3.13)$$

$$Y_K(n) = \frac{A}{1-AB} [X_J(n)] \quad (3.14)$$

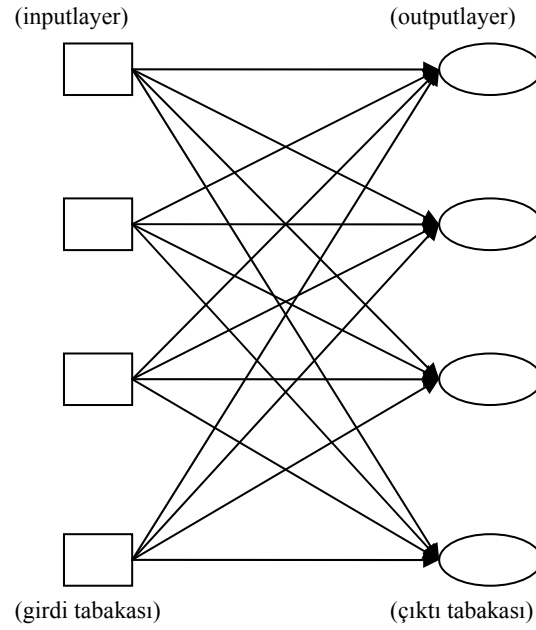
elde edilir.

### 3.3.5. YSA'nın Çalışma Ağının Yapısı:

YSA'nın nöronlarının yapılanmasındaki yol özellikle ağı eğitmek için kullanılan öğrenme (Eğitme) algoritması ile ilgilidir. Bu yapılanma aşağıdaki gibi sınıflandırır.

#### Tek Tabakalı İleri Beslemeli Ağ:

Tek tabakalı yapay sinir ağlarında nöronlar tabaka şekline göre düzenlenir. Tabakalı ağın en basit formunda kaynak (girdi noktalarının) bir girdi tabakası ve nöronların (hesap noktaları), bir çıktı tabakası vardır. Bu tip tek tabakalı ağ YSA modellerinde pek alışılmış ve kullanılmış değildir. Diğer bir deyişle de bu tip ağ tamamen ileriye beslemeli (feed forward) bir tiptir. Tek katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı en basit ağ yapısıdır. Bir giriş katmanı ve bir çıkış katmanı vardır. Örnek yapısı Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Bu tip bir ağda bilgi girişten çıkışa doğru ilerler yani ağ ileri beslemelidir. Tek katmanlı olarak isimlendirilmesinin sebebi, giriş katmanının veri üzerinde hiçbir işlem yapmadan veriyi çıkış katmanına iletmesidir.



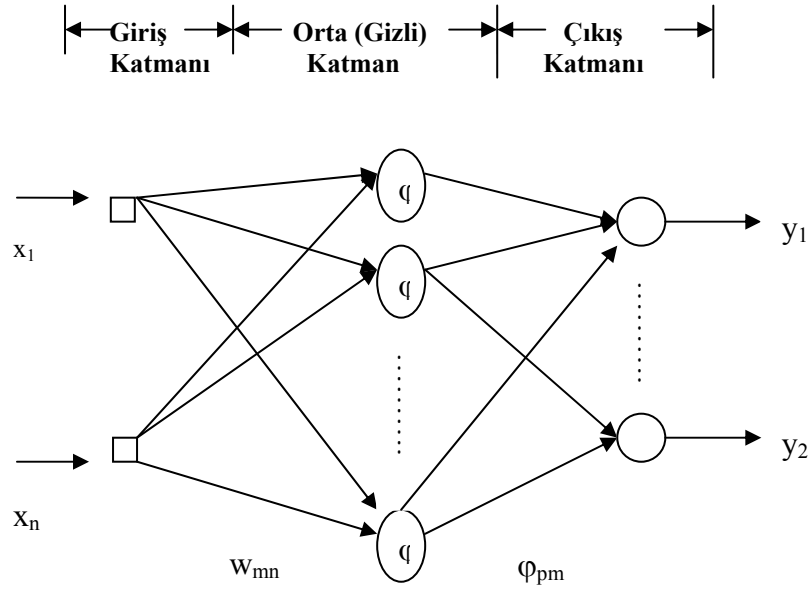
**Şekil 3.11.** Tek tabakalı ileri beslemeli ağ

### **Çok Tabakalı İleri Beslemeli Ağ:**

İleri beslemeli YSA'da, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan orta (gizli) katmandaki hücrelere iletir. Bilgi, orta ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir. Bu yapısı ile ileri beslemeli ağlar doğrusal olmayan statik bir işlevi gerçekleştirir. İleri beslemeli 3 katmanlı YSA'nın, orta katmanında yeterli sayıda hücre olmak kaydıyla, herhangi bir sürekli fonksiyonu istenilen doğrulukta yaklaştırabileceği önceki çalışmalardan görülmektedir. En çok bilinen eğitime beslemeli yöntemi algoritmasıdır. Bu tip, YSA'nın eğitiminde etkin olarak kullanılmakta ve bazen bu ağlara geriye yayılım ağları da denmektedir.

İleri beslemeli bir sinir ağının, bu ikinci sınıf formu, bir veya daha fazla gizli tabakaların oluşturulması ile kendi kendiliğinden ayırt edilebilir bir forma girmektedir. Bu gizli tabakaların hesaplanan noktaları şekilleri ile uyumlu olarak gizli nöronlar (hiddenlayers) veya gizli birimler olarak tanımlanır (hidden units).

Bu gizli tabakaların sinirlerinin fonksiyonu, hesaplarda faydalanılmak amacı ile dış girdiler ve hesap ağı çıktıları arasında yer alır. Bir veya daha fazla gizli tabaka eklenerek daha hassas dereceli istatistiksel sonuçlar elde etmek mümkündür.



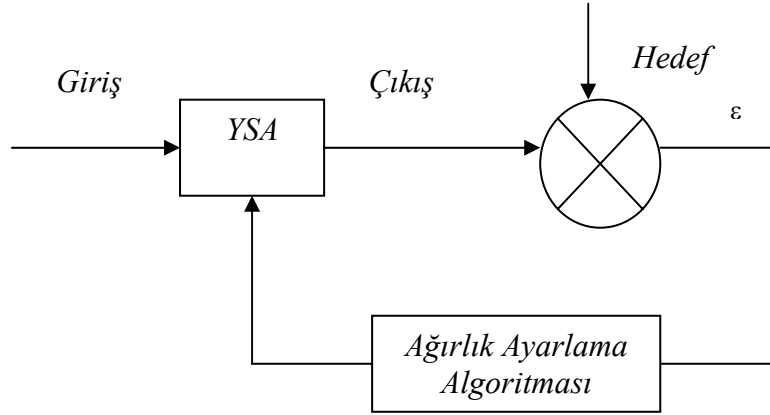
**Şekil 3.12.** İleri beslemeli üç katmanlı YSA

İleri beslemeli üç katmanlı ve çıkış katmanı doğrusal olan YSA'nın matematiksel modeli,  $x$ - giriş vektörünü,  $O$ - orta katman çıkış vektörünü,  $y$ - ağ çıkış vektörünü göstermek üzere uygulanmıştır.  $x_0$  ve  $O_0$  girişleri, polarma girişleri olarak alınmıştır. Herhangi bir problemi çözmek amacıyla kullanılan YSA da, katman sayısı ve orta katmandaki hücre sayısı gibi kesin belirlenememiş bilgilere rağmen nesne tanıma ve sinyal işleme gibi alanların yanı sıra ileri beslemeli YSA, sistemlerin tanınması ve denetiminde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

### YSA Algılama, Öğrenme Şeması (Perceptron):

YSA'nın gerçekleştirdiği iki temel fonksiyon, öğrenme ve hatırlamadır. Öğrenme, ağırlık değerlerinin, bir giriş vektörüne karşılık arzu edilen çıkış vektörünü sağlamak üzere uyarlanmasıdır. YSA'nın, belirli bir girişe, ağırlık değerlerine uygun bir çıkış üretmesi de hatırlama olarak tanımlanır. Ağırlık değerlerinin ayarlandığı öğrenme süreci denetimli, denetimsiz olabilir. Aralarındaki farkın kaynağı eğitim verisinin sınıflandırmasını yapan denetim mekanizmasının olup olmadığıdır. Bu durumda, denetimsiz öğrenme sürecinde öğrenmenin yansıra eğitim verisinin sınıflandırması da başarılması gereken bir başka görevdir.

Mühendislik uygulamalarının büyük çoğunluğu denetimli öğrenmeyi kullanır. Yapay sinir ağına, yapması istenilen göreve dayalı bir dizi örnek bilgi verilerek sinir ağı eğitilir. Burada amaç belirli bir giriş için hedef bir çıkış elde etmektir. Hedef çıkış, denetmen tarafından sağlanır. Elde edilen çıkışla hedef karşılaştırıldığı zaman hedefe ulaşamamışsa bağlantıların ağırlıkları benimsenen öğrenme yaklaşımına göre ayarlanarak işlem tekrarlanır. Blok diagram olarak Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.13. YSA'nın eğitimi

Perceptron (algılama); bir lineer ayrıştırılabilen YSA modelinin en basit şekline verilen addır. Bir perceptron temel olarak, düzeltilebilir bağlantı ağırlıkları ile bir nöron ve bias eğilim teriminden oluşur.

Bu algoritma ilk olarak Rossen Blatt (1958–1962)'in beyin algılama (öğrenme modeli) için geliştirdiği bir öğrenme prosedüründe görünen bir sinir ağının bağımsız parametrelerini düzenlemede kullanılmıştır.

Rossen Blatt, girdi verileri lineer olarak ayrılabilen iki farklı sınıftan alınan perceptronları eğitmek için kullanıldığında perceptron algoritmasının yakınsak sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bu algoritmanın yakınsamasının ispatı perceptron yakınsama teoremi olarak bilinmektedir. Birden fazla nöronu içermesi için perceptronun çıktı tabakası genişletilerek daha fazla uygun sınıflamada yapılabilir.

### **Hatayı Geriye Yayararak Eğitme (Training by error backpropagation):**

Her bir tabakadaki nöronların sayısı ve bağlantı şekli belirli şartlar içerisinde değişebilir. Bir tabaka içerisindeki düğüm noktaları arasında (iletişim) bağlantı kurulmasına izin verilmez. Ancak her bir tabakadaki düğüm noktası değerleri, ardışık yani ondan sonraki tabakaya önceki tabaka çıktısı veya bulunduğu tabakanın girdisi olarak işlem yapabilir.

Düğüm noktalarına verilen veriler, hem başlangıçlardaki girdilerden (yani ilk girdi dosyalarından) hem de sonraki tabaka çıktılarından geri beslemelerinden ileri gelebilir. Bu geri besleme 2 safha içerir: Girdi düğümlerindeki dışardan girilen verilerin bir ileri besleme safhası ile çıktı tabakasındaki çıktı bilgilerini hesaplayarak ileriye doğru yayılması. Çıktı gözlemlenen değerler ve hesaplananlar arasındaki farka (hataya) dayanarak bağlantı ağırlıkları ( $w$ ; ağırlık-etkinlik katsayılarını) değiştirme-geri besleme fazında yapılır.

Eğitim işleminin başlangıcında, bağlantı eğitim algoritması, eğitme işlemini başarıyla tamamlayana kadar her bir iterasyonda düzeltilerek değiştirilir. Ağırlıkları rasgele değerler olarak alınarak başlanır.

Bu iterasyon işlemi (geriye doğru hataların yayılmasıyla yapılan) yakınsadığı zaman, bir ileri beslemeli hesap ağındaki YSA modeli ile elde edilen çıktı sonuçları değerlendirilerek o modelin sonucunda ağırlık katsayıları belirlenir.

Bir YSA modelinde  $N$  tane (girdi parametre verisi) girdi verisi vardır. Bu verilerin her biri girdi değerlerinin bir kümesine sahiptir. Buna  $X_i$  dersek;  $X_i = (i=1,2,3,\dots,k)$  kadar ve çıktı düğümlerinde  $J_n$ , ( $n= 1, 2, 3,\dots, m$ ) kadar çıktı değeri vardır.

Bu girdi değerleri gizli tabakalardaki  $W_{ij}$  ( $j=1,2,3,\dots,h$ ) ile çarpılır ve çıkan değerler düzenlenerek gizli tabakaların girdi değerleri olarak kullanılır.

$$H_j = \sum_{i=1}^k W_{ij} \cdot X_i \quad (j = 1,2,3,\dots,h) \quad (3.15)$$

$H_j$  : (j)inci gizli tabakadaki girdi değerleridir.

$W_{ij}$  : (i)inci nörondan (j) inci nörona bağlantı, ağrılık katsayılarıdır.

Her bir gizli tabaka bir çıktı tabakası, çıktısı üretmek için sigmoid fonksiyonu (veya diğer fonksiyonlar) ile dnstrlr veya işleme tabii tutulur.  $H_{Oj}$  olarak gösterilen çıktılar elde edilir.

$$H_{Oj} = f(H_j) = \frac{1}{1 + \exp[-(H_j + \theta_j)]} \quad (3.16)$$

$H_j$  : Düğüm noktalarındaki girdi değerleri

$f(H_j)$ : ıktı düğüm noktası değeri

$\theta_j$  : Bir başlangıç veya Bias terimi olarak alınabilir.

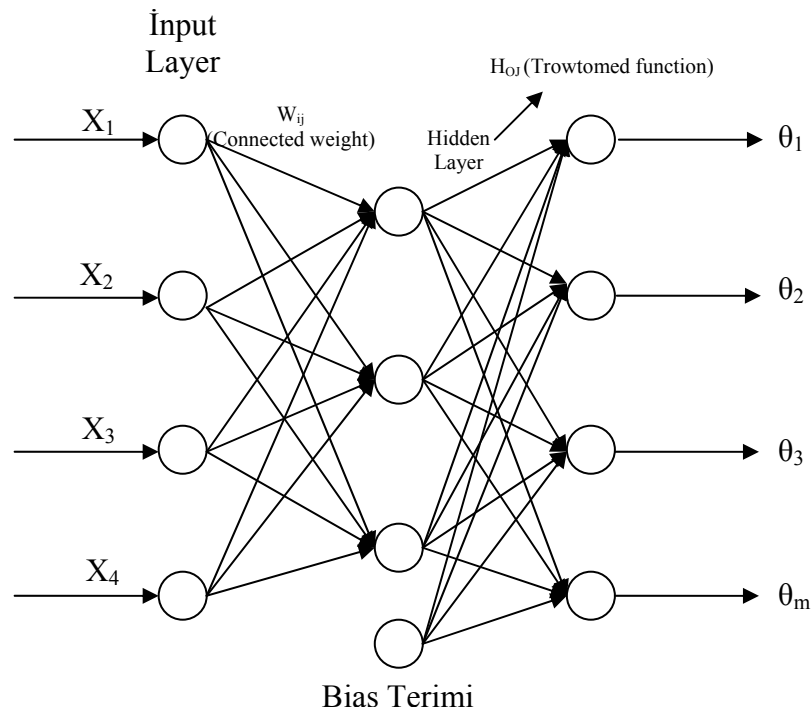
$(\theta_j)$  Threshold (başlangıç) fonksiyonu, ağrılık katsayılarının eğitilmesine bir değer (genelde 1 alınır) olarak etkitilebilir.  $H_{Oj}$  ıktı değerleri ardışık tabakalarda girdi olarak da görev yapabilir. Birden fazla gizli tabaka alınması durumunda bu işlem çıktı tabakasına varıncaya kadar devam eder. Yani kaç tane ara tabaka var ise her ara tabakanın çıktısı sonrakinin girdisi (inputu) olarak alınır ve bu işlem çıktı tabakasına kadar devam eder. Bu işlemin tümüne ileri doğru hareket akışı denir. Eğer n tane çıktı düğümü için girdi olarak  $I_{On}$  almırsa aşağıdaki gibi ifade edebiliriz.

$$I_{On} = \sum_{j=1}^h W_{jn} \cdot H_{jn} \quad (n = 1,2,3,\dots, m) \quad (3.17)$$



Bütün girdi değerleri aktivasyon fonksiyonu ile yeniden tanımlanarak ( $O_n$ ) sinir ağının çıktı değerleri belirlenir. Şekil 3.10'da çok tabakalı algılayıcının genel formu verilmiştir.

Yakınsak çözüm için ardışık olarak iterasyonlar boyunca ağırlıkların değiştirilmesi (hataların geriye yayılması) ve eğitme işlemlerinin geriye yayılım öğrenme algoritması ile başarılmaktadır. Çıktı tabakasındaki ( $O_n$ ) değerleri hedeflenen değerler ile (elimizdeki bulmayı amaçladığımız ölçüm veya model sonuçları) aynı olmayacaktır. Belirli bir miktar hata içerecektir.



**Şekil 3.14.** Çok tabakalı algılayıcı (perceptron)

$\theta_j$  burada başlangıç fonksiyonu olarak alınır, bu terim yerine bias terimi kullanılır ve genellikle "1" olarak alınıp işlem yapılır.  $H_{Oj}$  çıktısı ise sigmoid fonksiyonu kullanılarak çıktı değerlerini ardışık gizli tabakalar boyunca girdi değerleri olarak almış ve çıktı değerlerine kadar benzer işlemlerle devam etmektedir.

Bu input değerleri yapay sinir ağından elde edilecek ( $O_n$ ) çıktı değerlerini vermesi için YSA modeli boyunca sürdürülüp yine eğitme işlemi ardışık ağırlık düzeltme işlemi ve geriye beslemeli eğitim algoritması ile başarılmaktadır.

YSA uygulanarak elde edilen çıktıya ( $O_n$ ), bulunması istenen ölçüm değerlerine ( $T_n$ ) denirse her bir girdi verisi için ( $e_p$ ) p'inci girdi verisinin çıktı sonucu oluşan hatası toplam karesel hataya göre yazılırsa (sum of squares of error) ;

$$e_p = \sum_{l=1}^m (T_n - O_n)^2 \text{ dir.} \quad (3.18)$$

ve “MSE” (mean square veya average system error) ortalama karesel hataya göre hesaplanmak istendiğinde, tüm girdi verileri için toplam hata miktarı olarak;

$$E = \frac{1}{2N} \sum_{p=1}^N \sum_{n=1}^m (Tp_n - Op_n)^2 \quad (3.19)$$

burada, N; bütün Girdi veriler,  $Tp_n$ : Gerçek veriler (bulunması istenen hedef değer),  $Op_n$ ; Yapay sinir ağları çıktı değerleridir.

Gerçek beslemeli algoritmanın amacı iteratif olarak ortalama karesel hataların minimize edilmesidir. Bu işlem çıktı tabakasındaki her bir bağ noktası için  $\delta_n$  hesaplanan değişim miktarını verir.

$$\delta_j = O_n (1 - O_n)(T_n - O_n) \quad (3.20)$$

burada  $\delta_j$  hatanın değişimidir ve bir önceki tabakadaki hesaplanan hataların ağırlıklı toplamları tarafından ara tabakalar için yenilenerek her bir iterasyon için belirlenir.

$$\delta_j = H_{O_j} (1 - H_{O_j}) \sum_{n=1}^m \delta_n \cdot W_{jn} \quad (3.21)$$

olarak yazılabilir. Burada,  $H_{O_j}$ ; girdi ve çıktı (input ve output) arasındaki ağırlık fonksiyonu ile verilen ilişkiden yola çıkarak,  $H_j$  gizli tabaka girdisi ile  $O_j$  , çıktı değerine geçişi veren sigmoid fonksiyonu dönüşümüdür.

$$H_j = \sum_{i=1}^m W_{i,j} X_i \quad (3.22)$$

ve

$$H_{O_j} = f(H_j) = \frac{1}{1 + \exp(H_j + O_j)} \quad (3.23)$$

Hata değerinin miktarı hesap ağırlık değerlerini güncelleştirmede kullanılır.

$$\Delta W_{ij} = \eta \cdot \delta_j \cdot X_i \quad (3.24)$$

şeklinde yazılarak ağırlık değeri hataya göre yenilenir.

$$W_{ij}(r+1) = W_{ij}(r) + \Delta W_{ij} \quad (3.25)$$

Genellikle hızlı bir yakınsama sağlamak için eskalasyon (değerler arasındaki fark-salınım) yol açmamak için geniş adım aralığı kullanılır. “r” inci data girildikten sonra ağırlıklardaki değişim ise;

$$\Delta W_{ij}(r) = \eta \cdot \delta_j \cdot X_i + \alpha \Delta W_{ij}(r-1) \quad (3.26)$$

burada,  $\alpha$  ; Yakınsamayı hızlandırmak için kullanılan bir momentum oranı ifadesini,  $\eta$  ; hatanın değişiminde ve yayılımındaki adım aralığını belirleyen öğrenme oranı, r; iterasyon sayısı,  $\delta_j$ ; hata miktarını göstermektedir (Çalım, 2008).

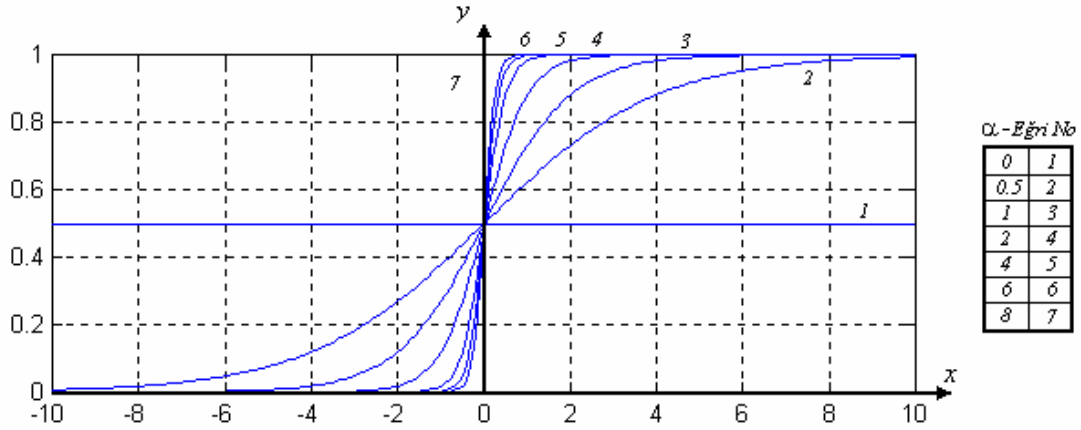
### **Öğrenme Oranı (Learning Rate $0 \leq \eta \leq 1$ )**

Pozitif değerli olmak zorundaki öğrenme katsayısı 2’den büyük seçildiğinde YSA’nın kararsızlığına, 1’den büyük seçildiğinde de çözüme ulaşmaktansa salınım yapmasına sebep olur. Öğrenme katsayısı için  $\{0-1\}$  uygun aralıktır. Bu aralıkta

seçilen katsayının büyüklüğüyle, öğrenme adım aralığı orantılıdır. Eğitim verisinin değişim oranına uygun katsayı seçilmelidir. Uyarlanabilir öğrenme katsayısı kullanımı da başvurulabilecek yöntemlerdendir.

### Sigmoid Fonksiyonunun Eğim Parametresi ( $\alpha$ )

Artan ağırlık değerleri, nöronun, sigmoid fonksiyonun eğiminin(türevinin) çok küçük değerli bölgelerinde işlem yapmasına sebep olur. Geri yayımlanan hata terimi türevle orantılı olduğundan, düşük eğimde yeterli eğitim gerçekleşmez. Eğimin ayarlanması, eğitim süresini ve başarısını doğrudan etkiler.



**Şekil 3. 15.** Lojistik sigmoid fonksiyonunun eğim parametresiyle değişimi

Lojistik Sigmoid Fonksiyonun Eğim Parametresi  $\alpha$  ile Değişimi

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}}$$

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

### 4.1. Çatalan Barajı Uygulamaları

Bu çalışmada, YSA'da rezervuar buharlaşma problemini tanımlarken bir gizli katmanlı MLP (Çok tabakalı algılayıcı) seçilmiştir. MLP'nin en yaygın öğrenim yöntemi olan geriye yayılım algoritması (BPA), girdi ve çıktı veri seti için kullanılmıştır. YSA'nın çözümünde MATLAB kodu ile yazılmış bir programda ileri beslemeli Bayes regülarizasyon yayılım algoritması, Levenberg Marquardt Metodu uygulanmıştır. YSA modelinde, iterasyon sayısı, öğrenme ve momentum hızı oranı sırası ile 950, 0.1, 0.95 olarak alınmıştır.

YSA'nın baraj haznesindeki buharlaşma verisine uygulanması iki adımdan oluşmuştur. İlk adım sinir ağlarının eğitimidir. Bu adımda girdi olarak, günlük buharlaşma verilerinden altı adet veri türetilerek, çıktı olarakta günlük buharlaşma miktarları alınmıştır. Baraj rezervuar modellerinin geliştirilmesi amacıyla YSA, ilk veri setinin bir başka deyişle son 739 günlük gözlemlerden oluşan eğitim verisinin kullanımıyla eğitilmiştir. Eğitim aşaması tamamlandıktan sonra MLP'ler ilk 350 günlük gözlemlerden oluşan test verilerine uygulanmıştır. Belirli bir problem için uygun bir ağ yapımı saptamak (ağ topolojisi) hesap karmaşıklığını ve genelleme yapabilme yetisini bire bir ilgilendirdiğinden önemli bir konu haline gelmiştir (Cıgızoğlu, 2003-b).

Her bir model için en düşük karesel hata (MSE), toplam karesel hata (MAE) ve model tahminleri ve gözlemlenmiş değerler arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Sonuçları da model tahmini ve gözlem verilerinin performanslarını karşılaştırmak için kullanılmıştır. MSE ve MAE aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$MSE = \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N Y_{i_{gözlem}} - Y_{i_{tahmin}} \right)^2 \quad (4.2)$$

ve

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Y_{i_{gözlem}} - Y_{i_{tahmin}}| \quad (4.3)$$

Burada N data set sayılarını ve  $Y_i$  rezervuar buharlaşma miktarı verilerini göstermektedir. Bunun yanısıra stokastik model teknikleri de rezervuar hacim

varyasyonlarını tanımlamak için kullanılabilir. Hidrolojik verilerin Stokastik modelleri regresyon, zaman dizimi ve olasılık modelleri kullanarak da elde edilebilmektedir. Bu teknikler de değişkenler arasında lineer ilişkinin olduğu varsayılmaktadır (Cıgızoğlu ve Kişi, 2006).

Her ne kadar haznedeki buharlaşmanın belirlenmesi problemlerinin çözümü non-linear bir yaklaşım gerektirse de, bu çalışmada YSA ile stokastik modelleme yöntemlerini karşılaştırabilmek için bu çalışmada otopregresif ve çoklu lineer değişkenli regresyon modelleri kullanılmıştır.

#### 4.1.1. Hazne Buharlaşma Miktarının Tahmin Edilmesi

Bu çalışmada MLR, AR(p), YSA modellerinin uygulama sonuçları aşağıda Çizelge 4.1’ de verilmiştir. Görüldüğü gibi YSA modelleri toplam günlük buharlaşma miktarından elde edilen altı adet veri kümesine (Toplam Buharlaşma Miktarı- 1,2,3,4,5,6) uygulanmış en yüksek korelasyon katsayısı ve düşük hata değerleri elde edilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Çatalan Barajında kullanılan bütün modellerde test verileri için elde edilen MSE, MAE ve R parametreleri

| Modeller | Giriş Kombinasyonları | MSE        | MAE   | R    |
|----------|-----------------------|------------|-------|------|
| MLR      | T.B.M.- 1,2,3,4,5,6   | 3127654209 | 33657 | 0,90 |
| AR(3)    | T.B.M.                | 3234663245 | 32680 | 0,91 |
| AR(6)    | T.B.M.                | 3215627854 | 34041 | 0,91 |
| YSA      | T.B.M.- 1,2,3,4,5,6   | 3158998625 | 34712 | 0,92 |

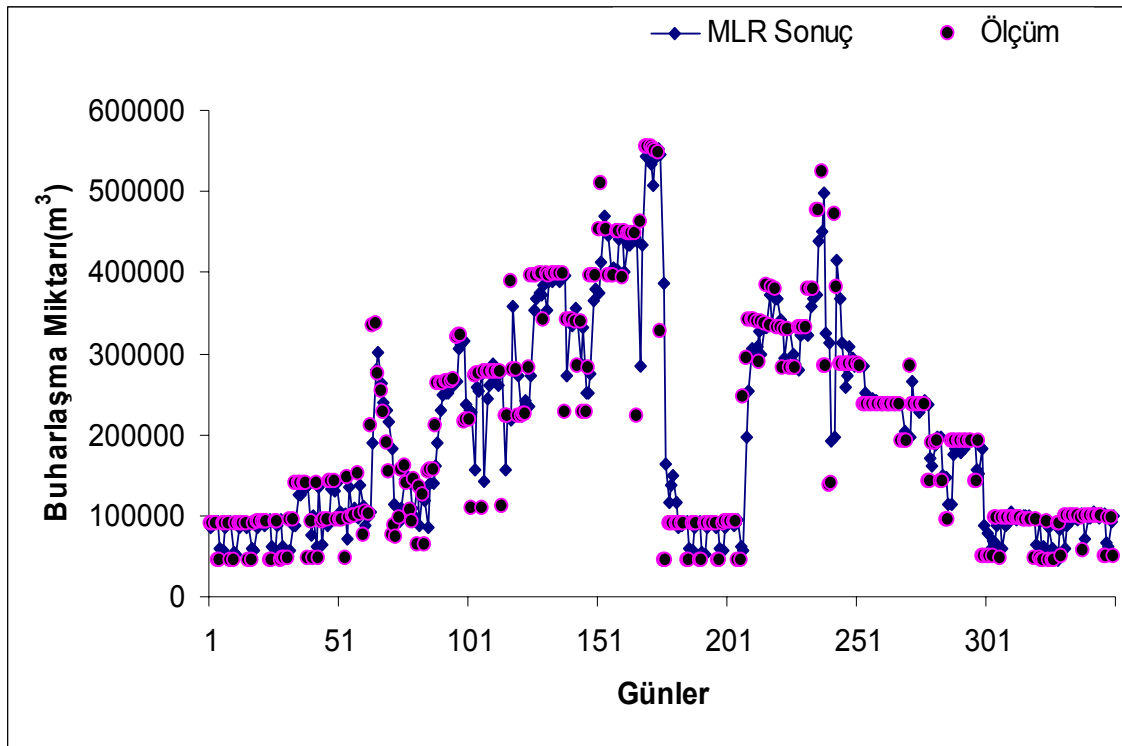
**TBM: Toplam Buharlaşma Miktarı; MSE: Ortalama karesel hata; MAE: Mutlak Ortalama hata R; Korelasyon katsayısı**

AR(p) ve MLR modellerinde uygulanmış ve sonuçları irdelenmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda YSA modelleri ile ölçümlere en yakın sonuçlar elde edilmiştir. Diğer yöntemlerle elde edilen sonuçlarda oldukça başarılı sonuç vermiştir. Bunun sebebi verilerin günlük ölçüm ve yakın değerlerden oluşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

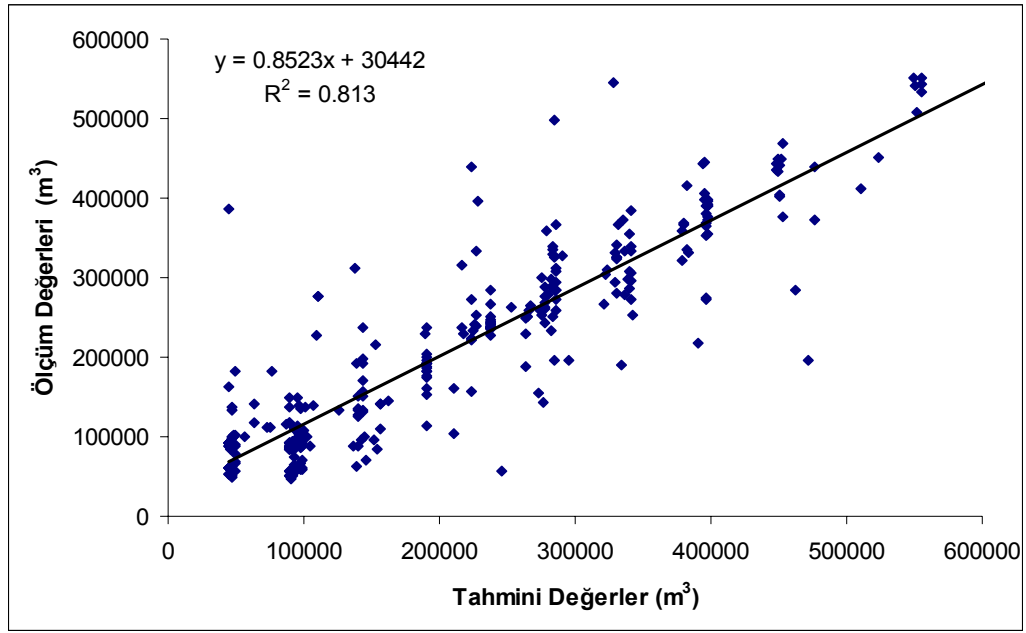
Çizelge 4.1 de, test süreci ve her bir kombinasyonu MSE, MAE ve Korelasyon katsayıları (R) ilişkisi açısından gösterilmiştir. Çizelge 4.1.'den görülebileceği üzere, MLR modelinde MSE gerçek değerler için ( $31,278 \times 10^8 \text{ m}^3$ ), MAE ( $33,7 \times 10^3 \text{ m}^3$ ) ve R (0.90) elde edilmiştir.

Şekil 4.1'de test süreci için MLR buharlaşma miktarları ve ölçüm değerleri karşılaştırılmış. Aşağıda çoklu regresyon modelini temsil eden 4.4 denklemi ve modelin katsayıları verilmiştir, şekil 4.2'de bu ilişki saçılma diyagramı formatındaki grafiği verilmiştir.

$$Y_i = 0,00619 + (0,71689 * x_{(t-1)}) + (0,09158 * x_{(t-2)}) + (0,0887 * x_{(t-3)}) - (0,06383 * x_{(t-4)}) + (0,04829 * x_{(t-5)}) + (0,1017 * x_{(t-6)}) \quad (4.4)$$



Şekil 4.1. MLR günlük buharlaşma miktarı test sonuçları ile ölçüm değerlerinin karşılaştırılması



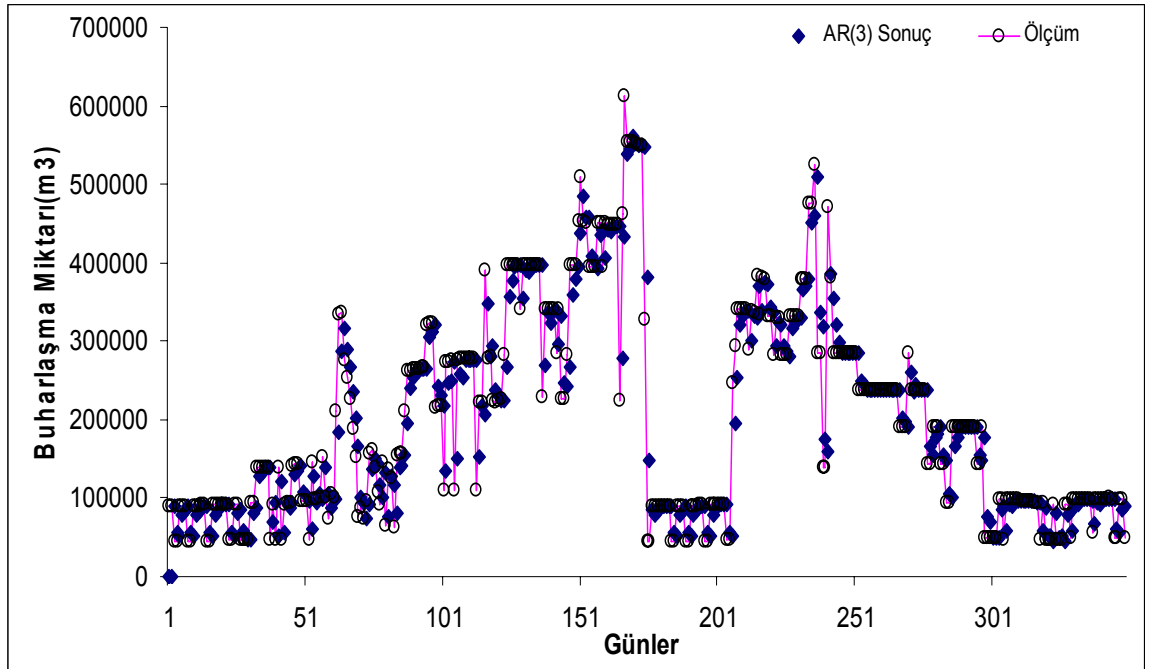
**Şekil 4.2.** MLR sonuçları ile ölçüm değerlerinin saçılma diyagramı

MLR modeline ilaveten Autoregressive (AR) modeller uygulanarak bu çalışmanın kapsamı genişletilmiştir. Bu çalışmada AR(p) için, AR(1), AR(2) ve AR(6) otoregresif modelleri kullanılmış ve bulunan sonuçlar eğitim ve test için ayrı ayrı hazne buharlaşma ölçümleri ile kıyaslanmıştır. Sonuçlar MLR ile uyumlu olmakla beraber YSA'ya yakın değerler vermiştir. Böylece YSA modelinde kullanılan rezervuar seviye data setleri stokastik AR(p) modeline uygulanmıştır. Bu çalışmada girdi katmanı olarak 6 önceki zaman buharlaşma miktarı kaydırılarak veriler elde edilmiştir ve böylece 6 tane, AR(1-6), AR modeli oluşturulmuş. Kullanılan modeller arasında AR(6) modelinin test aşaması için MSE ( $3215627854 \text{ m}^3$ ), MAE ( $34041 \text{ m}^3$ ) ve R katsayısını (0.91) verdiği görülmüştür. Bu yüzden, AR(3) ve AR(6) otoregresif modelleri bu çalışmada verilmiştir. Test aşaması için otoregresif model sonuç tahminleri, seviye eğilimi ve saçılma diyagramı formatındaki gözlemlenmiş rezervuar buharlaşma miktarı ile karşılaştırılmıştır. Aşağıda Autoregressive (AR) modeller uygulanarak elde edilen sonuçlar ve katsayılar AR(3) için denklemler 4.5 ve AR(6) içinde denklemler 4.6'da verilmiştir. AR(3) ve AR(6) modellerinin performansları Şekil 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6'da gösterilmiştir.

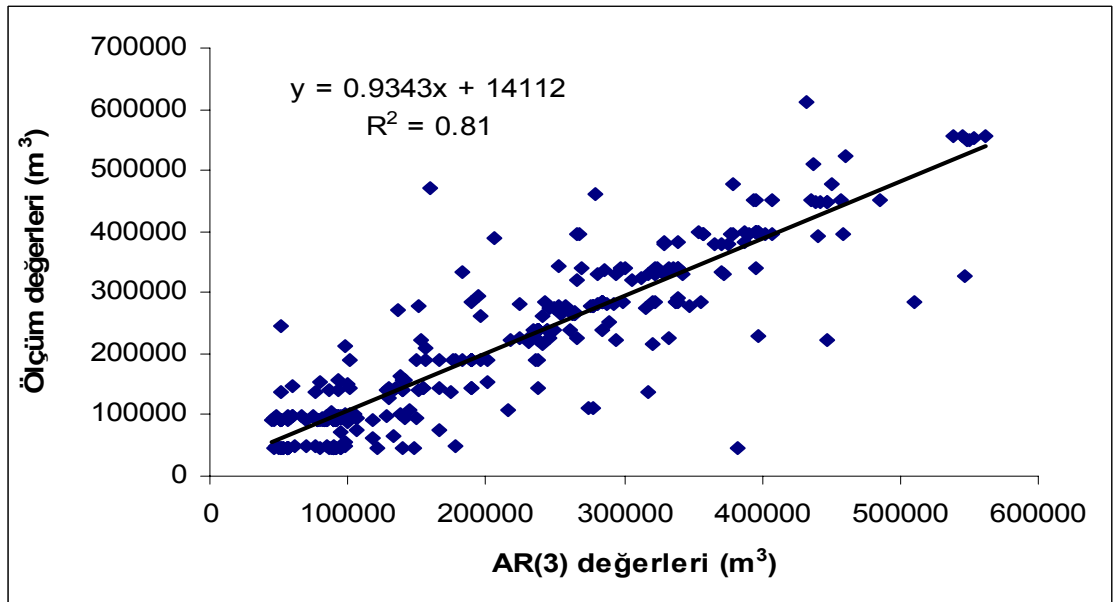
$$Y_i = 0,7465 * x_{(t-1)} + 0,1062 * x_{(t-2)} + 0,144 * x_{(t-3)} \quad (4.5)$$

$$Y_i = 0,719 * x_{(t-1)} + 0,097 * x_{(t-1)} + 0,086 * x_{(t-1)} - 0,061 * x_{(t-1)} + 0,052 * x_{(t-1)} + 0,102 * x_{(t-1)} \quad (4.6)$$

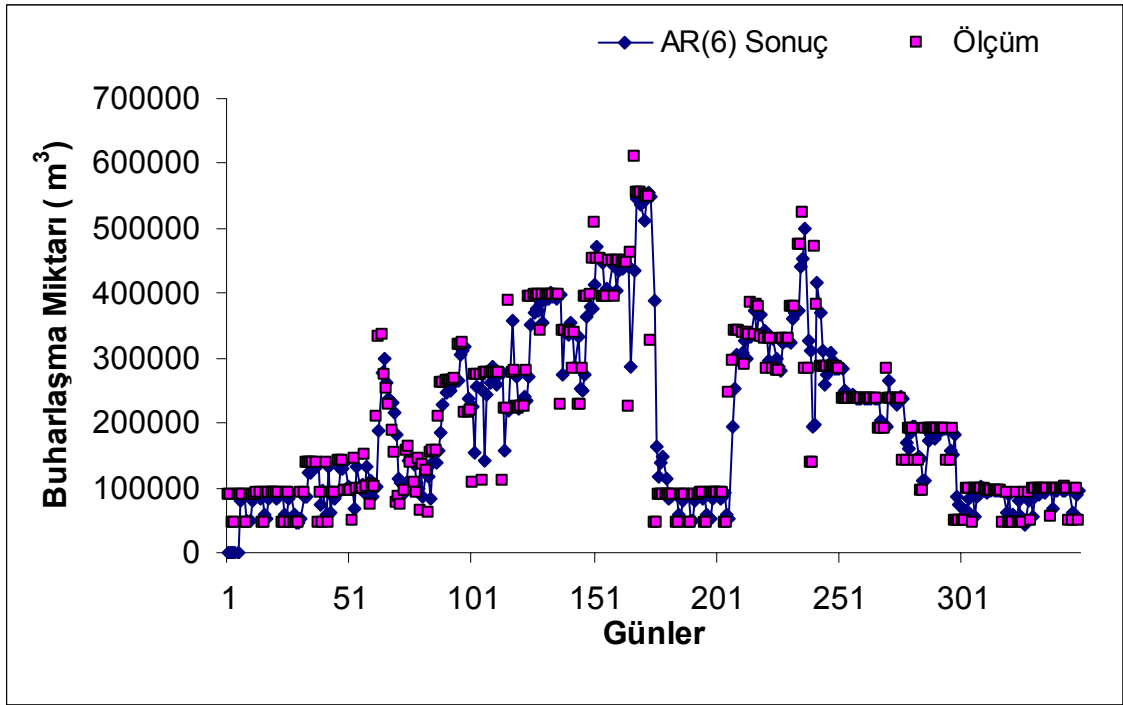




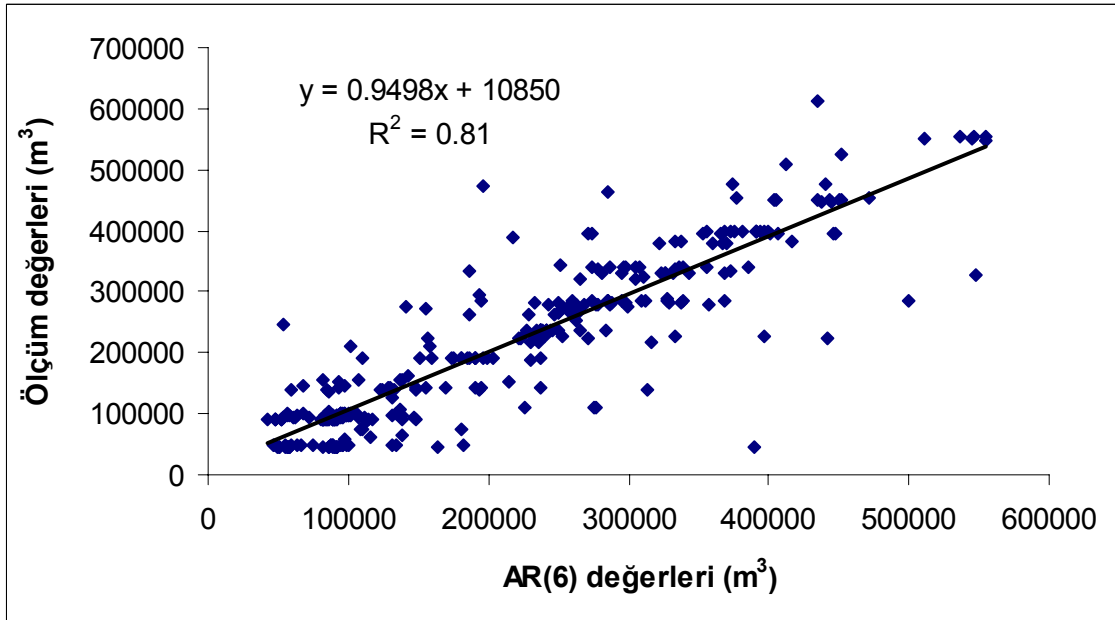
Şekil 4.3. Oto regresif modelde günlük göl kotlarının AR(3) ile ölçüm değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.4. AR (3) değerleri ile ölçüm değerlerinin saçılma diyagramı



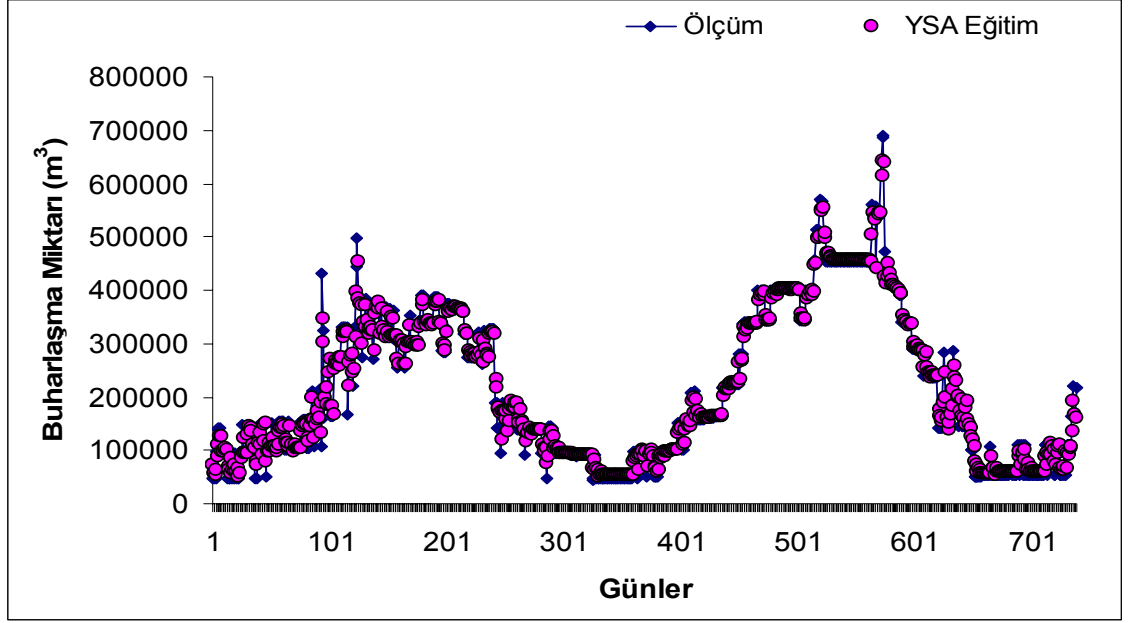
Şekil 4.5. Otoresif modelde günlük göl kotlarının AR(6) ile ölçüm değerlerinin karşılaştırılması



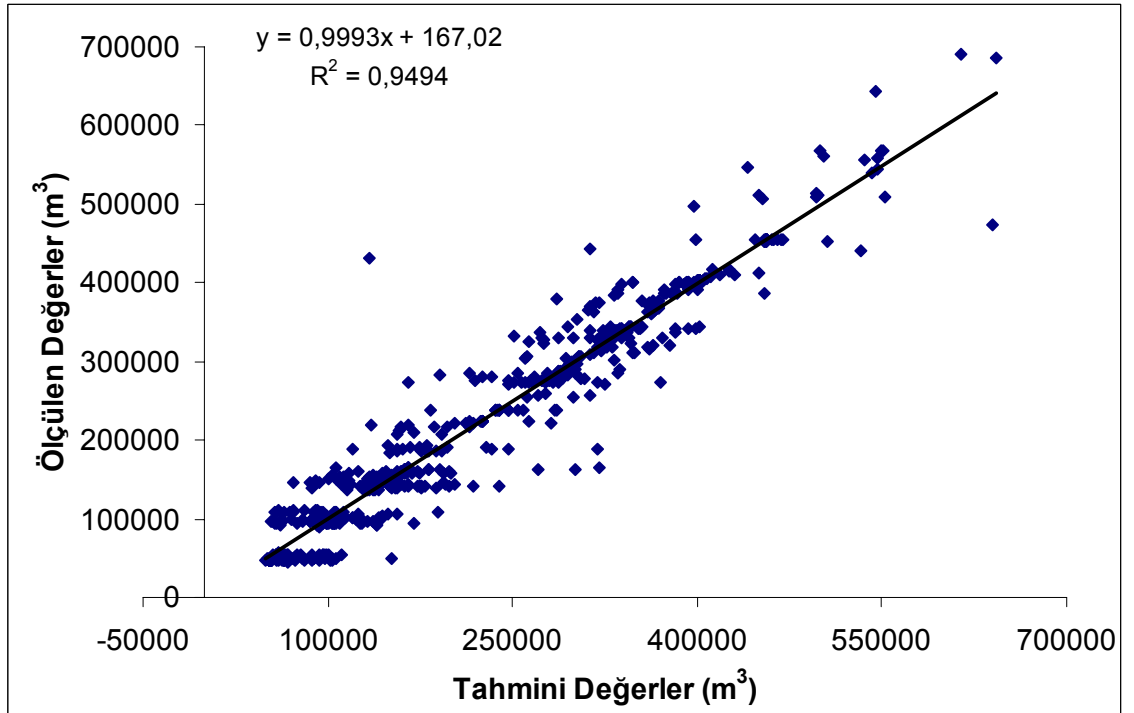
Şekil 4.6. AR (6) değerleri ile ölçüm değerlerinin saçılma diyagramı

Son olarak yapılan YSA modelinde eğitim ve test aşamaları için ayrı ayrı değerlendirme yapılmıştır. Bu sonuçlar, Şekil 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10'de gösterilmiştir.

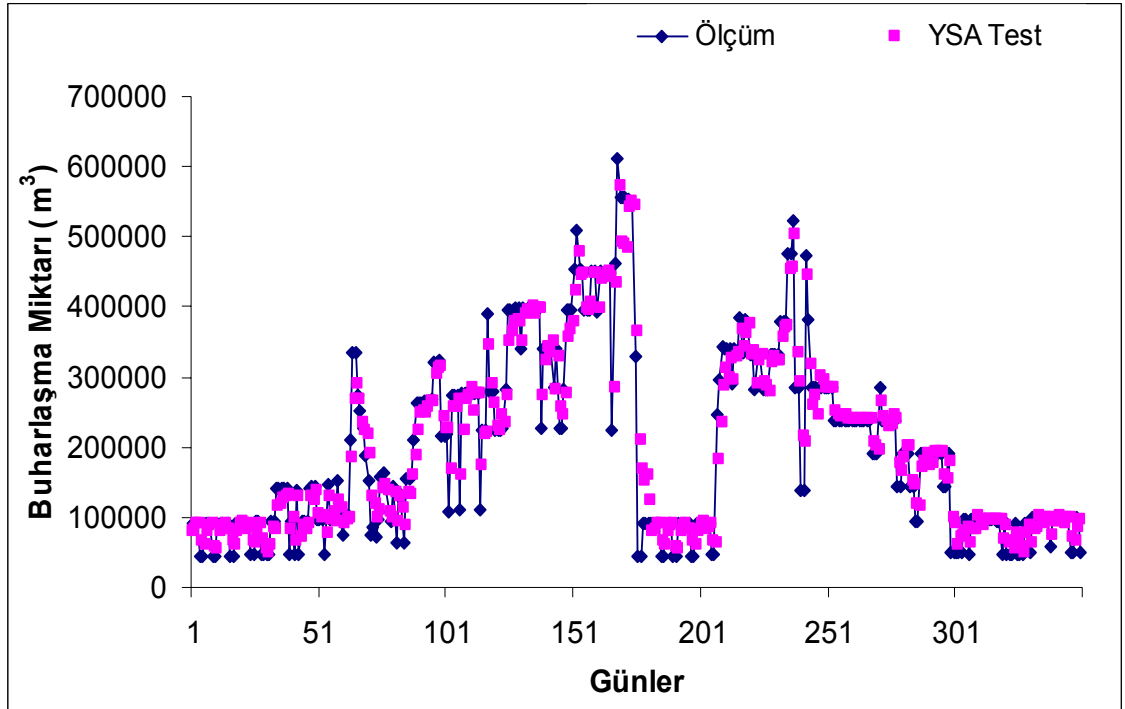
Şekillerden ve Çizelge 4.1.'den anlaşılacağı üzere YSA modelinin diğer iki modelden daha iyi çıktığı belirlenmiştir. YSA metodu için, MSE (3158998625) , MAE (34712) R (0.92) iyi sonuç vermiştir.



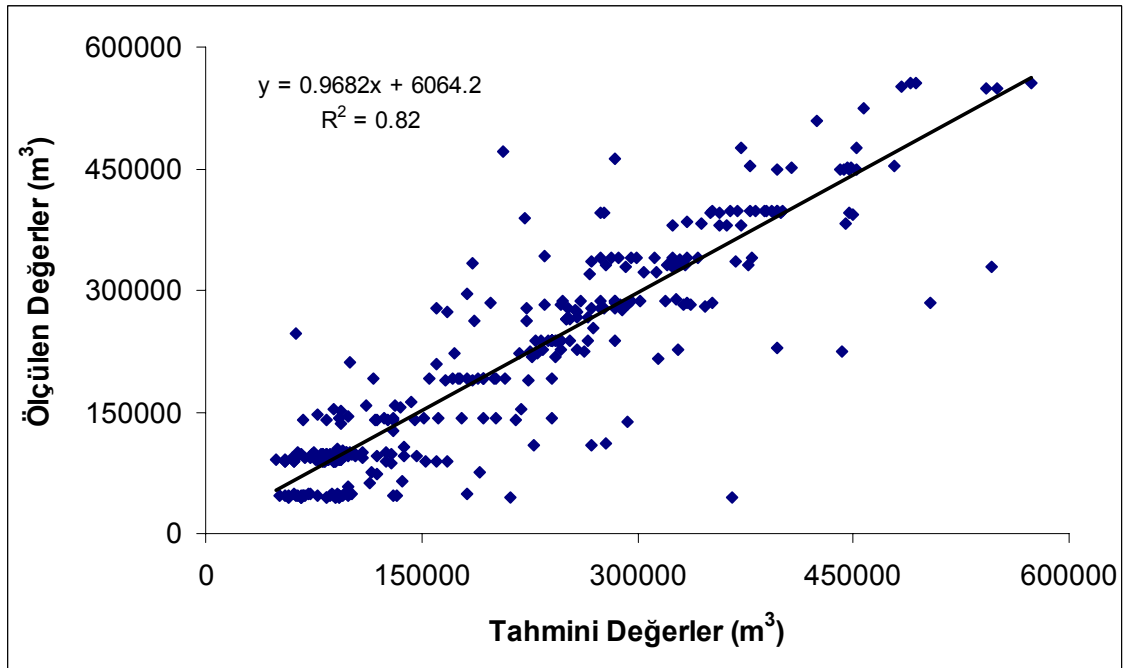
Şekil 4.7. YSA eğitim sonuçları ve ölçüm verileri sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 4.8. YSA eğitim sonuçları ve ölçüm verileri sonuçları için saçılma diyagramı



Şekil 4.9. YSA test sonuçları ve ölçüm verileri sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 4.10. YSA test sonuçları ve ölçüm verileri sonuçları için saçılma diyagramı

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Çatalan barajı haznesindeki günlük buharlaşma miktarındaki dalgalanmalar Yapay Sinir Ağları (YSA) ve istatistiksel yöntemler kullanılarak tahmin edilmektedir. Çok katmanlı YSA model tahminleri, barajda ölçülen buharlaşma miktarı ve geleneksel istatistiksel ve autoregresive modeller ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlara dayanarak, bu çalışmanın su kaynakları literatürüne getirdiği yenilikler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Çalışma, baraj haznesindeki buharlaşmanın tahmin edilmesi için su kaynakları literatüründe ki ilk YSA uygulaması çalışmasıdır. Bütün bu uygulamalar sunulan YSA modelinin, geleneksel modellerle karşılaştırıldığında doğru tahminler verdiğini göstermiştir.

Ampirik bağları anlatmak için sıklıkla kullanılan çok değişkenli lineerli regresyon modeli problemin çözümünde oldukça doğru sonuçlar vermiştir. Bu metod, buharlaşma miktarının tahmini için oldukça iyi MSE, MAE değerleri sağlayabilmiştir. Yine de, YSA'nın gösterdiği performans MLR modelinden daha iyi sonuç vermiştir.

Otoregresif AR(p), ikinci girdi kombinasyonu için YSA model sonuçları ile karşılaştırıldığında birbirleri ile uyumlu sonuçlar vermiştir. AR(6) modeli en düşük MSE değeri ve en yüksek R katsayısını sağlamıştır. Fakat YSA modelinin çok azda olsa daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Bütün veriler ve olayın fiziği dikkate alındığında YSA modeli gerçeğe daha uygundur.

YSA, baraj haznesinde meydana gelen ihtiyaç duyulan su planlanmasındaki değişiklikler gibi değişen girdi koşullarına doğru bir şekilde adapte olmaktadır. Rezervuar seviye ve buharlaşma miktarlarının tahmini konusunda YSA'nin geleneksel metotlardan daha avantajlı olmasının sebebi YSA yapısının problemin non-lineer dinamiklerini ve tüm data setlerini dahil edebilmesi olarak açıklanmaktadır.

Bir hazne için bir YSA modeli geliştirildikten sonra, bu modelden hazne işletim çalışmalarında faydalanılabilir. Aylık rezervuar buharlaşma ve seviye tahminleri periyodik su kaynakları stratejilerinin belirlenmesinde, hidroelektrik enerji ölçümlerinde ve taşkın yönetimi araştırmalarında kullanılabilir.

Sonuç olarak, barajlarda buharlaşma kayıplarının belirlenmesi ve dolayısı ile haznedeki su miktarı değişimlerinin tahmini ve işletme çalışmalarında bu çalışmada kullanılan YSA modeli alternatif bir model olarak kullanılabilir.

**KAYNAKLAR**

- ASCE Task Committee, 2000a. **Artificial neural networks in Hydrology I. Journal of Hydrologic Engineering**, ASCE 5 (2), 115–123.
- ASCE Task Committee, 2000b. **Artificial neural networks in hydrology II. Journal of Hydrologic Engineering**, ASCE 5 (2), 124–132.
- Bayazıt, M., İTÜ, 1996. **İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri**.
- Brikundavyi, S., Labib, R., Trung, H.T. and Rousselle, J., 2002. **Performance of neural networks in daily streamflow forecasting**. Journal of Hydrologic Engineering, 7 (5) 392- 398.
- Boogaard, H., Gautam, D.K. and Mynett, A.E., 1998. **Auto-regressive neural networks for the modelling of time series**. Hydroinformatics Conference, Copenhagen.
- Campolo, M., Andreussi, P., Soldati, A., 1999a. **River flood forecasting with a neural network model**. Water Resour. Res. 35(4), 1191–1197.
- Campolo, M., Soldati, A. ve Andreussi, P., 1999b. **Forecasting river flow rate during low flow periods using neural Networks**. Water Resources Research, 35 (11), 3547–3552.
- Cigizoglu, H.K., 2002a. **Suspended sediment estimation and forecasting using artificial neural networks**. Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences, 26, 15–25.
- Cigizoglu, H.K., 2002b. **Suspended sediment estimation for rivers using artificial neural networks and sediment rating curves**. Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences, 26, 27-36.
- Cigizoglu, H.K., 2003a. **Incorporation of ARMA models into flow forecasting by artificial neural networks**. Environmetrics 14 (4), 417–427.
- Cigizoglu, H.K., 2003b. **Estimation, forecasting and extrapolation of flow data by artificial neural networks**. Hydrological Sciences Journal 48 (3), 349–361.
- Cigizoglu, H.K., and Kisi, O., 2006. **Methods to improve the neural network performance in suspended sediment estimation**. Journal of Hydrology 317 (2006) 221–238.
- Dawson, C. W., and Wilby, R., 1998. **An artificial neural network approach to rainfall-runoff modeling**. Hydrological Sci., 43(1), 47–66.
- Djebbar, Y. ve Alila, Y., 1998. **Neural network estimation of sanitary flows**. Hydroinformatics Conference, poster presentation, Copenhagen.
- Fernando, D. A. K., and Jayawardena, A. W., 1998. **Runoff forecasting using RBF networks with OLS algorithm**. J. Hydrologic Engrg., ASCE, 3(3), 203–209.
- Hall, M.J. ve Minns, A.W., 1998. **Regional flood frequency analysis using artificial neural networks**. Hydroinformatics Conference, Copenhagen.
- Halff, A. H., Halff, H. M., and Azmoodeh, M., 1993. **Predicting runoff from rainfall using neural networks**. Proc., Engrg. Hydrol., ASCE, New York, 760–765.

- Hsu, K., Gupta, H. V., and Sorooshian, S., 1995. **Artificial neural network modeling of the rainfall-runoff process.** *Water Resour. Res.*, 31(10), 2517–2530.
- Imrie, C.E., Durucan, S., Kore, A., 2000. **River flow prediction using artificial neural networks: generalization beyond the calibration range.** *J. Hydrol.* 233, 138-153.
- Karunanithi, N., Grenney, W. J., Whitley, D., and Bovee, K., 1994. **Neural networks for river flow prediction.** *J. Comp. in Civ. Engrg., ASCE*, 8(2), 201–220.
- Lange, N., 1998. **Advantages of unit hydrograph derivation by neural networks.** Hydroinformatics Conference, Copenhagen.
- Mason, J.C., Price, R.K. ve Tem'ne, A., 1996. **A neural network model of rainfall runoff using radial basis functions.** *Journal of Hydraulic Research*, 34 (4) 537–548.
- Minns, A. W., and Hall, M. J., 1996. **Artificial neural networks as rainfall-runoff models.** *Hydrologic Sci.*, 41(3), 1996.
- Raman, H. ve Sunilkumar, N., 1995. **Multivariate modelling of water resources time series using artificial neural networks.** *Hydrological Sciences Journal*, 40 (2) 145–163.
- Ranjithan, S., Eheart, J.W. ve Garrett, J.H., 1993. **Neural network-based screening for groundwater reclamation under uncertainty.** *Water Resources Research*, 29 (3) 563–574.
- Rogers, L.L. ve Dowla, F.U., 1994. **Optimization of groundwater remediation using artificial neural networks with parallel solute transport modelling.** *Water Resources Research*, 30 (2) 457–481.
- Sajkumar, N., and Thandaveswara, B.S., 1999. **A non-linear rainfall runoff model using an artificial neural network.** *J. Hydrol.*, 216, 32-55
- Shamseldin, A. Y., 1997. **Application of a neural network technique to rainfall-runoff modeling.** *J. Hydrol.*, 199, 272–294, Amsterdam.
- Smith, J., and Eli, R. N., 1995. **Neural-network models of rainfall-runoff process.** *J. Water Resour. Plng. and Mgmt., ASCE*, 121(6), 499–508.
- Tokar, A. S., and Johnson, P. A., 1999. **Rainfall-runoff modeling using artificial neural networks.** *J. Hydrologic Engrg., ASCE*, 4(3), 232– 239.
- Tokar, A.S., and Markus, M., 2000. **Precipitation- runoff modelling using artificial neural Networks and concettual models.** *J. Hydrol. Eng.*, 5, 156-161
- Üneş, F., and Kunduz, B., 2006. **Reservoir Level Prediction for Yarseli Dam Using Artificial Neural Networks Model.** National Clean Energy Symposium, 25–27 May, p.614, Isparta, Turkey.
- Üneş, F., 2006. **Precipitation and Reservoir Volume Relationship Prediction with Artificial Neural Networks Model.** National Clean Energy Symposium, 25–27 May, p.622, Isparta, Turkey
- Çalım, M.. 2008. **Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Baraj Hazne Kotu Tahmini.**

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamın her aőamasında, dűőüncelerinden ve bilgilerinden istifade ettiğim bunun yanında ilgi ve yardımlarını aldığım, danıőman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Fatih ÜNEŐ' e en içten teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalıőmalarım sırasında sabırla bana destek veren aileme sonsuz teőekkürler ederim.



## ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında İskenderun / HATAY' da doğdu. İlk ve ortaokulu İnönü ilkokulunda okudu ve lise öğrenimini Özel İkem Koleji'nde 1998 yılında tamamladı. 1998–2004 yılları arasında Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünde okudu. 2005–2006 yıllarında Rusya'da Yenigün İnşaat firmasında saha mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2006–2007 yıllarında İsdemir fabrikasında Diler Holding bünyesinde şantiye şefi olarak çalıştı. 2007–2008 yıllarında STFA inşaat firmasında proje mühendisi olarak görev yaptı. 2007 yılından itibaren halen STFA firmasında inşaat mühendisi olarak göreve devam etmektedir. Aynı zamanda 2007 yılının güz döneminde Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı.

# EKLER

EK.1. Çatalan Barajında Kullanılan Toplam Günlük Buharlaşma Değerleri (DSİ Genel müdürlüğünden temin edilmiştir)

| Tarih      | Gün | Toplam Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|---|
| 01.01.2005 | 1   | 45  |
| 02.01.2005 | 2   | 45  |
| 03.01.2005 | 3   | 90  |
| 04.01.2005 | 4   | 90  |
| 05.01.2005 | 5   | 90  |
| 06.01.2005 | 6   | 90  |
| 07.01.2005 | 7   | 90  |
| 08.01.2005 | 8   | 90  |
| 09.01.2005 | 9   | 90  |
| 10.01.2005 | 10  | 45  |
| 11.01.2005 | 11  | 45  |
| 12.01.2005 | 12  | 90  |
| 13.01.2005 | 13  | 90  |
| 14.01.2005 | 14  | 90  |
| 15.01.2005 | 15  | 45  |
| 16.01.2005 | 16  | 45  |
| 17.01.2005 | 17  | 90  |
| 18.01.2005 | 18  | 90  |
| 19.01.2005 | 19  | 90  |
| 20.01.2005 | 20  | 91  |
| 21.01.2005 | 21  | 91  |
| 22.01.2005 | 22  | 45  |
| 23.01.2005 | 23  | 45  |
| 24.01.2005 | 24  | 91  |
| 25.01.2005 | 25  | 92  |
| 26.01.2005 | 26  | 92  |
| 27.01.2005 | 27  | 92  |
| 28.01.2005 | 28  | 92  |
| 29.01.2005 | 29  | 92  |
| 30.01.2005 | 30  | 46  |
| 31.01.2005 | 31  | 46  |
| 01.02.2005 | 32  | 93  |
| 02.02.2005 | 33  | 93  |
| 03.02.2005 | 34  | 46  |
| 04.02.2005 | 35  | 47  |
| 05.02.2005 | 36  | 47  |
| 06.02.2005 | 37  | 47  |
| 07.02.2005 | 38  | 94  |
| 08.02.2005 | 39  | 94  |
| 09.02.2005 | 40  | 140   |
| 10.02.2005 | 41  | 140   |
| 11.02.2005 | 42  | 140   |

| Tarih      | Gün | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|--|
| 12.02.2005 | 43  | 140  |
| 13.02.2005 | 44  | 140  |
| 14.02.2005 | 45  | 47   |
| 15.02.2005 | 46  | 93   |
| 16.02.2005 | 47  | 47   |
| 17.02.2005 | 48  | 139  |
| 18.02.2005 | 49  | 47   |
| 19.02.2005 | 50  | 93   |
| 20.02.2005 | 51  | 94   |
| 21.02.2005 | 52  | 94   |
| 22.02.2005 | 53  | 142  |
| 23.02.2005 | 54  | 143  |
| 24.02.2005 | 55  | 143  |
| 25.02.2005 | 56  | 96   |
| 26.02.2005 | 57  | 96   |
| 27.02.2005 | 58  | 96   |
| 28.02.2005 | 59  | 48   |
| 01.03.2005 | 60  | 146  |
| 02.03.2005 | 61  | 98   |
| 03.03.2005 | 62  | 99   |
| 04.03.2005 | 63  | 100  |
| 05.03.2005 | 64  | 152  |
| 06.03.2005 | 65  | 101  |
| 07.03.2005 | 66  | 75   |
| 08.03.2005 | 67  | 105  |
| 09.03.2005 | 68  | 102  |
| 10.03.2005 | 69  | 211  |
| 11.03.2005 | 70  | 334  |
| 12.03.2005 | 71  | 336  |
| 13.03.2005 | 72  | 275  |
| 14.03.2005 | 73  | 253  |
| 15.03.2005 | 74  | 227  |
| 16.03.2005 | 75  | 189  |
| 17.03.2005 | 76  | 153  |
| 18.03.2005 | 77  | 76   |
| 19.03.2005 | 78  | 87   |
| 20.03.2005 | 79  | 73   |
| 21.03.2005 | 80  | 97   |
| 22.03.2005 | 81  | 157  |
| 23.03.2005 | 82  | 162  |
| 24.03.2005 | 83  | 140  |
| 25.03.2005 | 84  | 107  |
| 26.03.2005 | 85  | 93   |
| 27.03.2005 | 86  | 145  |
| 28.03.2005 | 87  | 64   |
| 29.03.2005 | 88  | 136  |
| 30.03.2005 | 89  | 126  |
| 31.03.2005 | 90  | 63   |

| Tarih      | Gün | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|--|
| 01.04.2005 | 91  | 154  |
| 02.04.2005 | 92  | 156  |
| 03.04.2005 | 93  | 157  |
| 04.04.2005 | 94  | 210  |
| 05.04.2005 | 95  | 263  |
| 06.04.2005 | 96  | 263  |
| 07.04.2005 | 97  | 264  |
| 08.04.2005 | 98  | 265  |
| 09.04.2005 | 99  | 265  |
| 10.04.2005 | 100 | 266  |
| 11.04.2005 | 101 | 267  |
| 12.04.2005 | 102 | 321  |
| 13.04.2005 | 103 | 322  |
| 14.04.2005 | 104 | 323  |
| 15.04.2005 | 105 | 216  |
| 16.04.2005 | 106 | 217  |
| 17.04.2005 | 107 | 218  |
| 18.04.2005 | 108 | 109  |
| 19.04.2005 | 109 | 273  |
| 20.04.2005 | 110 | 274  |
| 21.04.2005 | 111 | 275  |
| 22.04.2005 | 112 | 110  |
| 23.04.2005 | 113 | 277  |
| 24.04.2005 | 114 | 278  |
| 25.04.2005 | 115 | 278  |
| 26.04.2005 | 116 | 278  |
| 27.04.2005 | 117 | 278  |
| 28.04.2005 | 118 | 278  |
| 29.04.2005 | 119 | 278  |
| 30.04.2005 | 120 | 111  |
| 01.05.2005 | 121 | 223  |
| 02.05.2005 | 122 | 223  |
| 03.05.2005 | 123 | 390  |
| 04.05.2005 | 124 | 279  |
| 05.05.2005 | 125 | 280  |
| 06.05.2005 | 126 | 224  |
| 07.05.2005 | 127 | 223  |
| 08.05.2005 | 128 | 225  |
| 09.05.2005 | 129 | 226  |
| 10.05.2005 | 130 | 282  |
| 11.05.2005 | 131 | 396  |
| 12.05.2005 | 132 | 396  |
| 13.05.2005 | 133 | 397  |
| 14.05.2005 | 134 | 398  |
| 15.05.2005 | 135 | 398  |
| 16.05.2005 | 136 | 341  |
| 17.05.2005 | 137 | 398  |
| 18.05.2005 | 138 | 397  |

| Tarih      | Gün | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|--|
| 19.05.2005 | 139 | 398  |
| 20.05.2005 | 140 | 398  |
| 21.05.2005 | 141 | 398  |
| 22.05.2005 | 142 | 398  |
| 23.05.2005 | 143 | 398  |
| 24.05.2005 | 144 | 228  |
| 25.05.2005 | 145 | 341  |
| 26.05.2005 | 146 | 341  |
| 27.05.2005 | 147 | 341  |
| 28.05.2005 | 148 | 340  |
| 29.05.2005 | 149 | 284  |
| 30.05.2005 | 150 | 340  |
| 31.05.2005 | 151 | 227  |
| 01.06.2005 | 152 | 227  |
| 02.06.2005 | 153 | 283  |
| 03.06.2005 | 154 | 396  |
| 04.06.2005 | 155 | 396  |
| 05.06.2005 | 156 | 397  |
| 06.06.2005 | 157 | 453  |
| 07.06.2005 | 158 | 510  |
| 08.06.2005 | 159 | 453  |
| 09.06.2005 | 160 | 452  |
| 10.06.2005 | 161 | 395  |
| 11.06.2005 | 162 | 395  |
| 12.06.2005 | 163 | 395  |
| 13.06.2005 | 164 | 451  |
| 14.06.2005 | 165 | 451  |
| 15.06.2005 | 166 | 394  |
| 16.06.2005 | 167 | 450  |
| 17.06.2005 | 168 | 449  |
| 18.06.2005 | 169 | 448  |
| 19.06.2005 | 170 | 449  |
| 20.06.2005 | 171 | 448  |
| 21.06.2005 | 172 | 224  |
| 22.06.2005 | 173 | 462  |
| 23.06.2005 | 174 | 612  |
| 24.06.2005 | 175 | 555  |
| 25.06.2005 | 176 | 555  |
| 26.06.2005 | 177 | 555  |
| 27.06.2005 | 178 | 552  |
| 28.06.2005 | 179 | 550  |
| 29.06.2005 | 180 | 549  |
| 30.06.2005 | 181 | 328  |
| 01.07.2005 | 182 | 45   |
| 02.07.2005 | 183 | 45   |
| 03.07.2005 | 184 | 90   |
| 04.07.2005 | 185 | 90   |
| 05.07.2005 | 186 | 90   |

| Tarih      | Gün | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|--|
| 06.07.2005 | 187 | 90   |
| 07.07.2005 | 188 | 90   |
| 08.07.2005 | 189 | 90   |
| 09.07.2005 | 190 | 90   |
| 10.07.2005 | 191 | 45   |
| 11.07.2005 | 192 | 45   |
| 12.07.2005 | 193 | 90   |
| 13.07.2005 | 194 | 90   |
| 14.07.2005 | 195 | 90   |
| 15.07.2005 | 196 | 45   |
| 16.07.2005 | 197 | 45   |
| 17.07.2005 | 198 | 90   |
| 18.07.2005 | 199 | 90   |
| 19.07.2005 | 200 | 90   |
| 20.07.2005 | 201 | 91   |
| 21.07.2005 | 202 | 91   |
| 22.07.2005 | 203 | 45   |
| 23.07.2005 | 204 | 45   |
| 24.07.2005 | 205 | 91   |
| 25.07.2005 | 206 | 92   |
| 26.07.2005 | 207 | 92   |
| 27.07.2005 | 208 | 92   |
| 28.07.2005 | 209 | 92   |
| 29.07.2005 | 210 | 92   |
| 30.07.2005 | 211 | 46   |
| 31.07.2005 | 212 | 46   |
| 01.08.2005 | 213 | 246  |
| 02.08.2005 | 214 | 295  |
| 03.08.2005 | 215 | 342  |
| 04.08.2005 | 216 | 341  |
| 05.08.2005 | 217 | 341  |
| 06.08.2005 | 218 | 340  |
| 07.08.2005 | 219 | 290  |
| 08.08.2005 | 220 | 339  |
| 09.08.2005 | 221 | 337  |
| 10.08.2005 | 222 | 384  |
| 11.08.2005 | 223 | 335  |
| 12.08.2005 | 224 | 382  |
| 13.08.2005 | 225 | 380  |
| 14.08.2005 | 226 | 332  |
| 15.08.2005 | 227 | 331  |
| 16.08.2005 | 228 | 283  |
| 17.08.2005 | 229 | 329  |
| 18.08.2005 | 230 | 329  |
| 19.08.2005 | 231 | 283  |
| 20.08.2005 | 232 | 282  |
| 21.08.2005 | 233 | 282  |
| 22.08.2005 | 234 | 331  |

| Tarih      | Gün | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|--|
| 23.08.2005 | 235 | 331  |
| 24.08.2005 | 236 | 331  |
| 25.08.2005 | 237 | 331  |
| 26.08.2005 | 238 | 379  |
| 27.08.2005 | 239 | 379  |
| 28.08.2005 | 240 | 380  |
| 29.08.2005 | 241 | 476  |
| 30.08.2005 | 242 | 476  |
| 31.08.2005 | 243 | 524  |
| 01.09.2005 | 244 | 285  |
| 02.09.2005 | 245 | 285  |
| 03.09.2005 | 246 | 138  |
| 04.09.2005 | 247 | 139  |
| 05.09.2005 | 248 | 472  |
| 06.09.2005 | 249 | 382  |
| 07.09.2005 | 250 | 286  |
| 08.09.2005 | 251 | 286  |
| 09.09.2005 | 252 | 286  |
| 10.09.2005 | 253 | 286  |
| 11.09.2005 | 254 | 286  |
| 12.09.2005 | 255 | 286  |
| 13.09.2005 | 256 | 286  |
| 14.09.2005 | 257 | 286  |
| 15.09.2005 | 258 | 285  |
| 16.09.2005 | 259 | 238  |
| 17.09.2005 | 260 | 238  |
| 18.09.2005 | 261 | 238  |
| 19.09.2005 | 262 | 238  |
| 20.09.2005 | 263 | 238  |
| 21.09.2005 | 264 | 238  |
| 22.09.2005 | 265 | 238  |
| 23.09.2005 | 266 | 238  |
| 24.09.2005 | 267 | 238  |
| 25.09.2005 | 268 | 238  |
| 26.09.2005 | 269 | 238  |
| 27.09.2005 | 270 | 238  |
| 28.09.2005 | 271 | 238  |
| 29.09.2005 | 272 | 238  |
| 30.09.2005 | 273 | 238  |
| 01.10.2005 | 274 | 191  |
| 02.10.2005 | 275 | 191  |
| 03.10.2005 | 276 | 191  |
| 04.10.2005 | 277 | 285  |
| 05.10.2005 | 278 | 238  |
| 06.10.2005 | 279 | 238  |
| 07.10.2005 | 280 | 238  |
| 08.10.2005 | 281 | 238  |
| 09.10.2005 | 282 | 238  |



| Tarih      | Gün | Toplam Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|---|
| 10.10.2005 | 283 | 238   |
| 11.10.2005 | 284 | 143   |
| 12.10.2005 | 285 | 143   |
| 13.10.2005 | 286 | 190   |
| 14.10.2005 | 287 | 190   |
| 15.10.2005 | 288 | 191   |
| 16.10.2005 | 289 | 143   |
| 17.10.2005 | 290 | 143   |
| 18.10.2005 | 291 | 95  |
| 19.10.2005 | 292 | 95  |
| 20.10.2005 | 293 | 191   |
| 21.10.2005 | 294 | 191   |
| 22.10.2005 | 295 | 191   |
| 23.10.2005 | 296 | 191   |
| 24.10.2005 | 297 | 191   |
| 25.10.2005 | 298 | 191   |
| 26.10.2005 | 299 | 191   |
| 27.10.2005 | 300 | 191   |
| 28.10.2005 | 301 | 191   |
| 29.10.2005 | 302 | 143   |
| 30.10.2005 | 303 | 143   |
| 31.10.2005 | 304 | 191   |
| 01.12.2005 | 305 | 49  |
| 02.12.2005 | 306 | 49  |
| 03.12.2005 | 307 | 49  |
| 04.12.2005 | 308 | 49  |
| 05.12.2005 | 309 | 49  |
| 06.12.2005 | 310 | 98  |
| 07.12.2005 | 311 | 98  |
| 08.12.2005 | 312 | 47  |
| 09.12.2005 | 313 | 98  |
| 10.12.2005 | 314 | 98  |
| 11.12.2005 | 315 | 98  |
| 12.12.2005 | 316 | 98  |
| 13.12.2005 | 317 | 98  |
| 14.12.2005 | 318 | 97  |
| 15.12.2005 | 319 | 97  |
| 16.12.2005 | 320 | 97  |
| 17.12.2005 | 321 | 96  |
| 18.12.2005 | 322 | 96  |
| 19.12.2005 | 323 | 95  |
| 20.12.2005 | 324 | 95  |
| 21.12.2005 | 325 | 47  |
| 22.12.2005 | 326 | 94  |
| 23.12.2005 | 327 | 47  |
| 24.12.2005 | 328 | 46  |
| 25.12.2005 | 329 | 46  |
| 26.12.2005 | 330 | 92  |

| Tarih      | Gün | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|--|
| 27.12.2005 | 331 | 46   |
| 28.12.2005 | 332 | 46   |
| 29.12.2005 | 333 | 46   |
| 30.12.2005 | 334 | 91   |
| 31.12.2005 | 335 | 91   |
| 01.01.2006 | 336 | 49   |
| 02.01.2006 | 337 | 99   |
| 03.01.2006 | 338 | 99   |
| 04.01.2006 | 339 | 99   |
| 05.01.2006 | 340 | 99   |
| 06.01.2006 | 341 | 99   |
| 07.01.2006 | 342 | 99   |
| 08.01.2006 | 343 | 98   |
| 09.01.2006 | 344 | 57   |
| 10.01.2006 | 345 | 99   |
| 11.01.2006 | 346 | 99   |
| 12.01.2006 | 347 | 99   |
| 13.01.2006 | 348 | 99   |
| 14.01.2006 | 349 | 99   |
| 15.01.2006 | 350 | 100  |
| 16.01.2006 | 351 | 99   |
| 17.01.2006 | 352 | 49   |
| 18.01.2006 | 353 | 49   |
| 19.01.2006 | 354 | 98   |
| 20.01.2006 | 355 | 98   |
| 21.01.2006 | 356 | 49   |
| 22.01.2006 | 357 | 49   |
| 23.01.2006 | 358 | 49   |
| 24.01.2006 | 359 | 48   |
| 25.01.2006 | 360 | 96   |
| 26.01.2006 | 361 | 139  |
| 27.01.2006 | 362 | 143  |
| 28.01.2006 | 363 | 142  |
| 29.01.2006 | 364 | 95   |
| 30.01.2006 | 365 | 94   |
| 31.01.2006 | 366 | 94   |
| 01.02.2006 | 367 | 94   |
| 02.02.2006 | 368 | 93   |
| 03.02.2006 | 369 | 47   |
| 04.02.2006 | 370 | 47   |
| 05.02.2006 | 371 | 47   |
| 06.02.2006 | 372 | 94   |
| 07.02.2006 | 373 | 47   |
| 08.02.2006 | 374 | 47   |
| 09.02.2006 | 375 | 95   |
| 10.02.2006 | 376 | 48   |
| 11.02.2006 | 377 | 48   |
| 12.02.2006 | 378 | 48   |

| Tarih      | Gün | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|--|
| 13.02.2006 | 379 | 49   |
| 14.02.2006 | 380 | 98   |
| 15.02.2006 | 381 | 98   |
| 16.02.2006 | 382 | 147  |
| 17.02.2006 | 383 | 98   |
| 18.02.2006 | 384 | 98   |
| 19.02.2006 | 385 | 98   |
| 20.02.2006 | 386 | 147  |
| 21.02.2006 | 387 | 147  |
| 22.02.2006 | 388 | 146  |
| 23.02.2006 | 389 | 146  |
| 24.02.2006 | 390 | 97   |
| 25.02.2006 | 391 | 97   |
| 26.02.2006 | 392 | 97   |
| 27.02.2006 | 393 | 49   |
| 28.02.2006 | 394 | 49   |
| 01.03.2006 | 395 | 146  |
| 02.03.2006 | 396 | 146  |
| 03.03.2006 | 397 | 97   |
| 04.03.2006 | 398 | 98   |
| 05.03.2006 | 399 | 148  |
| 06.03.2006 | 400 | 148  |
| 07.03.2006 | 401 | 148  |
| 08.03.2006 | 402 | 50   |
| 09.03.2006 | 403 | 100  |
| 10.03.2006 | 404 | 100  |
| 11.03.2006 | 405 | 100  |
| 12.03.2006 | 406 | 100  |
| 13.03.2006 | 407 | 150  |
| 14.03.2006 | 408 | 101  |
| 15.03.2006 | 409 | 101  |
| 16.03.2006 | 410 | 101  |
| 17.03.2006 | 411 | 101  |
| 18.03.2006 | 412 | 101  |
| 19.03.2006 | 413 | 153  |
| 20.03.2006 | 414 | 153  |
| 21.03.2006 | 415 | 153  |
| 22.03.2006 | 416 | 153  |
| 23.03.2006 | 417 | 153  |
| 24.03.2006 | 418 | 102  |
| 25.03.2006 | 419 | 102  |
| 26.03.2006 | 420 | 102  |
| 27.03.2006 | 421 | 103  |
| 28.03.2006 | 422 | 154  |
| 29.03.2006 | 423 | 103  |
| 30.03.2006 | 424 | 103  |
| 31.03.2006 | 425 | 103  |
| 01.04.2006 | 426 | 103  |

| Tarih      | Gün | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|--|
| 02.04.2006 | 427 | 103  |
| 03.04.2006 | 428 | 103  |
| 04.04.2006 | 429 | 104  |
| 05.04.2006 | 430 | 104  |
| 06.04.2006 | 431 | 104  |
| 07.04.2006 | 432 | 155  |
| 08.04.2006 | 433 | 156  |
| 09.04.2006 | 434 | 156  |
| 10.04.2006 | 435 | 157  |
| 11.04.2006 | 436 | 157  |
| 12.04.2006 | 437 | 105  |
| 13.04.2006 | 438 | 105  |
| 14.04.2006 | 439 | 158  |
| 15.04.2006 | 440 | 158  |
| 16.04.2006 | 441 | 212  |
| 17.04.2006 | 442 | 159  |
| 18.04.2006 | 443 | 106  |
| 19.04.2006 | 444 | 159  |
| 20.04.2006 | 445 | 160  |
| 21.04.2006 | 446 | 160  |
| 22.04.2006 | 447 | 160  |
| 23.04.2006 | 448 | 214  |
| 24.04.2006 | 449 | 107  |
| 25.04.2006 | 450 | 431  |
| 26.04.2006 | 451 | 324  |
| 27.04.2006 | 452 | 162  |
| 28.04.2006 | 453 | 217  |
| 29.04.2006 | 454 | 217  |
| 30.04.2006 | 455 | 217  |
| 01.05.2006 | 456 | 272  |
| 02.05.2006 | 457 | 163  |
| 03.05.2006 | 458 | 163  |
| 04.05.2006 | 459 | 163  |
| 05.05.2006 | 460 | 272  |
| 06.05.2006 | 461 | 273  |
| 07.05.2006 | 462 | 273  |
| 08.05.2006 | 463 | 274  |
| 09.05.2006 | 464 | 274  |
| 10.05.2006 | 465 | 274  |
| 11.05.2006 | 466 | 275  |
| 12.05.2006 | 467 | 330  |
| 13.05.2006 | 468 | 330  |
| 14.05.2006 | 469 | 331  |
| 15.05.2006 | 470 | 331  |
| 16.05.2006 | 471 | 331  |
| 17.05.2006 | 472 | 166  |
| 18.05.2006 | 473 | 276  |
| 19.05.2006 | 474 | 277  |

| Tarih      | Gün | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|--|
| 20.05.2006 | 475 | 277  |
| 21.05.2006 | 476 | 221  |
| 22.05.2006 | 477 | 277  |
| 23.05.2006 | 478 | 332  |
| 24.05.2006 | 479 | 443  |
| 25.05.2006 | 480 | 498  |
| 26.05.2006 | 481 | 387  |
| 27.05.2006 | 482 | 387  |
| 28.05.2006 | 483 | 387  |
| 29.05.2006 | 484 | 273  |
| 30.05.2006 | 485 | 331  |
| 31.05.2006 | 486 | 330  |
| 01.06.2006 | 487 | 385  |
| 02.06.2006 | 488 | 330  |
| 03.06.2006 | 489 | 329  |
| 04.06.2006 | 490 | 329  |
| 05.06.2006 | 491 | 328  |
| 06.06.2006 | 492 | 328  |
| 07.06.2006 | 493 | 327  |
| 08.06.2006 | 494 | 272  |
| 09.06.2006 | 495 | 379  |
| 10.06.2006 | 496 | 378  |
| 11.06.2006 | 497 | 378  |
| 12.06.2006 | 498 | 376  |
| 13.06.2006 | 499 | 322  |
| 14.06.2006 | 500 | 374  |
| 15.06.2006 | 501 | 320  |
| 16.06.2006 | 502 | 319  |
| 17.06.2006 | 503 | 318  |
| 18.06.2006 | 504 | 317  |
| 19.06.2006 | 505 | 369  |
| 20.06.2006 | 506 | 315  |
| 21.06.2006 | 507 | 314  |
| 22.06.2006 | 508 | 365  |
| 23.06.2006 | 509 | 312  |
| 24.06.2006 | 510 | 311  |
| 25.06.2006 | 511 | 363  |
| 26.06.2006 | 512 | 310  |
| 27.06.2006 | 513 | 309  |
| 28.06.2006 | 514 | 257  |
| 29.06.2006 | 515 | 256  |
| 30.06.2006 | 516 | 307  |
| 01.07.2006 | 517 | 306  |
| 02.07.2006 | 518 | 306  |
| 03.07.2006 | 519 | 306  |
| 04.07.2006 | 520 | 255  |
| 05.07.2006 | 521 | 254  |
| 06.07.2006 | 522 | 304  |

| Tarih      | Gün | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|--|
| 07.07.2006 | 523 | 304  |
| 08.07.2006 | 524 | 303  |
| 09.07.2006 | 525 | 352  |
| 10.07.2006 | 526 | 301  |
| 11.07.2006 | 527 | 300  |
| 12.07.2006 | 528 | 299  |
| 13.07.2006 | 529 | 299  |
| 14.07.2006 | 530 | 298  |
| 15.07.2006 | 531 | 297  |
| 16.07.2006 | 532 | 296  |
| 17.07.2006 | 533 | 344  |
| 18.07.2006 | 534 | 343  |
| 19.07.2006 | 535 | 392  |
| 20.07.2006 | 536 | 391  |
| 21.07.2006 | 537 | 341  |
| 22.07.2006 | 538 | 340  |
| 23.07.2006 | 539 | 340  |
| 24.07.2006 | 540 | 339  |
| 25.07.2006 | 541 | 338  |
| 26.07.2006 | 542 | 338  |
| 27.07.2006 | 543 | 338  |
| 28.07.2006 | 544 | 338  |
| 29.07.2006 | 545 | 338  |
| 30.07.2006 | 546 | 387  |
| 31.07.2006 | 547 | 387  |
| 01.08.2006 | 548 | 386  |
| 02.08.2006 | 549 | 386  |
| 03.08.2006 | 550 | 337  |
| 04.08.2006 | 551 | 336  |
| 05.08.2006 | 552 | 334  |
| 06.08.2006 | 553 | 286  |
| 07.08.2006 | 554 | 285  |
| 08.08.2006 | 555 | 284  |
| 09.08.2006 | 556 | 330  |
| 10.08.2006 | 557 | 376  |
| 11.08.2006 | 558 | 374  |
| 12.08.2006 | 559 | 373  |
| 13.08.2006 | 560 | 372  |
| 14.08.2006 | 561 | 371  |
| 15.08.2006 | 562 | 370  |
| 16.08.2006 | 563 | 370  |
| 17.08.2006 | 564 | 368  |
| 18.08.2006 | 565 | 368  |
| 19.08.2006 | 566 | 368  |
| 20.08.2006 | 567 | 367  |
| 21.08.2006 | 568 | 366  |
| 22.08.2006 | 569 | 363  |
| 23.08.2006 | 570 | 362  |

| Tarih      | Gün | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|--|
| 24.08.2006 | 571 | 362  |
| 25.08.2006 | 572 | 317  |
| 26.08.2006 | 573 | 318  |
| 27.08.2006 | 574 | 318  |
| 28.08.2006 | 575 | 273  |
| 29.08.2006 | 576 | 273  |
| 30.08.2006 | 577 | 274  |
| 31.08.2006 | 578 | 274  |
| 01.09.2006 | 579 | 275  |
| 02.09.2006 | 580 | 275  |
| 03.09.2006 | 581 | 276  |
| 04.09.2006 | 582 | 276  |
| 05.09.2006 | 583 | 276  |
| 06.09.2006 | 584 | 323  |
| 07.09.2006 | 585 | 277  |
| 08.09.2006 | 586 | 278  |
| 09.09.2006 | 587 | 260  |
| 10.09.2006 | 588 | 325  |
| 11.09.2006 | 589 | 279  |
| 12.09.2006 | 590 | 279  |
| 13.09.2006 | 591 | 280  |
| 14.09.2006 | 592 | 280  |
| 15.09.2006 | 593 | 327  |
| 16.09.2006 | 594 | 328  |
| 17.09.2006 | 595 | 328  |
| 18.09.2006 | 596 | 329  |
| 19.09.2006 | 597 | 329  |
| 20.09.2006 | 598 | 188  |
| 21.09.2006 | 599 | 189  |
| 22.09.2006 | 600 | 141  |
| 23.09.2006 | 601 | 141  |
| 24.09.2006 | 602 | 140  |
| 25.09.2006 | 603 | 94   |
| 26.09.2006 | 604 | 187  |
| 27.09.2006 | 605 | 187  |
| 28.09.2006 | 606 | 141  |
| 29.09.2006 | 607 | 187  |
| 30.09.2006 | 608 | 141  |
| 01.10.2006 | 609 | 140  |
| 02.10.2006 | 610 | 187  |
| 03.10.2006 | 611 | 187  |
| 04.10.2006 | 612 | 187  |
| 05.10.2006 | 613 | 187  |
| 06.10.2006 | 614 | 186  |
| 07.10.2006 | 615 | 186  |
| 08.10.2006 | 616 | 186  |
| 09.10.2006 | 617 | 139  |
| 10.10.2006 | 618 | 139  |

| Tarih      | Gün | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|--|
| 11.10.2006 | 619 | 185  |
| 12.10.2006 | 620 | 138  |
| 13.10.2006 | 621 | 138  |
| 14.10.2006 | 622 | 138  |
| 15.10.2006 | 623 | 138  |
| 16.10.2006 | 624 | 92   |
| 17.10.2006 | 625 | 137  |
| 18.10.2006 | 626 | 137  |
| 19.10.2006 | 627 | 137  |
| 20.10.2006 | 628 | 137  |
| 21.10.2006 | 629 | 137  |
| 22.10.2006 | 630 | 137  |
| 23.10.2006 | 631 | 138  |
| 24.10.2006 | 632 | 138  |
| 25.10.2006 | 633 | 138  |
| 26.10.2006 | 634 | 138  |
| 27.10.2006 | 635 | 139  |
| 28.10.2006 | 636 | 139  |
| 29.10.2006 | 637 | 139  |
| 30.10.2006 | 638 | 93   |
| 31.10.2006 | 639 | 93   |
| 01.11.2006 | 640 | 94   |
| 02.11.2006 | 641 | 95   |
| 03.11.2006 | 642 | 47   |
| 04.11.2006 | 643 | 95   |
| 05.11.2006 | 644 | 144  |
| 06.11.2006 | 645 | 144  |
| 07.11.2006 | 646 | 143  |
| 08.11.2006 | 647 | 143  |
| 09.11.2006 | 648 | 95   |
| 10.11.2006 | 649 | 95   |
| 11.11.2006 | 650 | 95   |
| 12.11.2006 | 651 | 95   |
| 13.11.2006 | 652 | 95   |
| 14.11.2006 | 653 | 95   |
| 15.11.2006 | 654 | 95   |
| 16.11.2006 | 655 | 95   |
| 17.11.2006 | 656 | 94   |
| 18.11.2006 | 657 | 94   |
| 19.11.2006 | 658 | 94   |
| 20.11.2006 | 659 | 93   |
| 21.11.2006 | 660 | 93   |
| 22.11.2006 | 661 | 93   |
| 23.11.2006 | 662 | 93   |
| 24.11.2006 | 663 | 93   |
| 25.11.2006 | 664 | 93   |
| 26.11.2006 | 665 | 93   |
| 27.11.2006 | 666 | 92   |



| Tarih      | Gün | Toplam Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|---|
| 28.11.2006 | 667 | 89  |
| 29.11.2006 | 668 | 91  |
| 30.11.2006 | 669 | 92  |
| 01.12.2006 | 670 | 92  |
| 02.12.2006 | 671 | 92  |
| 03.12.2006 | 672 | 92  |
| 04.12.2006 | 673 | 93  |
| 05.12.2006 | 674 | 92  |
| 06.12.2006 | 675 | 92  |
| 07.12.2006 | 676 | 92  |
| 08.12.2006 | 677 | 92  |
| 09.12.2006 | 678 | 92  |
| 10.12.2006 | 679 | 92  |
| 11.12.2006 | 680 | 92  |
| 12.12.2006 | 681 | 46  |
| 13.12.2006 | 682 | 45  |
| 14.12.2006 | 683 | 92  |
| 15.12.2006 | 684 | 46  |
| 16.12.2006 | 685 | 46  |
| 16.12.2006 | 686 | 46  |
| 17.12.2006 | 687 | 46  |
| 18.12.2006 | 688 | 46  |
| 19.12.2006 | 689 | 46  |
| 20.12.2006 | 690 | 47  |
| 21.12.2006 | 691 | 47  |
| 22.12.2006 | 692 | 47  |
| 23.12.2006 | 693 | 47  |
| 24.12.2006 | 694 | 47  |
| 25.12.2006 | 695 | 47  |
| 26.12.2006 | 696 | 47  |
| 27.12.2006 | 697 | 47  |
| 28.12.2006 | 698 | 47  |
| 29.12.2006 | 699 | 47  |
| 30.12.2006 | 700 | 47  |
| 01.01.2007 | 701 | 47  |
| 02.01.2007 | 702 | 47  |
| 03.01.2007 | 703 | 47  |
| 04.01.2007 | 704 | 48  |
| 05.01.2007 | 705 | 48  |
| 06.01.2007 | 706 | 48  |
| 07.01.2007 | 707 | 48  |
| 08.01.2007 | 708 | 48  |
| 09.01.2007 | 709 | 48  |
| 10.01.2007 | 710 | 48  |
| 11.01.2007 | 711 | 48  |
| 12.01.2007 | 712 | 48  |
| 13.01.2007 | 713 | 48  |
| 14.01.2007 | 714 | 48  |

| Tarih      | Gün | Toplam Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|---|
| 15.01.2007 | 715 | 48  |
| 16.01.2007 | 716 | 97  |
| 17.01.2007 | 717 | 97  |
| 18.01.2007 | 718 | 97  |
| 19.01.2007 | 719 | 97  |
| 20.01.2007 | 720 | 49  |
| 21.01.2007 | 721 | 98  |
| 22.01.2007 | 722 | 98  |
| 23.01.2007 | 723 | 98  |
| 24.01.2007 | 724 | 98  |
| 25.01.2007 | 725 | 98  |
| 26.01.2007 | 726 | 98  |
| 27.01.2007 | 727 | 98  |
| 28.01.2007 | 728 | 49  |
| 29.01.2007 | 729 | 98  |
| 30.01.2007 | 730 | 97  |
| 31.01.2007 | 731 | 97  |
| 01.02.2007 | 732 | 97  |
| 02.02.2007 | 733 | 97  |
| 03.02.2007 | 734 | 49  |
| 04.02.2007 | 735 | 49  |
| 05.02.2007 | 736 | 49  |
| 06.02.2007 | 737 | 49  |
| 07.02.2007 | 738 | 98  |
| 08.02.2007 | 739 | 97  |
| 09.02.2007 | 740 | 97  |
| 10.02.2007 | 741 | 97  |
| 11.02.2007 | 742 | 98  |
| 12.02.2007 | 743 | 98  |
| 13.02.2007 | 744 | 98  |
| 14.02.2007 | 745 | 98  |
| 15.02.2007 | 746 | 99  |
| 16.02.2007 | 747 | 99  |
| 17.02.2007 | 748 | 100   |
| 18.02.2007 | 749 | 100   |
| 19.02.2007 | 750 | 100   |
| 20.02.2007 | 751 | 101   |
| 21.02.2007 | 752 | 101   |
| 22.02.2007 | 753 | 101   |
| 23.02.2007 | 754 | 151   |
| 24.02.2007 | 755 | 151   |
| 25.02.2007 | 756 | 151   |
| 26.02.2007 | 757 | 151   |
| 27.02.2007 | 758 | 101   |
| 28.02.2007 | 759 | 102   |
| 01.03.2007 | 760 | 153   |
| 02.03.2007 | 761 | 153   |
| 03.03.2007 | 762 | 153   |

| Tarih      | Gün | Toplam Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|---|
| 04.03.2007 | 763 | 154   |
| 05.03.2007 | 764 | 155   |
| 06.03.2007 | 765 | 155   |
| 07.03.2007 | 766 | 208   |
| 08.03.2007 | 767 | 208   |
| 09.03.2007 | 768 | 157   |
| 10.03.2007 | 769 | 210   |
| 11.03.2007 | 770 | 158   |
| 12.03.2007 | 771 | 158   |
| 13.03.2007 | 772 | 158   |
| 14.03.2007 | 773 | 158   |
| 15.03.2007 | 774 | 158   |
| 16.03.2007 | 775 | 159   |
| 17.03.2007 | 776 | 159   |
| 18.03.2007 | 777 | 159   |
| 19.03.2007 | 778 | 160   |
| 20.03.2007 | 779 | 160   |
| 21.03.2007 | 780 | 161   |
| 22.03.2007 | 781 | 161   |
| 23.03.2007 | 782 | 161   |
| 24.03.2007 | 783 | 162   |
| 25.03.2007 | 784 | 162   |
| 26.03.2007 | 785 | 163   |
| 27.03.2007 | 786 | 163   |
| 28.03.2007 | 787 | 163   |
| 29.03.2007 | 788 | 164   |
| 30.03.2007 | 789 | 164   |
| 31.03.2007 | 790 | 164   |
| 01.04.2007 | 791 | 164   |
| 02.04.2007 | 792 | 165   |
| 03.04.2007 | 793 | 219   |
| 04.04.2007 | 794 | 221   |
| 05.04.2007 | 795 | 221   |
| 06.04.2007 | 796 | 222   |
| 07.04.2007 | 797 | 222   |
| 08.04.2007 | 798 | 223   |
| 09.04.2007 | 799 | 223   |
| 10.04.2007 | 800 | 224   |
| 11.04.2007 | 801 | 225   |
| 12.04.2007 | 802 | 225   |
| 13.04.2007 | 803 | 224   |
| 14.04.2007 | 804 | 224   |
| 15.04.2007 | 805 | 224   |
| 16.04.2007 | 806 | 279   |
| 17.04.2007 | 807 | 223   |
| 18.04.2007 | 808 | 281   |
| 19.04.2007 | 809 | 281   |
| 20.04.2007 | 810 | 338   |

| Tarih      | Gün | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|--|
| 21.04.2007 | 811 | 339  |
| 22.04.2007 | 812 | 339  |
| 23.04.2007 | 813 | 339  |
| 24.04.2007 | 814 | 339  |
| 25.04.2007 | 815 | 339  |
| 26.04.2007 | 816 | 339  |
| 27.04.2007 | 817 | 339  |
| 28.04.2007 | 818 | 339  |
| 29.04.2007 | 819 | 340  |
| 30.04.2007 | 820 | 341  |
| 01.05.2007 | 821 | 341  |
| 02.05.2007 | 822 | 342  |
| 03.05.2007 | 823 | 398  |
| 04.05.2007 | 824 | 398  |
| 05.05.2007 | 825 | 398  |
| 06.05.2007 | 826 | 399  |
| 07.05.2007 | 827 | 399  |
| 08.05.2007 | 828 | 399  |
| 09.05.2007 | 829 | 342  |
| 10.05.2007 | 830 | 342  |
| 11.05.2007 | 831 | 342  |
| 12.05.2007 | 832 | 343  |
| 13.05.2007 | 833 | 343  |
| 14.05.2007 | 834 | 401  |
| 15.05.2007 | 835 | 401  |
| 16.05.2007 | 836 | 400  |
| 17.05.2007 | 837 | 400  |
| 18.05.2007 | 838 | 400  |
| 19.05.2007 | 839 | 401  |
| 20.05.2007 | 840 | 402  |
| 21.05.2007 | 841 | 402  |
| 22.05.2007 | 842 | 403  |
| 23.05.2007 | 843 | 403  |
| 24.05.2007 | 844 | 403  |
| 25.05.2007 | 845 | 402  |
| 26.05.2007 | 846 | 402  |
| 27.05.2007 | 847 | 402  |
| 28.05.2007 | 848 | 402  |
| 29.05.2007 | 849 | 402  |
| 30.05.2007 | 850 | 402  |
| 31.05.2007 | 851 | 402  |
| 01.06.2007 | 852 | 402  |
| 02.06.2007 | 853 | 402  |
| 03.06.2007 | 854 | 402  |
| 04.06.2007 | 855 | 403  |
| 05.06.2007 | 856 | 402  |
| 06.06.2007 | 857 | 402  |
| 07.06.2007 | 858 | 402  |

| Tarih      | Gün | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|--|
| 08.06.2007 | 859 | 344  |
| 09.06.2007 | 860 | 344  |
| 10.06.2007 | 861 | 344  |
| 11.06.2007 | 862 | 344  |
| 12.06.2007 | 863 | 344  |
| 13.06.2007 | 864 | 400  |
| 14.06.2007 | 865 | 400  |
| 15.06.2007 | 866 | 400  |
| 16.06.2007 | 867 | 399  |
| 17.06.2007 | 868 | 399  |
| 18.06.2007 | 869 | 399  |
| 19.06.2007 | 870 | 399  |
| 20.06.2007 | 871 | 456  |
| 21.06.2007 | 872 | 456  |
| 22.06.2007 | 873 | 512  |
| 23.06.2007 | 874 | 512  |
| 24.06.2007 | 875 | 513  |
| 25.06.2007 | 876 | 569  |
| 26.06.2007 | 877 | 568  |
| 27.06.2007 | 878 | 567  |
| 28.06.2007 | 879 | 509  |
| 29.06.2007 | 880 | 509  |
| 30.06.2007 | 881 | 453  |
| 01.07.2007 | 882 | 454  |
| 02.07.2007 | 883 | 454  |
| 03.07.2007 | 884 | 454  |
| 04.07.2007 | 885 | 454  |
| 05.07.2007 | 886 | 454  |
| 06.07.2007 | 887 | 454  |
| 07.07.2007 | 888 | 454  |
| 08.07.2007 | 889 | 454  |
| 09.07.2007 | 890 | 454  |
| 10.07.2007 | 891 | 454  |
| 11.07.2007 | 892 | 454  |
| 12.07.2007 | 893 | 454  |
| 13.07.2007 | 894 | 454  |
| 14.07.2007 | 895 | 454  |
| 15.07.2007 | 896 | 454  |
| 16.07.2007 | 897 | 454  |
| 17.07.2007 | 898 | 454  |
| 18.07.2007 | 899 | 454  |
| 19.07.2007 | 900 | 454  |
| 20.07.2007 | 901 | 454  |
| 21.07.2007 | 902 | 454  |
| 22.07.2007 | 903 | 454  |
| 23.07.2007 | 904 | 454  |
| 24.07.2007 | 905 | 454  |
| 25.07.2007 | 906 | 454  |

| Tarih      | Gün | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|-----|--|
| 26.07.2007 | 907 | 454  |
| 27.07.2007 | 908 | 454  |
| 28.07.2007 | 909 | 454  |
| 29.07.2007 | 910 | 454  |
| 30.07.2007 | 911 | 454  |
| 31.07.2008 | 912 | 454  |
| 01.08.2007 | 913 | 454  |
| 02.08.2007 | 914 | 454  |
| 03.08.2007 | 915 | 454  |
| 04.08.2007 | 916 | 454  |
| 05.08.2007 | 917 | 454  |
| 06.08.2007 | 918 | 453  |
| 07.08.2007 | 919 | 452  |
| 08.08.2007 | 920 | 507  |
| 09.08.2007 | 921 | 561  |
| 10.08.2007 | 922 | 559  |
| 11.08.2007 | 923 | 556  |
| 12.08.2007 | 924 | 442  |
| 13.08.2007 | 925 | 548  |
| 14.08.2007 | 926 | 543  |
| 15.08.2007 | 927 | 540  |
| 16.08.2007 | 928 | 643  |
| 17.08.2007 | 929 | 691  |
| 18.08.2007 | 930 | 687  |
| 19.08.2007 | 931 | 473  |
| 20.08.2007 | 932 | 418  |
| 21.08.2007 | 933 | 416  |
| 22.08.2007 | 934 | 415  |
| 23.08.2007 | 935 | 413  |
| 24.08.2007 | 936 | 411  |
| 25.08.2007 | 937 | 410  |
| 26.08.2007 | 938 | 408  |
| 27.08.2007 | 939 | 405  |
| 28.08.2007 | 940 | 404  |
| 29.08.2007 | 941 | 403  |
| 30.08.2007 | 942 | 401  |
| 31.08.2007 | 943 | 399  |
| 01.09.2007 | 944 | 392  |
| 02.09.2007 | 945 | 392  |
| 03.09.2007 | 946 | 341  |
| 04.09.2007 | 947 | 341  |
| 05.09.2007 | 948 | 339  |
| 06.09.2007 | 949 | 338  |
| 07.09.2007 | 950 | 338  |
| 08.09.2007 | 951 | 338  |
| 09.09.2007 | 952 | 339  |
| 10.09.2007 | 953 | 339  |
| 11.09.2007 | 954 | 339  |

| Tarih      | Gün  | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|------|--|
| 12.09.2007 | 955  | 291  |
| 13.09.2007 | 956  | 290  |
| 14.09.2007 | 957  | 290  |
| 15.09.2007 | 958  | 290  |
| 16.09.2007 | 959  | 290  |
| 17.09.2007 | 960  | 289  |
| 18.09.2007 | 961  | 288  |
| 19.09.2007 | 962  | 288  |
| 20.09.2007 | 963  | 287  |
| 21.09.2007 | 964  | 239  |
| 22.09.2007 | 965  | 286  |
| 23.09.2007 | 966  | 286  |
| 24.09.2007 | 967  | 238  |
| 25.09.2007 | 968  | 238  |
| 26.09.2007 | 969  | 238  |
| 27.09.2007 | 970  | 238  |
| 28.09.2007 | 971  | 238  |
| 29.09.2007 | 972  | 237  |
| 30.09.2007 | 973  | 237  |
| 01.10.2007 | 974  | 237  |
| 02.10.2007 | 975  | 237  |
| 03.10.2007 | 976  | 237  |
| 04.10.2007 | 977  | 142  |
| 05.10.2007 | 978  | 142  |
| 06.10.2007 | 979  | 142  |
| 07.10.2007 | 980  | 142  |
| 08.10.2007 | 981  | 189  |
| 09.10.2007 | 982  | 284  |
| 10.10.2007 | 983  | 189  |
| 11.10.2007 | 984  | 142  |
| 12.10.2007 | 985  | 142  |
| 13.10.2007 | 986  | 142  |
| 14.10.2007 | 987  | 142  |
| 15.10.2007 | 988  | 190  |
| 16.10.2007 | 989  | 238  |
| 17.10.2007 | 990  | 286  |
| 18.10.2007 | 991  | 239  |
| 19.10.2007 | 992  | 239  |
| 20.10.2007 | 993  | 191  |
| 21.10.2007 | 994  | 191  |
| 22.10.2007 | 995  | 144  |
| 23.10.2007 | 996  | 192  |
| 24.10.2007 | 997  | 144  |
| 25.10.2007 | 998  | 144  |
| 26.10.2007 | 999  | 144  |
| 27.10.2007 | 1000 | 193  |
| 28.10.2007 | 1001 | 193  |
| 29.10.2007 | 1002 | 145  |

| Tarih      | Gün  | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|------|--|
| 30.10.2007 | 1003 | 145  |
| 31.10.2007 | 1004 | 145  |
| 01.12.2007 | 1005 | 101  |
| 02.12.2007 | 1006 | 101  |
| 03.12.2007 | 1007 | 101  |
| 04.12.2007 | 1008 | 50   |
| 05.12.2007 | 1009 | 50   |
| 06.12.2007 | 1010 | 51   |
| 07.12.2007 | 1011 | 51   |
| 08.12.2007 | 1012 | 51   |
| 09.12.2007 | 1013 | 51   |
| 10.12.2007 | 1014 | 52   |
| 11.12.2007 | 1015 | 52   |
| 12.12.2007 | 1016 | 52   |
| 13.12.2007 | 1017 | 52   |
| 14.12.2007 | 1018 | 53   |
| 15.12.2007 | 1019 | 53   |
| 16.12.2007 | 1020 | 53   |
| 17.12.2007 | 1021 | 53   |
| 18.12.2007 | 1022 | 108  |
| 19.12.2007 | 1023 | 54   |
| 20.12.2007 | 1024 | 54   |
| 21.12.2007 | 1025 | 54   |
| 22.12.2007 | 1026 | 54   |
| 23.12.2007 | 1027 | 54   |
| 24.12.2007 | 1028 | 54   |
| 25.12.2007 | 1029 | 55   |
| 26.12.2007 | 1030 | 55   |
| 27.12.2007 | 1031 | 55   |
| 28.12.2007 | 1032 | 55   |
| 29.12.2007 | 1033 | 55   |
| 30.12.2007 | 1034 | 55   |
| 31.12.2007 | 1035 | 55   |
| 01.01.2008 | 1036 | 55   |
| 02.01.2008 | 1037 | 55   |
| 03.01.2008 | 1038 | 56   |
| 04.01.2008 | 1039 | 56   |
| 05.01.2008 | 1040 | 56   |
| 06.01.2008 | 1041 | 55   |
| 07.01.2008 | 1042 | 55   |
| 08.01.2008 | 1043 | 55   |
| 09.01.2008 | 1044 | 55   |
| 10.01.2008 | 1045 | 110  |
| 11.01.2008 | 1046 | 110  |
| 12.01.2008 | 1047 | 55   |
| 13.01.2008 | 1048 | 110  |
| 14.01.2008 | 1049 | 110  |
| 15.01.2008 | 1050 | 55   |



| Tarih      | Gün  | Toplam<br>Buharlaşma<br>10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
|------------|------|--|
| 16.01.2008 | 1051 | 110  |
| 17.01.2008 | 1052 | 55   |
| 18.01.2008 | 1053 | 54   |
| 19.01.2008 | 1054 | 54   |
| 20.01.2008 | 1055 | 54   |
| 21.01.2008 | 1056 | 54   |
| 22.01.2008 | 1057 | 54   |
| 23.01.2008 | 1058 | 54   |
| 24.01.2008 | 1059 | 54   |
| 25.01.2008 | 1060 | 54   |
| 26.01.2008 | 1061 | 54   |
| 27.01.2008 | 1062 | 54   |
| 28.01.2008 | 1063 | 54   |
| 29.01.2008 | 1064 | 54   |
| 30.01.2008 | 1065 | 54   |
| 31.01.2008 | 1066 | 54   |
| 01.02.2008 | 1067 | 54   |
| 02.02.2008 | 1068 | 109  |
| 03.02.2008 | 1069 | 109  |
| 04.02.2008 | 1070 | 54   |
| 05.02.2008 | 1071 | 109  |
| 06.02.2008 | 1072 | 109  |
| 07.02.2008 | 1073 | 109  |
| 08.02.2008 | 1074 | 109  |
| 09.02.2008 | 1075 | 109  |
| 10.02.2008 | 1076 | 54   |
| 11.02.2008 | 1077 | 54   |
| 12.02.2008 | 1078 | 109  |
| 13.02.2008 | 1079 | 109  |
| 14.02.2008 | 1080 | 109  |
| 15.02.2008 | 1081 | 54   |
| 16.02.2008 | 1082 | 54   |
| 17.02.2008 | 1083 | 54   |
| 18.02.2008 | 1084 | 54   |
| 19.02.2008 | 1085 | 109  |
| 20.02.2008 | 1086 | 54   |
| 21.02.2008 | 1087 | 109  |
| 22.02.2008 | 1088 | 109  |
| 23.02.2008 | 1089 | 109  |
| 24.02.2008 | 1090 | 109  |
| 25.02.2008 | 1091 | 164  |
| 26.02.2008 | 1092 | 219  |
| 27.02.2008 | 1093 | 163  |
| 28.02.2008 | 1094 | 163  |
| 29.02.2008 | 1095 | 217  |