

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENTSEL İÇME SUYU İHTİYACININ YAPAY SİNİR AĞLARIYLA TAHMİNİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Mutlu MERMER**

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : HİDROLİK

MANİSA 2007

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
TEŞEKKÜR	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Su Kaynakları Yönetimi	1
1.2. Türkiye' de Su Yönetimi	3
1.2.1. DSİ Genel Müdürlüğü	3
1.2.2. İller Bankası	5
1.2.3. Yerel Yönetimler	5
1.3. Su İhtiyacı Tahminlerinin Önemi	6
1.4. Talep Yönetimi	7
1.4.1. Talep Yönetiminin Faydaları	8
1.4.2. Talep Yönetimi Önlemleri	9
1.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	11
2. KENTSEL SU İHTİYACI TAHMİN YÖNTEMLERİ	12
2.1. İller Bankası Yöntemi	12
2.2. Regresyon Analizi	13
3. YAPAY SİNİR AĞLARI	16
3.1. Yapay Sinir Ağı Modeli	18
3.2. Yapay Sinir Ağının Bileşenleri	18
3.3. Yapay Sinir Ağının İşleyişi	20
3.3.1. Toplam Fonksiyonu	20
3.3.2. Geçiş Fonksiyonu	21
3.4. Yapay Sinir Ağında Öğrenme ve Öğrenme Algoritmaları	22
3.5. Yapay Sinir Ağı Mimarileri	26
3.5.1. İleri Beslemeli Ağlar	26
3.5.2. Geri Beslemeli Ağlar	26

3.5.3. Hücresel Bağlantılı Ağlar	26
3.6. Yapay Sinir Ağı Geliştirme ve Eğitim	27
3.7. Yapay Sinir Ağı'nın Geliştirilmesi Aşamaları	27
3.7.1. Mimarının Seçilmesi	27
3.7.2. Neuronun Karakteristik Özellikleri	28
3.7.3. Öğrenme Algoritmasının Seçimi	29
3.7.4. Eğitim ve Test Verisinin Oluşturulması	29
3.8. Yapay Sinir Ağı'nın Eğitimi ve Testi	30
3.9. Yapay Sinir Ağı Kullanım Alanları	31
4. İZMİR KENTSEL SU KULLANIMLARININ YSA İLE TAHMİN EDİLMESİ	32
4.1. İzmir İçme Suyu Sisteminin Tarihçesi	32
4.1.1. Antik Çağ	32
4.1.2. Osmanlı Dönemi	32
4.1.3. Cumhuriyet Dönemi	33
4.2. İzmir İçme Suyu Projesi Öncesi Çalışmalar	33
4.3. İzmir İçme Suyu Projesi	34
4.3.1. Sarıkız Göksu Pınarları	35
4.3.2. Tahtalı Barajı ve Arıtma Tesisleri	35
4.4. İzmir İçme Suyu Revizyonu ve Yeni Su Kaynakları	36
4.5.İzsu' ca Etüdü Yaptırılan Yakın Çevre Yüzeysel Su Kaynakları Projeleri	39
4.6. İzmir' e Su Temini Çalışmalarının Genel Bir Değerlendirmesi ve Geleceğe Dönük Öngörüler	40
4.7. İzmir Kenti İçme Suyu İhtiyacının Tahmini Çalışmasında Kullanılan Verilerin Elde Edilmesi	41
4.7.1. Su Kullanımları	42
4.7.2. Ortalama Evsel Su Faturası	43
4.7.3. Nüfus	46
4.7.4. Hane Sayısı	47
4.7.5. Gayri Safi Yurtiçi Hasıla / Kişi	48
4.7.6. Sıcaklık	50
4.7.7. Yağış	50
4.7.8. Nem	51
4.8. Bağımsız Değişkenlerin Zamana Bağlı Bireysel Regresyonları	51
4.8.1. Ortalama Evsel Su Faturası	51
4.8.2. Nüfus	52
4.8.3. Hane Sayısı	52

4.8.4. GSYH / Kişi	52
4.8.5. Sıcaklık, Yağış ve Nem	52
4.9. Su Kullanımları Regresyon Modelleri ve İstatistik Modellerin Elde Edilmesi	53
4.10. Su Kullanımları YSA Modelleri	56
4.11. Yapay Sinir Ağları Modellerinden En Uygun Olan Modelle Gelecekteki İçme Suyu İhtiyacının Tahmini	58
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR	63
EK: REGRESYON VE YSA MODELLERİNİN SAÇILMA DİYAGRAMLARI	65

KISALTMALAR

DSİ	: Devlet Su İşleri
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
KHGM	: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü
YZT	: Yapay Zeka Teknikleri
OKH	: Ortalama Karesel Hata
YSA	: Yapay Sinir Ağları
İE	: İşlem Elemanı

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Biyolojik neuron ve yapısı.	17
Şekil 3.2. Yapay Neuron (artificial neuron).	19
Şekil 3.3. Yapay Sinir Ağı Modeli.	19
Şekil 3.4. Toplam ve geçiş fonksiyonu.	20
Şekil 3.5. Değişik geçiş fonksiyonları.	22
Şekil 3.6. Öğrenme süreci ve öğrenme algoritması.	23
Şekil 3.7. Öğrenme sürecinde hatanın hesaplanması.	24
Şekil 3.8 Temel yapay sinir mimarileri.	27
Şekil 3.9. Verileri ezberleyen ve iyi genellemeye ulaşan ağlardaki hata eğrileri.	30
Şekil 4.1. İzmir içine su sağlayan kaynakların sistem içindeki payları.	36
Şekil 4.2. İzmir kenti su ihtiyacı projeksiyonu.	37
Şekil 4.3. İzmir kentine gelecekte su sağlaması öngörülen kaynakların sistem içindeki payları.	39
Şekil 4.4. İzmir iline ait geçmiş su kullanımları.	42
Şekil 4.5. Modelde kullanılan su fiyatı değerleri.	43
Şekil 4.6. Modelde kullanılan abone (hane) sayısı.	44
Şekil 4.7. İzmir iline ait nüfus sayımlarının sonuçları.	47
Şekil 4.8. İzmir iline ait yıl ortası nüfus tahminlerini de içeren nüfus sayımları.	47
Şekil 4.9. GSYH nın zamanla değişimi (TUİK).	49
Şekil 4.10. İzmir iline ait 1997 – 2005 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık değerleri.	50
Şekil 4.11. İzmir iline ait 1997 – 2005 yılları arasındaki aylık toplam yağış değerleri.	50
Şekil 4.12. İzmir iline ait 1997 – 2005 yılları arasındaki aylık ortalama nem değerleri.	51
Şekil 4.13. M22 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri	58
Şekil 4.14.a. M22 Modeline ait eğitim seti için YSA saçılma grafiği.	59
Şekil 4.14.b. M22 Modeline ait test seti için YSA saçılma grafiği.	59
Şekil 4.15. M22 Modeline ait eğitim verileri su kullanımları.	60
Şekil 4.16. M22 Modeline ait test verileri su kullanımları.	61
Şekil 4.17. Gelecekteki su ihtiyacının regresyon ve YSA analizleri sonucu grafiği.	61
Şekil E.4.1. M1 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	65
Şekil E.4.2. M1 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	65
Şekil E.4.3. M9 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	66
Şekil E.4.4. M9 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	66
Şekil E.4.5. M10 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	67
Şekil E.4.6. M10 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	67
Şekil E.4.7. M14 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	68
Şekil E.4.8. M14 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	68

Şekil E.4.9. M16 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	69
Şekil E.4.10. M16 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	69
Şekil E.4.11. M17 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	70
Şekil E.4.12. M17 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	70
Şekil E.4.13. M19 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	71
Şekil E.4.14. M19 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	71
Şekil E.4.15. M20 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	72
Şekil E.4.16. M20 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	72
Şekil E.4.17. M21 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	73
Şekil E.4.18. M21 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	73
Şekil E.4.19. M22 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	74
Şekil E.4.20. M22 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	74
Şekil E.4.21. M23 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	75
Şekil E.4.22. M23 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	75
Şekil E.4.23. M24 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	76
Şekil E.4.24. M24 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	76
Şekil E.4.25. M25 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	77
Şekil E.4.26. M25 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	77
Şekil E.4.27. M26 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	78
Şekil E.4.28. M26 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	78
Şekil E.4.29. M27 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	79
Şekil E.4.30. M27 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	79
Şekil E.4.31. M28 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri.	80
Şekil E.4.32. M28 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri.	80

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Su ihtiyacı genel bileşenleri.	7
Çizelge 1.2. Thames Water 2015.	8
Çizelge 2.1. Projelerde kabul edilebilecek su tüketim değerleri.	13
Çizelge 3.1. Dönüşüm Sürecinde Kullanılan Aktivasyon Fonksiyonları.	22
Çizelge 3.2. Öğrenme algoritmaları ve uygulandıkları alanlar.	29
Çizelge 4.1. İzmir kentine bugüne kadar çeşitli kaynaklardan sağlanan içme ve kullanma suyu .	35
Çizelge 4.2. İzmir kentine gelecekte çeşitli kaynaklardan sağlanması öngörülen içme ve kullanma suyu.	38
Çizelge 4.3. Bir önceki yılın aynı ayına göre değişim (TÜFE).	44
Çizelge 4.4. Bir önceki aya göre değişim (TÜFE).	45
Çizelge 4.5. Tüketici fiyatları endeksini oluşturan sektörler.	45
Çizelge 4.6. Toptan eşya fiyat endeksini oluşturan sektörler.	46
Çizelge 4.7. Her bir değişkenin 20 yıl için yıl ortası tahminleri.	53
Çizelge 4.8. İzmir iline ait verilerin istatistik parametreleri.	53
Çizelge 4.9. Uygulamada kullanılan modeller ve regresyon denklemleri.	55
Çizelge 4.10. YSA ve regresyon ile içme suyu ihtiyacı eğitme ve test sonuçları.	57

SEMBOL LİSTESİ

a	: Öğrenme katsayısı
N	: Veri sayısı
R^2	: Belirlilik katsayısı
t_s	: Son nüfus sayımının tarihi
t_i	: İlk nüfus sayımının tarihi
y_s	: Son nüfus sayımından elde edilen nüfus
y_i	: İlk nüfus sayımından elde edilen nüfus
$r_{x,y}$	: Korelasyon katsayısı
X	: Bağımsız değişken
Y	: Bağımlı değişken
w_{ij}	: Ağ ağırlıkları

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında yardım ve katkılarıyla her zaman yanımda olan danışmanım Sayın hocam Prof. Dr. Tamer YILMAZ'a ve Doç. Dr. Mehmet Ali YURDUSEV'e, sağladığı imkanlardan dolayı kurumuma, benden desteğini esirgemeyen çalışma arkadaşım Mustafa Erkan TURAN'a, ve her zaman her konuda maddi manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Kentsel içme suyu ihtiyaçlarının sağlıklı bir şekilde tahmin edilebilmesi, su kaynakları planlamasının önemli ve ilk adımlarından birisidir. Bu ihtiyacı karşılayacak su kaynaklarının bulunması ve derlenmesi ve kullanım yerine iletilmesi için gereken yapıların çeşit ve boyutlarının belirlenmesi hep tahmin edilecek su miktarına bağlı olacaktır. Dolayısıyla yapılacak yatırımın büyüklüğü ve konunun insan yaşamındaki önemi dikkate alındığında sağlıklı tahminlerin yapılması oldukça önemli olmaktadır.

Su ihtiyacı tahminleri ülkemizde genellikle İller Bankasının önerdiği ve üstel nüfus tahminine dayanan basit bir formül ile yapılmaktadır. Halbuki konunun önemi ve ilgili parametrelerin çokluğu nedeni ile daha kapsamlı veri ve yöntemlerin kullanılması sağlıklı tahminler için bir gerekliliktir. Bu nedenle yeni ortaya çıkan metotlar her alanda olduğu gibi içme suyu tahmininde de kullanılmaya başlanmaktadır. Bu çerçevede yapay zekâ teknikleri su kaynaklarının farklı alanlarında uygulanması yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmanın amacı bu tekniklerden yapay sinir ağları kullanılarak kentsel su ihtiyacı tahmini yapılmasıdır. Nüfus, GSYH/kişi, sıcaklık... gibi su kullanımını etkileyen parametreler dikkate alınarak İzmir ili için aylık su kullanımları YSA ile modellenmiş ve gelecekteki 20 yıl için su ihtiyacı tahmini yapılmıştır.

ABSTRACT

Municipal water demand forecasting is the first and one of the most important steps of planning water recourses. Determination of the types and dimensions of the required infrastructure that are used for finding, collecting and transmitting the water resources to consumers would depend on the forecasted water demand. If we take into consideration the costs of investments required and the importance of safe water supply for the people, how reliable the forecasts should be could be understood more clearly.

In our country, water demand forecast is made by using a simple formula based on exponential population forecast according to the codes of Iller Bank. However, it is necessary to use more comprehensive data and methods to obtain reliable results because of the importance of this subject and the abundance of related parameters. To this end, artificial intelligence methods could offer alternative ways for forecasting water demands, which could lead the most effective use of water resources.

The aim of this study is to forecast of municipal water demand by using Artificial Neural Networks (ANN). Monthly water usage of İzmir have been modeled by ANN, taking into account a series of econometric (population, water bill, number of household, gross domestic product) and climatic (temperature, precipitation and moisture) parameters. Using the model constructed, water demand forecasts for next 20 years have been made.

1. GİRİŞ

Su; hayatın kaynağı ve yaşamın varolabileceğinin vazgeçilemez bir unsurudur. İnsanlar, var oluşundan beri toplu halde yaşama geleneğine sahip olmuşlar ve yüzyıllar boyunca giderek artış gösteren kentleşme süreci sonucunda insanların en temel ihtiyaçları olan içme suyunun sağlıklı olarak temini de yaşamsal önem kazanmıştır [1]. 21.yüzyılın başından beri yerküremiz önemli bir su krizi ile karşı karşıyadır. Teknolojik ilerleme, endüstriyel gelişme ve dünya nüfusundaki artış, su talebini de artırmış ve buna paralel olarak su kaynaklarında artan kirlilik sorunu suyun daha etkin bir şekilde kullanılmasını ve yönetilmesini zorunlu kılmıştır. Türkiye’de hızlı nüfus artışı, köyden kente göçle birlikte çarpık kentleşme ve sanayileşme, su ve atık su yönetimini önemli bir sorun haline getirmiştir [2]. Bu açıdan bakıldığında içme suyu ihtiyacının tahmini su kaynakları yönetiminin ilk adımını oluşturacaktır. Bu çalışmada, su kaynaklarının yönetimde ilk ve en önemli adımlardan biri olan kentsel içme suyu ihtiyacının tahmini konusu ele alınmıştır. Türkiye’de ve Dünya genelinde su mülkiyeti ve yönetimi kamuya aittir. Su yönetimi, su kaynaklarının mülkiyet işletmeciliği ve su hakları temelinde şekillenmektedir.

Son yıllarda geliştirilen sürdürülebilir kalkınma politikaları ile su hakları kullanımında yetkilerin yerleştirilmesi, su mülkiyeti ve yönetiminin özelleştirilmesi, arz odaklı yönetim yerine talep odaklı yönetim uygulanması hedeflenmektedir [2].

1.1. Su Kaynakları Yönetimi

Suyu teknik olarak kaynaktan kullanıcıya ulaştırma işlemi ile sınırlı bir tanımı olan “ su yönetimi “ kavramı, son yıllarda bu tanıma ek olarak örgütlenme ve mali yapının yönetimini içerecek bir şekilde genişletilmiştir. Dünya genelinde su yönetimi, teknik – mali – yönetsel işler bütünü olarak Birleşmiş Milletler OECD ve Dünya Bankası tarafından geliştirilen politikalar doğrultusunda yönlendirilmektedir [2].

Birleşmiş Milletler, gelişme ve kalkınma hedeflerinin ve bu hedefler doğrultusunda yapılacak tercihlerin su kaynaklarının durumuna bağlı olarak belirlenmesini önermekte, su ve diğer doğal kaynakları bu kaynakların bağımlı değişkeni olarak kurgulayan “ kalkınma iktisadı “ dönemini kapatmış bulunmaktadır. Suyu toplumsal değil, ekonomik mal olarak tanımlamakta ve fiyatlandırmayı temel ilke olarak benimsemektedir.

26–31 Ocak 1992 tarihlerinde Dublin’de Uluslararası Su ve Çevre Konferansı düzenlenmiştir. Bu konferans su konusunda belli sektörel ihtiyaçlara yönelik yaklaşımın aksine, insan ve çevrenin kullanım ve ihtiyaçlarının bütünlük içinde ele alındığı entegre bir bakıştan söz etmektedir. Su yönetimi, etkilenenlerin temsil edilebilmesi ve sektör taleplerinin entegre edilmesi için, uygun olan en alt düzeye devredilmelidir. Bu düzey mevcut birimler, kurumlar ve

mekanizmalar olabileceği gibi, nehir havzaları temelinde kurulacak özel idareler de olabilir. Bu yapının fiyat ve pazar mekanizmalarına daha çok dayanması, buna karşın geleneksel emir-komuta yaklaşımlarından daha uzak olması uygun görülmektedir.

3-4 Haziran 1992 tarihinde Rio de Janeiro' da Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı yapılmıştır. Gündem 21' in 18. bölümü " tatlı su kaynakları temini ve kalitesinin korunması ve su kaynaklarının geliştirilmesi, yönetimi ve kullanımında entegre yaklaşımların uygulanması" na ; 21. bölümü de " katı atıkların atık su ile ilgili sorunların çevresel açıdan sağlıklı yönetimi" ne ayrılmıştır. Burada önerilen Birleşik Su Kaynakları Yönetimi, suyun ekosistemin ayrılmaz bir parçası, doğal bir kaynak ve hem sosyal hem de ekonomik bir mal olarak algılanmasına dayanmaktadır. Birleşik su kaynakları yönetiminin, su toplama havzası veya alt-havza seviyesinde yürütülmesi önerilmektedir [2].

OECD, su kaynakları yönetimi, her tür (içme, sanayi, sulama, rekreasyon) kullanma suyu ve su kaynaklarının (yerüstü ve yer altı suları) nitelik ve nicelik yönetimini kapsayan etkinlik olarak tanımlamaktadır. OECD, yeterli kalite ve miktarda suyun bugün ve gelecekte sunumunun sürdürülebilmesi için, üçüncü yaklaşımın benimsenmesi gerektiğini düşünmektedir. Suyun, fiyatlandırılması gereken ekonomik değer olan bir meta olarak görülmesini istemektedir [2].

Dünya Bankası' na göre kurumsal zayıflıklar, pazar başarısızlıkları, tahrif edilmiş politikalar ve yanlış yönlendirilmiş yatırımlar sonunda, dünya genelinde hükümetler su kaynaklarının yanlış dağıtılmasına, ziyan edilmesine neden olmuşlardır. Dünya Bankası, sorunların kaynağında kamu örgütlenmesini görmektedir. Su kaynakları yaklaşımı için önerdiği yaklaşımlar, Dublin Beyanı, Rio yaklaşımı Gündem 21 ve OECD yaklaşımı ile uyumludur.

1996 yılında hükümetler, sektördeki çokuluslu şirketler ve uluslararası örgütler (Birleşmiş Milletler ve Dünya Bankası gibi) bir araya gelerek, " Dünya Su Konseyi " ni kurmuşlardır. Konseyin gündemi Gündem 21' in 18. maddesi kapsamında sektör için rotası belirlenen politikaların uygulanmasını güvence altına almaktır.

1997 Marakeş ve 2000 Lahey Dünya su forumlarından ortaya çıkan önümüzdeki yüzyıl için bir dünya su görüşüdür. Su kaynaktan çeşmeye, kanalizasyondan arıtmaya ve deşarja kadar, çok uluslu şirketlerin ve çok aktörlü bir dünya su yönetiminin kontrolü altında ve ticarileştirilmiş bir anlayış çerçevesinde temin edilecektir [2].

1.2. Türkiye' de Su Yönetimi

Türkiye' nin yıllık kullanılabilir yeraltı ve yerüstü su potansiyeli 107 km³ tür. Tüketilebilecek yıllık yerüstü su miktarı 95 km³, yıllık çekilebilir yeraltı suyu miktarı 12 km³ düzeyindedir. Yerüstü sularının tüketimi 29,5 km³ olarak hesaplanırken, yeraltı sularının yıllık tüketimi 6,0 km³ olarak hesaplanmıştır. Türkiye, kullanılabilir yerüstü sularının % 30 ' unu kullanırken, yeraltı sularının yarısını kullanmaktadır.

Bu su varlığı ve yönetimi, tümüyle kamu mülkiyetinde bulunmaktadır. Yeraltı sularının yönetimi özel bir yasa ile düzenlenmiş, yetki Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü' nün (DSİ) tekeline verilmiştir. Gerçek ve tüzel kişilerin yer altı suyunu çeşitli kullanım amaçları için kuyu açarak kullanmaları dahil olmak üzere (yeraltı suyunun işletilmesine ilişkin) tüm yetkiler bu kuruluşa aittir. Buna karşın yerüstü suları için özel bir yasa çıkarılamamış ve bu suların yönetiminde yetkiler farklı kuruluşlara dağıtılmıştır. Yerüstü suları içme ve kullanma, tarımsal sulama, sanayi, ulaşım, enerji üretimi ve su ürünleri yetiştiriciliği için çok amaçlı kullanılmakta ve buna koşut olarak bu sular üzerinde DSİ, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM), İller Bankası, Elektrik İşleri Etüd İdaresi (Eİİ) gibi kamu kuruluşlarının yanısıra birçok diğer gerçek ve tüzel kişiler de çalışmalar yapabilmektedirler. Buna karşın yerüstü sularının yönetiminde de en genel ve kapsamlı yetkilere sahip olan kuruluş DSİ' dir [2].

İçme ve sulama suyu konusunda, ulusal düzeyde örgütlenmiş iki kuruluş vardır: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) ve İller Bankası. İller Bankası, ulusal suların yönetimi konusunda herhangi bir bağımsız yetkiye sahip olmamakla DSİ ve KHGM' den farklılık sergiler. DSİ Genel Müdürlüğü, 1953 tarihli ve 6200 sayılı yasa ile Bayındırlık Bakanlığı' na bağlı olarak kurulmuş, tüzel kişiliği olan bir kamu kuruluşudur. Bunlara ek olarak Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü vardı. Bu kurum 13 Ocak 2005 tarihinde lağvedilmiş ve taşra teşkilatı il özel idarelerine devredilmiştir.

1.2.1. DSİ Genel Müdürlüğü

Yeraltı Suları Kanunu' na göre yeraltı sularının işletilmesi, korunması ve bütünüyle yönetimi DSİ' ye aittir. DSİ yeraltı ve yerüstü tüm ulusal suların yönetimine en temel yetkilere sahip kuruluştur. DSİ çalışmalarını havza bazında yürütmekte ve buna uygun örgütlenmiş bulunmaktadır. Türkiye, ortalama yıllık akış miktarlarına göre 26 havzaya ayrılmıştır.

DSİ ' nin başlıca görevleri şunlardır:

- Taşkın sular ve sellere karşı koruyucu tesisler yapmak ,
- Sulama tesisleri kurmak, sulama sahalarında mevcut parsellerin tamamını veya aksamını gösteriri harita ve planlar yapmak, gerektiğinde kadastrounu yaptırmak, bataklıkları kurutmak ,

- Şehir ve kasabaların içme ve kanalizasyon projelerini incelemek, onaylamak ve denetlemek,
- Köy içme suları için teknik organizasyon ve denetimi sağlamak ve bu iş için bayındırlık müdürlükleri emrinde yeterli eleman bulundurmak,
- Akarsularda ıslahat yapmak,
- İçme suyu ve sulama tesislerinin işletmelerini sağlamak,
- Görevleriyle ilgili konularda araştırmalar yapmak, toprağın cinsi, yetiştirilecek ürün çeşitlerini, verimlilik derecelerini tespit etmek, amenajman planlarını hazırlama,
- Görevleriyle ilgili konularda.

DSİ' ye, yaptığı veya devraldığı tesislerden işletmelerini bizzat üstlenmediklerinin işletmelerini sağlamak üzere işletmeler kurmak, ya doğrudan doğruya ya da işletmeler marifetiyle ortaklıklar teşkil etmek, gerektiğinde tesisleri gerçek ve tüzel kişilere devretmek üzere bakanlığa teklifte bulunmak yetkisi vermiştir. DSİ, tesisleri, tesislerden yararlanan gerçek ve tüzel kişilere devredebilir. Bu durumda devredilen, tesisin işletme hakkıdır; mülkiyeti değil.

DSİ tarafından yapılan köy içme suyu tesisleri, 7478 sayılı Köy İçme Suları Kanunu uyarınca köy ihtiyar meclisine bir zabıtle devredilmektedir. Eğer tesis birkaç köye veya birkaç köyle birlikte belediyeye aitse “ birliklere, belediyeliklere ve köy ihtiyar meclislerine teslim edilir.”Bu şekilde tesis, köylerin, belediyelerin ya da köylerle birlikte belediyelerin ortak malı olur.İşletmesi bunlar tarafından yapılır.

Ankara, İstanbul ve nüfusu yüz binden yukarı olan şehirlerin içme, kullanma ve endüstri suyu temini hakkındaki 1053 sayılı yasaya göre, isale hatları ve tasfiye tesisleri belediyelere devredilir. Belediyeler, barajların mülkiyetine payları oranında ortak olurlar, ancak işletmeyi DSİ yapar. DSİ tarafından yapılan baraj işletme ve bakım masrafları belediyelerden alınır.

DSİ, sulama tesislerinden büyük ve toplu halde olanları kendisi işletmektedir. İşletmesi DSİ tarafından yapılan tesislerin yedek ve tersiyer kanal bazında işletme yapması için çiftçilerin kurdukları “sulayıcı gruplar” la da işletme ve bakım sözleşmeleri yapılmaktadır. Daha küçük, dağınık ve işletme merkezlerinden uzakta bulunan gölet, pompaj, yeraltı suyu gibi tesislerin işletme ve bakımı daha güç ve pahalı olduğundan bu tesisler, özel sözleşmelerle yararlananlara devredilmektedir. Devir yapılabilen tüzel kişiler köy tüzel kişiliği, belediyeler, sulama birlikleri, kooperatif, şirket, dernek veya şahıslar olabilmektedir.

İşletmenin kullanıcıya devri konusunda, çiftçilerin işletmeye katılımı sorunu gündeme gelmektedir. Tesisten yalnız bir köy yararlanıyorsa, tesis köy tüzel kişiliğine; belediye sınırları içinde ise belediyelere; tesislerin birkaç köyün veya belediye ile birkaç ünitenin ortaklaşa

kullanımında ise bunların kurdukları birliğe, ya da sulama amaçlı kooperatiflere devir yapılabilir. Ayrıca, bir sulama şebekesinden birden fazla köy yararlanıyorsa işletmenin çeşitli kısımları farklı köylere ayrı ayrı devredilebilmektedir. Şirket, dernek ve şahıslara da özel sözleşmelerle devir yapılabilir. Tesislerin işletmesinin devri, DSİ ile ilgili kuruluş arasında yapılan bir devir sözleşmesiyle olmaktadır. Buna göre, devralan, tesisin tüm işletme ve bakım masraflarından sorumlu olmaktadır [2].

1.2.2. İller Bankası

Cumhuriyet döneminde içme suyu konusunda ilk düzenleme 1926 tarih ve 831 sayılı yasa ile "Sular Hakkında Kanun" olmuştur. Bu kanunda içme suyu temini yetkisi Belediyelere verilmiştir. 1930 tarih ve 1393 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu ile de su sağlama işinin Belediyelere verildiği belirtilmiş ve konuya ilişkin sağlık kural ve koşulları getirilmiştir. 1933 yılında İller Bankası'nın teşkilatlanmasına başlangıç olacak 2301 sayılı yasa ile Belediyeler Bankası kurulmuş ve Bankanın verdiği kredilerle bir çok belediyenin içme suyu tesisinin gerçekleşmesine katkı sağlanmıştır. Belediyeler Bankasının ardından Belediyeler İmar Heyetinin kurulması daha sonra da 1945 yılında 4759 sayılı yasa ile İller Bankası kurulmuş ve böylelikle Belediyelerin çağdaş anlamda sağlıklı bir alt yapıya kavuşmalarının yolu açılmıştır. Köylerden kentlere nüfus yönünden oldukça geniş bir yelpazede DSİ, İller Bankası ve Köy Hizmetlerince içme suyu faaliyetleri yapılmış, ancak; adı geçen resmi kurumların görev alanları 1968 tarih ve 1053 sayılı yasa ile sınırlandırılarak DSİ'ye nüfusu 100.000 üzerinde olan şehirlerin içme suyu temini, İller Bankasına da 100.000 ile 3.000 nüfus aralığındaki yerleşim yerlerinin tesislerini yapma görevi verilmiştir. 24.05.1983 tarih ve 2824 sayılı kanunla da Belediye Teşkilatı bulunan ve nüfusu 3000 altında bulunan Beldelerin ve Belediye Meclislerinin yetki vermesi halinde nüfusu 100.000 üzerinde olan kentlerin de içme suyu sağlanmasına yönelik çalışmaların Banka görev kapsamına alınması sağlanmıştır [1].

İller Bankası' nın başlıca görevleri belediyelerin yerel kamu hizmetleriyle ilgili tesisler, yapılar ve diğer işleri gerçekleştirmelerini kolaylaştırmak, kredi sağlamak, tesis ve yapılardan, mahallince yaptırılmasına olanak bulunmayan veya banka tarafından toplu olarak yaptırılmasında fayda bulunan hizmetleri yatırım programları içinde meydana getirmek, idare ve kurumların istemleri olmaksızın bunların banka yatırımı programında yer alan işlerden hibe veya fon yardımlarının katkısıyla gerçekleştirilecek olanları banka eliyle yapmak, yaptırmak idare ve kurumlara gerekli olacak makine, alet ve gereç sağlamaktır(satmak, kiralamak)[2].

1.2.3. Yerel Yönetimler

Bu çalışmanın içerisinde yer alan İzmir ili için su yönetiminde İzmir Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi görev yapmaktadır. İZSU Genel Müdürlüğü, İzmir Büyükşehir

Belediyesi'nin su ve kanalizasyon hizmetlerini yürütme ve bu amaçla gereken her türlü tesisi kurmak, kurulu olanları devralmak ve bir elden işletmek üzere 2560 sayılı kanunla kurulmuştur. Görev ve Yetkileri: İçme suyu kullanma ve endüstri suyu ihtiyaçlarının her türlü yeraltı ve yerüstü kaynaklarından sağlanması ve ihtiyaç sahiplerine dağıtılması için; kaynaklardan abonelere ulaşıncaya kadar her türlü tesisin etüt ve projesini yapmak, bu projelere göre tesisleri kurmak veya kurdurmak, kurulu olanları devralıp işletmek ve bunların bakım ve onarımını yapmak, yaptırmak ve gerekli yenilemelere girişmek, Kullanılmış sular, yağış sularının toplanması; yerleşim yerlerinden uzaklaştırılması ve zararsız bir biçimde boşaltma yerine ulaştırılması veya bu sulardan yeniden yararlanılması için abonelerden başlanarak bu suların toplanacakları veya bırakılacakları noktaya kadar her türlü tesisin etüt ve projesini yapmak veya yaptırmak; gerektiğinde bu projelere göre tesisleri kurmak ya da kurdurmak; kurulu olanları devralıp işletme ve bunların bakım ve onarımını yapmak ve gerekli yenilemelere girişmek, Bölge içindeki su kaynaklarının, deniz, göl, akarsu kıyılarının ve yer altı sularının kullanılmış sularla ve endüstri artıklarıyla kirlenmesini, bu kaynaklarda suların kaybına veya azalmasına yol açacak tesis kurulmasını ve bu tür faaliyetlerde bulunulmasını önlemek, bu konuda her türlü teknik, idari, hukuki tedbiri almak, Su ve kanalizasyon hizmetleri konusunda hizmet alanı içindeki belediyelere verilen görevleri yürütmek ve bu konularda yetkileri kullanmak, Her türlü taşınır ve taşınmaz malı satın almak, kiralamak, ekonomik değeri kalmamış araç ve gereçleri satmak, İZSU'nun hizmetleriyle ilgili tesisleri doğrudan doğruya yahut diğer kamu veya özel kuruluşlarla ortak olarak kurmak ve işletmek, bu maksatla kurulmuş veya kurulmakta olan tesislere iştirak etmek, Kuruluş amacına dönük çalışmaların gerekli kılması halinde her türlü taşınmaz malı kamulaştırmak veya üzerinde kullanma hakları tesis etmektir. Diğer yerel yönetimler de benzer çalışmalar yaparak su yönetiminde yer almaktadırlar.

1.3. Su İhtiyacı Tahminlerinin Önemi

Bir kentin su sisteminin unsurlarının boyutlandırılması, ünitelerinin seçimi ve sistemin kurulmasında önemli bir husus, dağıtılacak suların debilerinin tayinidir. Ayrıca, bulunmuş olan debi miktarlarının belli bir proje dönemi içindeki değişimi ve yine bu süre içindeki değişme eğilimi de sistem kuruluşuna etki eden önemli göstergelerdir. Bütün bu sözü edilen konular su ihtiyacının bilinmesi ve bu ihtiyacın kent içindeki yerleşimler arasında dağılımının belirlenmesi ile doğrudan ilişkilidir.

Böylelikle projelendirmenin temel unsuru olarak değinilen kent su ihtiyacı; konut, hizmet, ticaret, sanayi, özel kurum ve kuruluş su ihtiyaçları toplamından oluşur.

Bir kentin su ihtiyacı ve tükettiği su miktarı birçok etkene bağlıdır. Bu etkenler; nüfus, kentin ekonomik faaliyetleri, kentin bulunduğu bölge iklimi, kişilerin yaşama düzeyi, inanç ve alışkanlıkları, yeteri kadar bol suyun varlığı, kente iletilen suyun satış bedeli, suyun niteliği,

yeterli bir dağıtım sisteminin mevcudiyeti, şebeke basınçları, pis su toplama ve boşaltma sistemlerinin inşa edilmiş olması, içme su şebekesi işletme ve yönetimi gibi öğelerdir.

Yukarıda belirtilen öğelerin çokluğu ve bunlarla ilgili veri ve bilgilerin birkaç unsuru birden kapsamaması ve çoğunlukla her bir konuya ilişkin yeteri kadar kayıt ve gözlem yapılamamış olması nedenleriyle, tam bir analiz mümkün olamamaktadır. Bunun sonucu toplanabilen bilgi ve verilerden alınan izlenimler, genellikle ülkede ve dünyada benzeri kentlerde elde edilmiş değerlendirmeler ve tecrübelerle karşılaştırılmalıdır. Bugüne kadar elde olunan değerlendirmelere göre, bir kentin su ihtiyacını meydana getiren çeşitli bileşenlerin toplama göre olan dağılımı Çizelge 1.1. de verilmiştir [3].

Çizelge 1.1. Su ihtiyacı genel bileşenleri.

Su İhtiyacı	Dağılımı (%)
Konutlar	30 – 40
Sanayi	20 – 35
Ticaret	5 – 10
Hizmet	5 – 10
Kayıplar	20 – 40

Su ihtiyacı tahminlerinde, gelecekteki su yönetimi politikalarının ve buna dayalı su tasarruf potansiyellerinin de dikkate alınması gerekmektedir.

1.4. Talep Yönetimi

Talep yönetimi en genel anlamı ile mevcut suyun etkin kullanımı ile daha fazla kişiye sunulabilmesi için su tasarrufu sağlanmasıdır. Bu sebeple talep yönetimi kavramı, su kullanımının zaman içinde hızla artması neden ile, gelecekteki su gereksiniminin şimdiden belirlenmesinde dikkate alınması gereken önemli bir konudur. Talep yönetimi önlemlerinin belirli bir program çerçevesinde uygulanması sonucu gelecek su tahmini hesaplarında kullanılacak formül birim su ihtiyacının birim sayısı ile çarpımı şeklindeki geleneksel yaklaşımı yerine Denklem 1.1 deki şeklini alacaktır.

$$Q = q \left[1 - \left(\frac{e}{100} \right) \right] N \quad (1.1)$$

Burada; Q, n yıl sonra bir yerleşim birimi su ihtiyacı; q, birim su ihtiyacı; e, talep yönetimi etkinliği (%); N, n yıl sonraki birim sayısını belirtmektedir. En yaygın olarak kullanılan birimler; nüfus, hane ve bağlantı sayısıdır.

Talep yönetimi etkinliği, uygulamaya konacak önlemlerden her birinden beklenen potansiyel tasarrufun, ilgili önlemlerin zaman içinde yaygınlaşma oranı ve diğler önlemlere olan etkileşimi ile düzeltilmesi sayesinde elde edilebilmektedir. Çizelge 2.1 de örnek olarak Thames Water (İngiltere) şirketinin 2015 yılına kadar uygulamayı planladığı önlemler ve bunlardan beklediğı tasarruf değerleri böyle bir çalışmaya örnek olarak verilmiştir. Çizelgede p değerleri potansiyel tasarrufu, k değerleri düzeltme oranını ve e ise o önlemden beklenen tasarruf oranını vermekte ve tüm önlemlerin toplam değeri olan %9.87 değeri denklem 1.2 ile verilen su ihtiyacı hesaplarında kullanılabilir. Yalnız böyle bir yaklaşımla su ihtiyacı tahmini yapmak öngörülen önlemlerin uygulanmasının sağlanmasıyla anlamlı olacaktır.

Çizelge 1.2. Thames Water 2015.

Planlanan Önlem	P (%)	k (%)	e(%)
Suyun ölçülmesi	1.45	80	1.16
Rezervuar kontrolü	16.67	15	2.48
Bulaşık makinelerinin kontrolü	50.00	0.30	0.13
Çamaşır makinelerinin kontrolü	26.30	8	2.10
Eğitim programları	5.00	80	4.00
Toplam			9.87

Literatürde talep yönetimi kavramı genellikle mevcut su kaynaklarının idareli kullanımı biçiminde algılanır. Örneğin talep yönetimi bazı durumlarda, belirli bir su kaynağından çekilen suyun kontrollü bir şekilde verimli kullanılmasını sağlayan önlemleri alma çalışmaları şeklinde tanımlanır. Bir diğler biçimde ise, belirli bir süreçte hedef olarak seçilen su gereksinimi miktarının süreç sonunda gerçekleşmesini sağlayabilecek çeşitli yöntemlerden en uygununu seçmek için yapılan özel çalışmalar olarak tanımlanır. Diğler yönden, su kaynakların korunması kavramı, su kullanımının sosyal çıkarlara uygun bir biçimde azaltılması veya su kaybının önlenmesi şeklinde tanımlanmıştır. Burada sosyal çıkarlara uygun biçimde ifadesi ile su kullanımının sosyal faydaları ile, kullanılan suyun yönetimi çalışmalarının maliyeti arasındaki dengenin olumlu olması gerektiğı belirtilmiştir.

Sonuç olarak, talep yönetiminin veya suyun verimli kullanılmasının esas amacı, kullanıcıların suyu, aynı amaca daha az su ile ulaşmaya yani suyu etkin bir biçimde kullanmaya yöneltmek olduğu söylenebilir [4].

1.4.1. Talep Yönetiminin Faydaları

Elde bulunan su kaynaklarının daha akılcı bir şekilde değerlendirilmesi yani daha verimli bir yönetim; bu konu ile ilgili daha az yatırım gerektirmesi ve bu amaç için ayrılmış fondaki belirli miktardaki mali kaynak ile daha kapsamlı araştırma yapılmasına imkan verebildiğı için talep

yönetimi uygulanmalıdır. Talep yönetiminin bir diğer avantajlı yönü hem su ihtiyacındaki, hem de atık su arıtma miktarındaki ani artışları zamana yayarak önemli parasal tasarrufa olanak sağlamasıdır. Son olarak, çevre sorunlarını ilgilendiren yönleri de göz önüne alınarak talep yönetimi giderek daha yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Ancak çevreye daha az atık su verilmesi, suya olan talebin yönetilmesinin en sonda gelen nedenlerinden değildir. Aksine su kaynaklarının kirlenme ile azalması dikkate alındığında oldukça önemli olmaktadır. Talep Yönetiminin daha az önemli olmakla beraber başka avantajları da vardır.

Mevcut su kaynaklarının talep yönetimi ile değerlendirilmesi, yeni su kaynakları geliştirilmesine bir alternatif olarak düşünülmelidir. Başarılı bir talep yönetimi, su kaynaklarının kapasitesinin artırılması için yöneticiye zaman tanır. Gelişen endüstriler ve artan nüfus su kaynaklarının mutlaka geliştirilmesini gerektirmektedir. Ancak bu çalışmalar daha geniş bir zaman dilimi içerisinde, daha rahat yapılabilecek ve daha verimli kararlar alınabilecektir [4].

1.4.2. Talep Yönetimi Önlemleri

Kullanılan suyun israfının en aza indirilmesi için alınması gereken önlemler, literatürde çeşitli gruplandırmalar halinde verilmiştir. Konu ile ilgili araştırmacılar suyun etkin kullanımı için değişik kriterleri esas alarak önlemler grubu oluşturmuşlardır. Örneğin, su fiyatını esas alarak ve bu değeri yüksek tutarak az su kullanılmasını amaçlayan kontrollü kullanım önlemleri; suyun basıncını, dolayısıyla kullanılan miktarını azaltan, işletme ile ilgili önlemler ve nihayet bu konuda eğitim programları ile toplumu yönlendirmeyi amaçlayan sosyo-politik önlemler, bu gruplandırmalara örnek olarak verilebilir.

Diğer bazı araştırmacılar su tasarrufu önlemlerini, suyun kullanım süresini dikkate alarak uzun vadeli önlemler ve kısa vadeli önlemler şeklinde iki gruba ayırmışlardır. Uzun vadeli önlemler için eski cihazlardan vazgeçerek yerine kalıcı olarak suyu daha verimli bir biçimde kullanan modern cihazlara geçiş önerilmektedir. Kısa vadeli önlemler ise daha çok toplum bireylerinin su kullanış biçimini, suyun korunması amacına uygun biçimde değiştirilmesine yönelik önlemlerdir.

Üçüncü bir grup araştırmacı ise suyun verimli kullanımı ve su kullanımı üzerindeki kısıtlamaları belirleyen koruma önlemlerini, kullanıcı üzerindeki etkilerine göre değişik gruplara ayırırlar. Suyun verimli kullanılması için alınan önlemler doğru belirlenirse kullanılan su miktarı azaldığı halde, kullanıcıların yaşam standardı bundan etkilenmez. Bu tür önlemler zaman içinde giderek kullanıcının yaşam biçiminin bir özelliği olduğu için, kendisi bu önlemleri aldığı farkında bile olmayabilir. Bu durumda kullanıcının kendisi bir koruyucu cihaz haline gelmiştir. Ancak diğer durumda, su kullanımının kısıtlanması, harcanan su miktarını azaltır ancak azalan bu miktar kullanıcının yaşam standardını olumsuz yönde etkiler. Başka bir deyişle kullanıcı, kullandığı su miktarındaki kısıtlamanın her zaman farkındadır ve günlük hayatı olumsuz yönde etkilenir.

Hortum kullanarak araba yıkamanın, bahçe sulamanın, dış temizlik yapmanın yasaklanması buna örnek olarak gösterilebilir [4].

Günlük yaşamda kullanılan suyun miktarını azaltmak veya diğer bir deyişle kullanma suyu talebindeki artış hızını yavaşlatmak için en yaygın biçimde alınan önlemler şunlardır.

- Kullanılan suyun miktarının ölçümü
- Fiyatlandırma politikaları
- Su tasarruf cihazlarının kullanımı
- Evde ve şebekede oluşabilecek kaçakları araştırmak, bulmak ve gidermek
- Suyu verimli kullanmak için bireyin eğitimi
- Su kullanımına getirilecek zorunlu kısıtlamalar
- Bazı konularda su kullanımının tamamen yasaklanması

Suyun korunması konusunda, bir tek önlem almaktansa birkaç önlemi aynı zamanda almak ve uygulamak daha akılcı bir davranıştır. Çünkü önlemler karşılıklı olarak birbirinin etkisini güçlendirerek toplumda daha iyi sonuç verir. Ancak bu her zaman geçerli olmayabilir. Bazı bir arada alınan önlemler bu etkiyi çok az gösterir veya hiç göstermeyebilir. Bazı koruma önlemleri birbirinin tamamlayıcısı olabilirler ve en azından, su kullanımındaki verim açısından daha net bir fikir vermesi açısından bir süre beraberce izlenmelidir. Örneğin, suya ödenen paranın kontrolü; harcanan su miktarının ölçüldüğü ve ölçülmediği zamanlarda kıyaslanarak, suyun maliyeti hakkında daha net bir fikir sahibi olunabilir. Eğer yalnızca harcanan su miktarı ölçülecek olursa maliyeti konusunda bir fikir sahibi olunamaz. Fakat eğer su kaçaklarını gidermek için önlem alınıyorsa, bunu ne derece etkili olduğu aynı zaman diliminde harcanan değişik su miktarlarının farkından anlaşılabilir.

Kullanılan suyun fiyatını belirleme politikaları mantıklık ve akıllı bir biçimde uygulanırsa; kullanıcıları, suyu harcama biçimi konusunda olumlu önlemler almaya hatta değişik teknolojiler geliştirmeye teşvik edebilir.

Genel anlamda düşünüldüğünde, suyu korumak için alınan hemen her önlemin kapsamında aşağıda belirtilen unsurların her birinden biraz bulunur:

- Teşvik edici unsurlar (Maliyeti etkileyen veya etkilemeyen)
- Yasaya dayalı unsurlar
- Eğitici ve toplumu aydınlatıcı unsurlar
- Olumlu yenilikleri düşünmeye ve bulmaya yönelten unsurlar

Örneğin binalarda kullanılan suyun sürekli ölçülmesi, su kaçaklarının bulunup, giderilmesini sağladığı ve böylece kullanıcının parasının ziyan olmasını önlediği için maddi yönden teşvik edici bir unsurdur. Su kullanımı denetleyen yasal düzenlemeler de, toplumu suyun korunması amacı ile alınmış yasal önlemler konusunda bilgilendirir. Aynı şey, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi gibi cihazların satın alınırken son zamanlarda yapılan teknolojik geliştirme çalışmaları ile su ve enerji kullanımı konusunda çok daha avantajlı olanlarını tercih etmeye yönlendirmesi için de söylenebilir [4].

1.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Yapay sinir ağları yöntemiyle kentsel içme suyu ihtiyacının tahmin edilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada İzmir kenti verileri kullanılmıştır. Sağlıklı verilerin elde edilememiş olması nedeni ile veri türleri içerisinde eksik olan veriler regresyon analizi yöntemi ile tamamlanmıştır. Eksik verilerin tamamlanmasından sonra regresyon yöntemi ve yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak modeller oluşturulmuştur. Regresyon modelleri oluşturulurken su kullanımını en çok etkileyen bağımsız değişkenlerin kombinasyonları dikkate alınmıştır. YSA modellerinin oluşturulmasında, kurulan modellerde, su kullanımı birçok nedene bağlı olduğundan regresyonla oluşturulan modellerden 16 tanesi dikkate alınmıştır. Bu modeller seçilirken korelasyon katsayısı diğer modellere göre daha büyük olanlar seçilmiştir. YSA modellerinde kullanılan kombinasyonların özellikleri tablo şeklinde özetlenerek en iyi model seçilerek gelecekteki 20 yıl için yıl ortası su ihtiyacı tahmin edilmeye çalışılmıştır.

2. KENTSEL SU İHTİYACI TAHMİN YÖNTEMLERİ

2.1. İller Bankası Yöntemi

Meskun bölgelerde dağıtılan su, kullanıldıktan sonra atık su haline gelir ve bir kanal ağı ile toplanır. Atık suların bir kanalizasyon sistemi ile uzaklaştırılabilmesi için merkezi bir içme suyu tesisi gereklidir. Bazı araştırmacılara göre dağıtılan temiz suyun yüzde 70' i atık su haline gelirse de, buna önceden tahmini mümkün olmayan değişik kaynaklı sızıntı suları ilave olduğundan, İller Bankası yönetmeliklerinde; atık su miktarı, dağıtılan suya eşit alınmaktadır. Buna göre temin edilmesi gereken içme suyu ve aynı zamanda uzaklaştırılması gereken atık su miktarlarının belirlenmesi için göz önünde tutulması gereken temel parametreler şunlardır:

- Proje süresi
- Su ihtiyacı karşılanacak nüfus sayısı
- Birim su sarfiyatı

Su ve atık su sistemi, gelecekte makul sayılan bir zaman içinde, önemli ilave ve değişiklikler gerektirmeden, söz konusu meskûn bölgenin ihtiyaçlarını karşılayacak bir büyüklükte yapılmalıdır [5].

Su ihtiyacı karşılanacak nüfus sayısı aritmetik artış ve geometrik artış metotları ile yapılmaktadır. Aritmetik artış metodunda (2.1) denklemi kullanılır.

$$y = y_s + \{ (y_s - y_i) / (t_s - t_i) \} x (t - t_i) \quad (2.1)$$

Bu denklemde:

y_s : Son nüfus sayımından elde edilen nüfus

y_i : İlk nüfus sayımından elde edilen nüfus

t_s : Son nüfus sayımının tarihi

t_i : İlk nüfus sayımının tarihi

Geometrik artış metodunda ise denklemdeki nüfus ve nüfus sayımının yapıldığı tarihlerinin logaritma değerleri kullanılır.

Zaman biriminde nüfus başına düşen su tüketimi ile endüstri ve ticari su ihtiyaçlarının toplamına birim su sarfiyatı denir. Birim su sarfiyatına etkiyen faktörler şunlardır:

- İklim
- Hayat standardı
- Kanalizasyon sisteminin durumu
- Ticari ve sınai faaliyet tipi
- Su fiyatı
- Özel su tesislerinin mevcut olup olmaması
- Suyun kalitesi
- Su dağıtma sistemindeki basınç
- Su ölçümünün yapılış şekli
- İsale ve şebekede meydana gelen su kayıpları.

İller Bankası 1985 yılında yayınladığı bir yönetmelikle kişi başına su tüketim değerlerinin tayini için bir liste hazırlamıştır. Bu değerler Çizelge 2.1. de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Projelerde kabul edilebilecek su tüketim değerleri.

Belde Nüfusu	Su Tüketimi (l/gün/kişi)
0 – 3000	60
3001 – 5000	70
5001 – 10000	80
10001 – 30000	100
30001 – 50000	120
50001 – 100000	170
100001 – 200000	200
200001 – 300000	225

300000' den büyük nüfuslar için karşılıklı mutabakat sağlanması gerektiği belirtilmiştir. Görüleceği gibi büyük kentler su ihtiyacı, kentin kendine has özelliklerine göre değerlendirilmektedir [5].

2.2. Regresyon Analizi

Doğa bilimlerinde ve birçok mühendislik problemlerinde, iki ya da daha fazla sayıda rastgele değişkenin aynı gözlem sırasında aldıkları değerler, istatistik bakımından birbiriyle bağımlı olup çoğu kez aralarında bir ilişki söz konusudur. İki değişken arasında ilişki bulunması, bunlardan birinin diğerinden etkilenmesi, ya da her iki değişkenin başka değişkenlerden birlikte etkilenmelerinden kaynaklanır. Örneğin bir akarsu havzasındaki akış havzaya düşen yağışın yüzey akışa geçmesiyle oluşur. İki komşu havza akışları arasındaki ilişki ise, o bölgeye düşen yağışlardan her iki havzanın etkilenmesi sonucu oluşur.

Ancak söz konusu ilişkiler deterministik (fonksiyonel) nitelikte değildir. Yani değişkenlerden biri belli bir değer aldığı anda diğerinin her zaman aynı değeri alacağı söylenemez. Bir başka ifade ile, göz önüne alınan bağıntıdaki bağımsız değişkenin değeri bilindiğinde, bağımlı değişkenin alacağı değer kesin olarak bilinemez. Bağımlı değişkendeki değişimin ancak bir kısmı göz önüne alınan bağıntıdaki bağımsız değişken ile açıklanabilir. Geriye kalan kısmı ise bilinmeyen değişkenlerin etkilerinden ve ölçüm hatalarından kaynaklanabilir. Değişkenler arasındaki ilişki anlamlı düzeyde ise veya başka bir ifade ile değişkenler arasında kurulan bağıntı bağımlı değişkendeki değişimin önemli bir kısmını açıklayabiliyorsa bu bağıntıyı kullanarak istatistik açıdan anlamlı tahminler yapılabilir ve bu tahminlerin güven aralığı belirlenebilir.

Yukarıda sözü edilen tipten bir bağıntıyı gösteren matematik ifadeye regresyon denklemi denir. Regresyon analizi ise; incelenen değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin bulunup bulunmadığını belirlemek, ilişki varsa bu ilişkiyi ifade eden regresyon denklemini elde etmek ve bu denklemi kullanarak tahmin yapmak ve tahminlerin güven aralıklarını hesaplama konularını içerir.

Regresyon analizine başlarken arasında ilişki aranacak olan iki ya da daha fazla sayıda değişkenin hangileri olduğuna karar verilir. Değişkenler arasında bir ayırım yapabilmek için X e veya X lere ($X_1, X_2, \dots, X_n$) bağımsız ve Y ye de bağımlı değişken adı verilir. Bu isimler gerçekten uygun düşmektedir. Çünkü, örneğin bir havzada yüzey akış miktarı (Y) başta yağış akış miktarına (X_1) ve zemin nemine (X_2) bağlı olduğu gibi havzanın sediment verimi (Y) havza alanına (X) bağlıdır. Havza alanı araştırmacı tarafından serbestçe seçilebildiği halde sediment verimi araştırmacının isteğine bağlı olmayıp havza büyüklüğüne bağlıdır.

Değişkenlere karar verildikten sonra değişkenler arasındaki ilişkiyi en iyi şekilde tanımlayan denklemin seçimi yapılır. Seçim sırasında bazen birden fazla denklemin ilişkiyi tanımlayabileceği gözlenir. Bu durumda ilişkiyi en iyi tanımlayan denklemi ilişkiyi tanımlayabilecek denklemlerin her birisi için korelasyon katsayısı hesaplanır. Korelasyon katsayısı en büyük olan denklem ilişkiyi en iyi şekilde tanımlayan regresyon denklemi seçilir. Seçilen denklem iki veya daha fazla değişken arasında doğrusal (lineer) ilişkiyi tanımlayabileceği gibi doğrusal olmayan (nonlinear) bir ilişkiyi de tanımlayabilir [6]. Korelasyon katsayısı $r_{x,y}$ istatistiği ele alınan örnekteki (x_i, y_i) gözlem çiftlerinden şu şekilde hesaplanır :

$$r_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{N S_x S_y} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i Y_i - N \bar{X} \bar{Y}}{N S_x S_y} \quad (2.2.)$$

Küçük örneklerde N yerine N – 1 kullanmak gerekir. Uygulamada Y bağımlı değişkenin $X_1, X_2, \dots, X_m$ bağımsız değişkenlerden etkilendiği görülür. Bu etkilenmeyi tanımlayan doğrusal bir denklem seçilirse ilişkiyi tanımlayan doğrusal regresyon denklemi şu şekilde yazılabilir;

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_m X_m \quad (2.3.)$$

Burada a, $b_1, b_2, \dots, b_m$ regresyon katsayıları basit regresyondakine benzer şekilde, gözlem noktalarının regresyon denkleminin gösterdiği düzlemde olan e_{yi} uzaklıklarının kareleri toplamı olan

$$\sum_{i=1}^N e_{yi}^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - a - b_1 X_{1i} - b_2 X_{2i} - \dots - b_m X_{mi})^2 \quad (2.4.)$$

İfadesini minimum yapacak şekilde hesaplanır. Sonuçta Y' nin X_1 ve X_2 gibi iki bağımsız değişkene göre regresyon denklemi (2.4.) denkleminin en basit hali olarak şu şekli alır :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \quad (2.5.)$$

Bu denklemdeki regresyon katsayıları

$$\sum_{i=1}^N e_{yi}^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - b_0 - b_1X_{1i} - b_2X_{2i})^2 \quad (2.6.)$$

y_i minimum yapacak şekilde belirlendiğinde şu denklemlere varılır.

$$\begin{aligned} b_1 \sum_{i=1}^N (X_{1i} - \bar{X}_1)^2 + b_2 \sum_{i=1}^N (X_{1i} - \bar{X}_1)(X_{2i} - \bar{X}_2) &= \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})(X_{1i} - \bar{X}_1) \\ b_1 \sum_{i=1}^N (X_{1i} - \bar{X}_1)(X_{2i} - \bar{X}_2) + b_2 \sum_{i=1}^N (X_{2i} - \bar{X}_2)^2 &= \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})(X_{2i} - \bar{X}_2) \end{aligned} \quad (2.7.)$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1\bar{X}_1 - b_2\bar{X}_2$$

b_0 , b_1 , b_2 katsayıları (2.7.) denklem takımı çözülerek bulunur. 3 den fazla değişkenli doğrusal regresyonlarda da benzer denklemlere varılır.

Regresyon analizleri ile yapılan modellemeler birçok alanda daha başarılı bir şekilde YSA ile yapılabilmektedir.

3. YAPAY SİNİR AĞLARI

İnsanoğlu yaradılışından beri iç içe yaşaya gelmiş ve ondan ilham yolu ile birçok çözümler önermiştir. Özellikle ihtiyaçlarını gidermek için doğal kaynakları kullanmakla birlikte elinden geldiği kadarı ile de doğal afetlerle mücadele etmeye çalışmıştır. Bununla beraber doğada meydana gelen olayları da düşünce, akıl ve hisleri ile anlamaya çalışmıştır. Olayların sebep-sonuç ilişkilerini içinde bulunduğu dönemin bilgi birikimi ve teknolojisinin elverdiği ölçüde irdelemeye çalışmıştır. Bu çalışmalar esnasında birçok yöntem geliştirmiştir.

Üzerinde çalışılan yöntemler 1950 sonrası bilgisayarla sayısal hesaplamaların hızla gelişmesi sonucunda, son birkaç on yılda önceden benzeri görülmemiş biçimde gelişmeler kaydetmiştir. Geliştirilen yöntemlerden bazıları canlı organizmalardan esinlenerek ortaya çıkmıştır. Bu organizmaların işleyişlerinin matematikle ifade edilmeye çalışılması ile ortaya çıkan yöntemlere örnek olarak Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Genetik Algoritmalar (GA) verilebilir.

Yaşadığımız çağda teknolojik gelişmelerin çok hızlı olduğu gerçektir. Özellikle bilgisayar dünyasındaki gelişmeler baş döndürücü bir hal almıştır. Meydana gelen bu gelişmeler hesaplamalarda hızlılık, en küçük (mikro) ve en büyük (makro) alemlerin incelenmesi, bilgi üretiminin hızlanması, vb. birçok konularda insanlığa kolaylık sağlamıştır. Bunun temelinde bilgisayarların kendileri için hazırlanmış komut dizinlerini hızlı bir şekilde işlemesi yatmaktadır.

Öte yandan insan beyni gürültülü ortamda eksik bilgi ile görme, konuşma, hata düzeltme ve şekil tanıma gibi oldukça başarılıdır. Hatta insan beyni bu tür işlemlerde bilgisayara nazaran çok daha verimli sonuçlar üretebilmektedir. Elektrokimyasal beyin işleme elemanları olarak tanınan sinirler bir işleme milisaniye (10^{-3}) mertebesinde cevap verirken, bugünkü elektronik teknoloji ürünleri nanosaniye (10^{-9}) mertebesinde cevap vermektedir. Elektronik teknoloji ürünlerinin 10^6 kat daha hızlı çalışmasına rağmen beynin eksik bilgi ile işlem yapma ve şekil tanıma gibi konularda bilgisayara göre daha verimli çalışmasının nedeni uzun zaman merak konusu olmuştur. Bu merak insanı kendi beyninin çalışma sistemini incelemeye itmiştir.

Beyin ve dokusunun incelenmesi sonucunda farklılığın bilgilerin işleme sisteminden kaynaklandığı saptanmıştır. Elde edilen çarpıcı sonuç insan beynindeki sinirlerin bilgileri paralel olarak işlediğini göstermiştir. Bu gerçekten hareketle bilim adamları insan beyninde olduğu gibi bilgilerin paralel işlenerek insan davranışlarına akıldan (elden değil) geldiğince yakın olması için çalışmalara hız vermiştir. Çalışmalar adı geçen yeteneklere sahip yöntem, cihaz ve makinaların tasarlanması üzerinde yoğunlaşmıştır. Sonunda insan davranışlarını modelleyebilecek akıllı sistemlerin kurulması için YSA ve GA gibi yöntemler geliştirilmiştir.

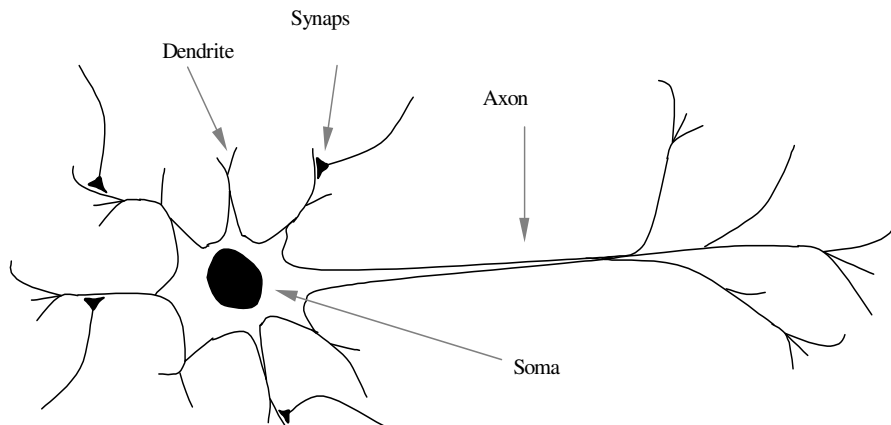
Özellikle bu yöntemlerin yardımı ile büyük ilgi gören uzman sistemler birçok alanda kullanılır hale gelmiştir.

Sinir sisteminin modellenmesi sonucu ortaya çıkan YSA paralel çalışma ve öğrenebilme yetenekleri bakımından biyolojik sinir sisteminin özelliği göstermektedir. Diğer özelliklerinin yanında paralel çalışmasından dolayı bilgileri hızlı bir şekilde işleyebilmesi ve donanımının kolayca gerçekleştirilebilir olması YSA' yı başka yöntemlere göre daha cazip kılmaktadır. Bu yüzden YSA halen sınıflandırma, desen tanıma, kontrol, prognostik (bir olayın iç işleyişini anlama) hesaplamaları, görüntü işleme, ses tanıma, vb. birçok alanda yoğun olarak kullanılmaktadır. YSA' lar birçok alanda yeni kullanılmaya başlanmasına rağmen her geçen gün kullanım alanları gelişerek artmaktadır [7].

Öğrenme ve çevreye uyabilme yeteneğinin koşulu zeki olmaktır. Düşünme yeteneği ve zekâ, beynin ve merkezi sinir sisteminin görevidir. Beyini hasara uğramış birçok kişide öğrenme ve çevreye uyumda bazı sorunlar olduğu gözlemlenmiştir [8].

Beyin neuron adı verilen birçok sinir hücresinin bir araya gelmesinden oluşmaktadır. İnsan bünyesinde yer alan tüm diğer hücreler belli bir süre sonunda ölürler ve yerlerine yenisi üretilirken neuronlar kendiliklerinden ölmezler. Bu durum belki de bilgilerin nasıl kalıcı olduğunu da açıklamaktadır. İnsan vücudunda yaklaşık olarak 10^{11} neuron bulunmaktadır [9].

Sinir hücreleri bir grup halinde işlev gördüklerinde ağ (network) olarak adlandırılırlar ve böyle bir grupta binlerce neuron bulunur. Beyin aslında, bu sinir ağlarının (neural network) toplamı olarak görülmektedir [7]. Neuron yapısının, bilginin işlenmesinde önemli etkisi vardır (Şekil.3.1).



Şekil 3.1. Biyolojik neuron ve yapısı.

Birbiriyle bağlantılı iki neuronun axon, dentrite, synaps ve soma olma üzere dört önemli bölümü bulunmaktadır [10].

Yapay sinir ağlarının dayandığı ilk hesaplama modelinin temelleri 1940'ların başında araştırmalarına başlayan W.S. McCulloch ve W.A. Pitts'in, 1943 yılında yayınladıkları bir makaleyle atılmış oldu. Daha sonra 1954 yılında B.G. Farley ve W.A. Clark tarafından bir ağ içerisinde uyarılara tepki veren, uyarılara adapte olabilen model oluşturulmuştur. 1960 yılı ise ilk neural bilgisayarın ortaya çıkış yılıdır [8]. 1963 yılında basit modellerin ilk eksiklikleri fark edilmiş, ancak başarılı sonuçların alınması 1970 ve 1980'lerde termodinamikteki teorik yapıların doğrusal olmayan ağların geliştirilmesinde kullanılmasına kadar gecikmiştir. 1985 yapay sinir ağlarının oldukça tanındığı, yoğun araştırmaların başladığı yıl olmuştur [11].

Yapay sinir ağının genel bir tanımı yapılması gerekirse "Yapay Sinir Ağı insan beyninin çalışma ve düşünebilme yeteneğinden yola çıkılarak oluşturulmuş bir bilgi işlem teknolojisidir" . Yapay sinir ağının işleyiş özelliklerine dayanan ikinci tür tanımı ise ilk ticari yapay sinir ağının geliştiricisi olan Dr. Robert HECHT-NIELSEN'e ait bir tanımdır: "yapay sinir ağı dışarıdan gelen girdilere dinamik olarak yanıt oluşturma yoluyla bilgi işleyen, birbiriyle bağlantılı basit elemanlardan oluşan bilgi işlem sistemidir" . Bu tanıma yakın bir tanımda yapay sinir ağı yazınında çok tanınan Teuvo KOHONEN'e ait bir tanımdır : " Yapay sinir ağları paralel olarak bağlantılı ve çok sayıdaki basit elemanın, gerçek dünyanın nesneleriyle biyolojik sinir sisteminin benzeri yolla etkileşim kuran olan, hiyerarşik bir organizasyonudur" [12].

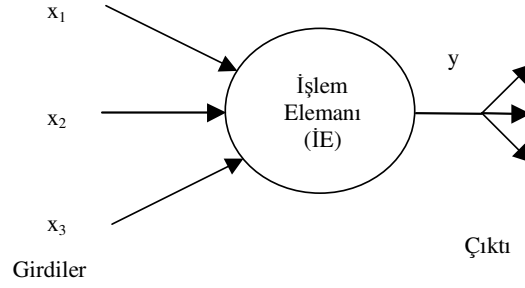
3.1. Yapay Sinir Ağı Modeli

Yapay sinir ağıyla aslında biyolojik sinir ağının bir modeli oluşturulmak istenmektedir. Bu amaçla da geleneksel bilgisayar donanım ve yazılımlarından yararlanılabileceği gibi YSA oluşturmak amacıyla geliştirilmiş paralel işlem yapan özel bilgisayarlardan da yararlanılabilmektedir.

3.2. Yapay Sinir Ağının Bileşenleri

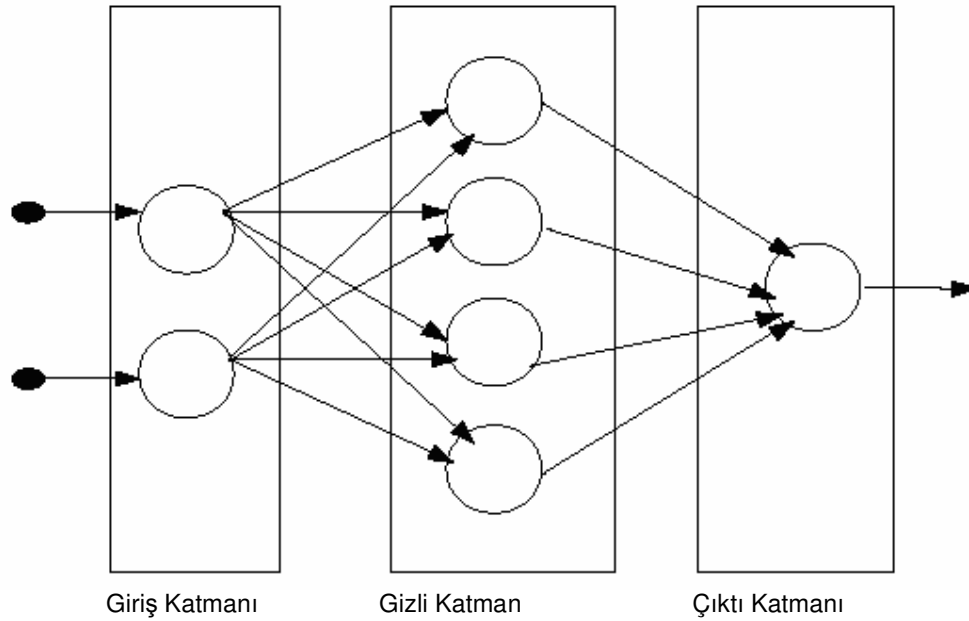
Yapay sinir ağının yapısında neuron, bağlantılar ve ağırlıklar olmak üzere üç bileşeni bulunmaktadır.

Neuron: Biyolojik sinir ağlarında olduğu gibi yapay sinir ağlarında da temel unsur yapay neurondur (artificial neuron). Yapay neuron, bir ağın temel işlem elemanıdır. Ağ içinde yer alan tüm neuronlar bir veya birden fazla girdi alırlar ve tek bir çıktı verirler. Bu çıktı yapay sinir ağının dışına verilen çıktılar olabileceği gibi başka neuronlara girdi olarak da kullanılabilirler (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Yapay Neuron (artificial neuron).

Bağlantılar: Yapay neuronların birbirleriyle bağlantılar aracılığıyla bir araya gelmeleri yapay sinir ağını oluşturmaktadır (Şekil 3.3.) [13].



Şekil 3.3. Yapay Sinir Ağı Modeli.

Neuronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşmaktadır. Katmanların değişik şekilde bir birler ve dışarıdan verilerin yapay sinir ağına alınmasını sağlar. Diğer katman ise çıktı katmanıdır. Bu katmanda bilgilerin dışarıya iletildiği katmandır. Girdi ile çıktı katmanları arasında katman varsa bu katmanlara gizli katman (hidden layer) adı verilir. Bir yapay sinir ağında gizli katman olması gerekmediği gibi, birden fazla gizli katman da bulunabilir [13].

Yazında hemen hemen tüm çalışmalarda girdi katmanı, girdilerin ağı girmesinde bir kapı işlevi görmesi nedeniyle katman olarak sayılmamaktadır.

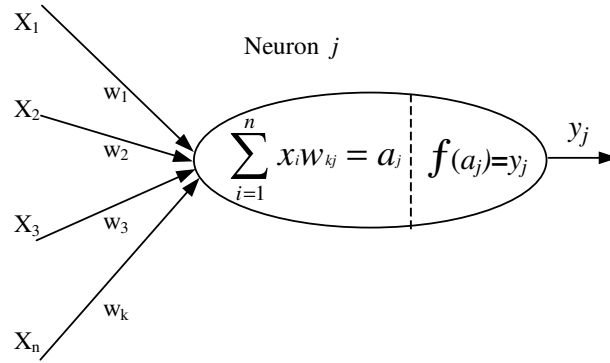
Bundan dolayı girdi katmanı ile birlikte 3 katmandan oluşan ağ iki katmanlı ağ olarak kabul edilir.

Ağırlıklar: Bir yapay sinir ağındaki en önemli unsurlardan biri de bağlantılardır. Neuronların bir birlerine veri aktarımını sağlayan bağlantılar aynı zamanda bir ağırlık (weight) değerine sahiptirler. Ağırlıklar bir neuronda girdi olarak kullanılacak değerlerin göreceli kuvvetini (matematiksel katsayısını) gösterir. Yapay sinir ağı içinde girdilerin neuronlar arasında iletimini sağlayan tüm bağlantıların farklı ağırlık değerleri bulunmaktadır. Böylelikle ağırlıklar her işlem elemanının her girdisi üzerinde etki yapmaktadır [8].

3.3. Yapay Sinir Ağı'nın İşleyişi

Yapay sinir ağı işleyişi kabaca incelenecek olursa, girdiler, girdi katmanından ağı girer, bağlantılar aracılığıyla çıktı katmanına ulaşınca kadar her neuronda işlenerek bir neurondan diğerlerine geçirilir.

Yapay sinir ağı'nın bu işleyişinde ve öğrenme yeteneğini ortaya çıkmasında neurona ait iki fonksiyon ve ağırlıkların değiştirilmesinde kullanılan öğrenme algoritmaları (learning algorithms) önemli rol oynar. Neuronun bilgi işleme faaliyetini yerine getirmesi bir toplam fonksiyonu diğer geçiş fonksiyonu olmak üzere iki fonksiyon tarafından gerçekleştirilir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Toplam ve geçiş fonksiyonu.

3.3.1. Toplam Fonksiyonu

Toplam fonksiyonunun neurona gelen tüm girdilerin ağırlıklı toplamını almak şeklinde basitçe ifade edebileceğimiz bir görevi bulunmaktadır. Bu amaçla hücreye ait (j) adet girdinin değeri (x_i) ile bu girdilerin ağırlık değerleri (w_{ij}) çarpılarak, toplamı (a_j) alınır.

$$\sum_{i=1}^n x_i \cdot w_{kj} = a_j \quad (3.1.)$$

Bu toplam neurona gelen toplam ağırlıklı uyarıyı oluşturur. Bu toplam değer daha sonra geçiş fonksiyonu tarafından işlenecektir. Toplam fonksiyonunun Max, Min, And ve Or gibi değişik şekilleri de bulunmaktadır [14].

3.3.2. Geçiş Fonksiyonu

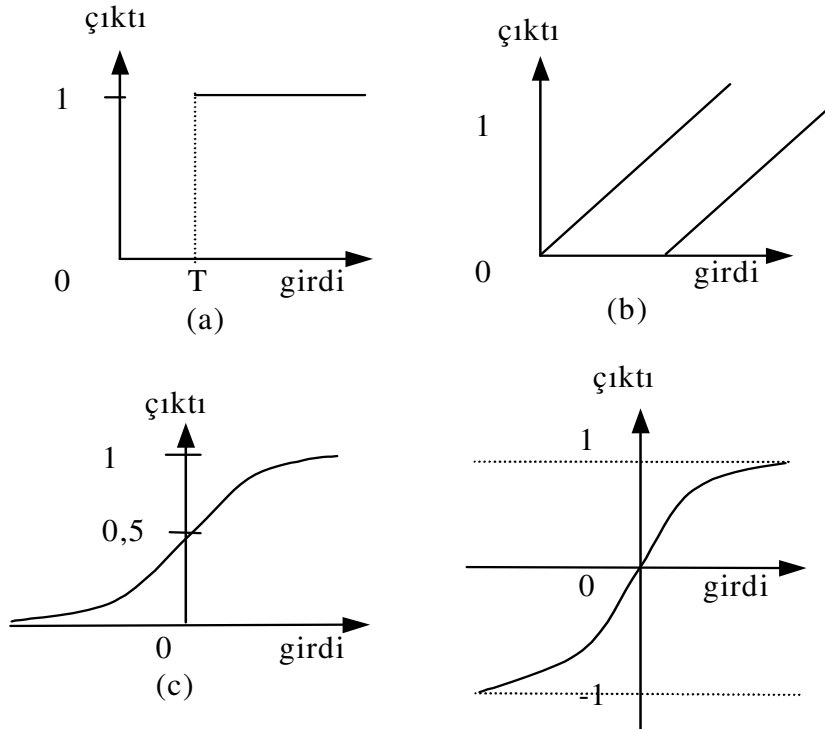
Toplam fonksiyonu bir neuron'un ne düzeyde uyarılacağını belirleyen bir fonksiyondur [12]. Bir neuron'un hangi uyarılma düzeyinden sonra çıktı (y_j) üreteceği ve çıktının uyarılma düzeyi ile ilişkisi ise, geçiş fonksiyonu tarafından belirlenmektedir.

$$f(a_j) = y_j \quad (3.2.)$$

Bu ilişki çıktının hangi aralıklarda olacağını belirlemesi açısından da önemlidir. Çünkü toplam fonksiyonu tarafından üretilen değer oldukça büyük olabilir ve değer çıktı için kullanıldığında, birkaç katman sonra çıktı değeri çok büyük değerlere ulaşacağı için çıktının 0, 1 veya bazen -1, +1 aralığına dönüştürülmesi gerekmektedir [8].

Geçiş fonksiyonu olarak sıklıkla kullanılan fonksiyonlar (Şekil 3.5.):

- i. İkili (binary) veya eşik fonksiyonu,
- ii. Doğrusal fonksiyon,
- iii. Sigmoid fonksiyon,
- iv. Hiperbolik Tanjant Fonksiyonu'dur.



Şekil 3.5. Değişik geçiş fonksiyonları.

Ayrıca bu fonksiyonların formül eşitlikleri Çizelge 3.1. de verilmiştir.

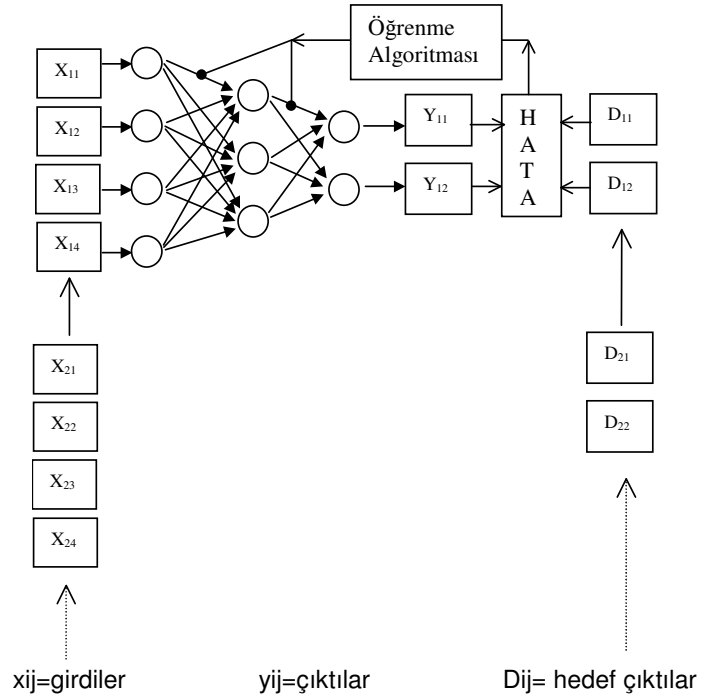
Çizelge 3.1. Dönüşüm Sürecinde Kullanılan Aktivasyon Fonksiyonları.

AKTİVASYON FONKSİYONLARI	
Fonksiyon Adı	Fonksiyon Eşitliği
Lineer	$f(s) = s$
Sigmoid	$f(s) = 1 / (1 + \exp(-s))$
Hiperbolik Tanjant	$f(s) = (1 - \exp(-2s)) / (1 + \exp(-2s))$
Radial Tabanlı Fonksiyon	$f(s) = \exp(-s^2 / 2)$

3.4. Yapay Sinir Ağında Öğrenme ve Öğrenme Algoritmaları

Basitçe ifade etmek gerekirse bir yapay sinir ağı "hata yaparak" öğrenir. Yapay sinir ağının öğrenme sürecinde temel olarak üç adım bulunmaktadır (Şekil 3.6.).

- Çıktıları hesaplamak,
- Çıktıları hedef çıktılarla karşılaştırmak ve hatayı hesaplanmak,
- Ağırlıkları değiştirerek süreci tekrarlamak.



Şekil 3.6. Öğrenme süreci ve öğrenme algoritması.

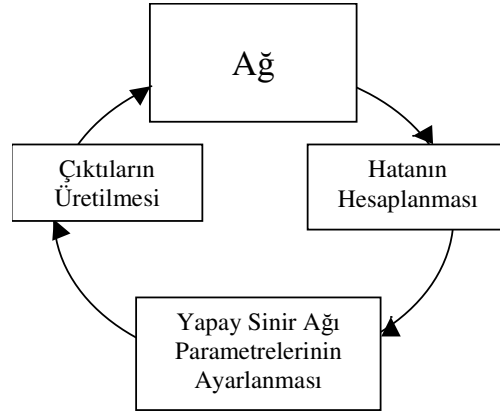
Yapay sinir ağı öğrenme sürecinde, gerçek hayattaki problem alanına ilişkin veri ve sonuçlardan, bir başka deyişle örneklerden yararlanır. Gerçek hayattaki problem alanına ilişkin değişkenler yapay sinir ağının girdi dizisini, bu değişkenlerle elde edilmiş gerçekte hayata ilişkin sonuçlar ise yapay sinir ağının ulaşması gereken hedef çıktıların dizisini oluşturur. Bu eğitim setindeki girdi ile çıktı arasındaki ilişkiyi belirleyen örüntü, yapay sinir ağının öğrenmesi istenen örüntüdür ve yapay sinir ağının ağırlık değerleri bu örüntüyü yansıtır. Yapay sinir ağının eğitilebilmesi için çok sayıda girdi ve girdilere ilişkin çıktı dizisine gereksinim duyulur. Yapay sinir ağının eğitilmesinde kullanılan girdi ve çıktı dizileri çiftinden oluşan verilerin tümüne "eğitim seti" adı verilir [13].

Yapay sinir ağının öğrenme sürecinde yapılan temel iş, ağırlık değerlerinin değiştirilmesidir. Amaç tüm girdi dizileri için çıktı dizisinin doğrulukla üretilebileceği şekilde yapay sinir ağının ağırlıklarının düzenlenmesidir [15]. Bunu neurona gelen girdilerin katsayılarının düzenlenmesi olarak görmek mümkündür. Böylelikle yapay sinir ağı, kullanılan girdi ve çıktılara bağlı olarak, gerçek hayattaki örüntüyü temsil eder duruma gelmektedir.

Öğrenme sürecinde yapay sinir ağının istenen çıktıları üretecek şekilde ağ içindeki ağırlıkların düzenlenmesini sağlayan mekanizma "öğrenme algoritması" (learning algorithm) veya "öğrenme kuralı" (learning rule) olarak adlandırılır (Şekil 3.6.) [16].

Öğrenme sürecinin başlangıcında yapay sinir ağının ağırlıkları rastgele atanmış durumdadır. Girdiler, girdi katmanından başlayarak gizli katmanlara ve çıktı katmanına işlenerek geçirilir. Böylelikle yapay sinir ağı, ağırlıklar ile toplam ve geçiş fonksiyonlarının etkisi altında bir çıktı dizisi üretmiş olur. Bu çıktılar ile hedef çıktılar arasında hesaplanan fark "hata" olarak adlandırılır. Bu hata, yapay sinir ağının ağırlıkları ile istenen çıktılar arasındaki farkın giderilmesi için ağ içinde kullanılmaktadır (Şekil 3.7.) [17].

Eğitim sırasında yapay sinir ağının ağırlıklarının derece, derece değiştirilmesi ve yapay sinir ağının istenen çıktıları üretecek şekilde uygun ağırlıkların bulunması süreci, çok sayıda tekrarlanan döngüler gerektirir [16]. Eğitim setinin bu döngü içinde ya pay sinir ağından bir defa geçmesi devir (epoch) olarak adlandırılır [17]. Bir yapay sinir ağının öğrenme sürecinin tamamlanması için gerekli devir sayısı oldukça değişkendir. Tanınması gereken örüntü karmaşılaştıkça gerekli devir sayısı artar, ancak kullanılan yapay sinir ağı mimarisi ve öğrenme algoritması da devir sayısını belirleyen önemli bir etkidir.



Şekil 3.7. Öğrenme sürecinde hatanın hesaplanması.

Yapay sinir ağlarında, kullanılan öğrenme algoritmaları üç grupta incelenmektedir [18].

- i. Öğreticili öğrenme (Supervised Learning): Öğreticili öğrenmede bir dış öğreticinin ağa her bir girdi için ağın üretmesi beklenen "doğru" sonuçları hedef çıktı olarak verdiği düşünülür. Bu öğrenmede ağın ürettiği çıktılar ile hedef çıktılar arasındaki fark hata olarak ele alınır ve bu hata minimize edilmeye çalışılır [19].
- ii. Öğreticisiz Öğrenme (Unsupervised Learning): Bu tür öğrenmede ağa sadece girdiler verilir. Ağın ulaşması gereken hedef çıktılar bulunmaz. Ağ bu girdiler

arasındaki ilişkiyi bir başka ifadeyle girdi setindeki örüntüyü öğrenmeye çalışır. Böylelikle ağ kendini girdi setindeki örüntüye uyumlaştırır [19].

- iii. Takviyeli öğrenme (reinforcement training) yöntemi öğreticili öğrenme yöntemine benzetmekle birlikte, ağa hedef çıktılar yerine, ağın çıktılarının ne ölçüde doğru olduğunu belirten bir skor veya derece bildirilir [20].

Kullanılan çok sayıda öğrenme algoritması bulunmaktadır. Yapay sinir ağının mimarisine, karşılaşılan sorunun niteliğine göre farklılık gösteren bu öğrenme algoritmalarının yüzden fazla çeşidi bulunmakla beraber en çok kullanılan öğrenme algoritmaları:

- i. Hebb,
- ii. Delta,
- iii. Geri Yayılma (Genelleştirilmiş Delta),
- iv. Kohonen,
- v. Hopfield,
- vi. Enerji fonksiyon.

Bu öğrenme algoritmaları içinde ilk ortaya çıkmasından dolayı Hebb algoritması, Delta ve çok yaygın olarak kullanılan Geri yayılım algoritması (Backpropagation) aşağıda açıklanmıştır [21].

i. Hebb Algoritması

1949 yılında kanadalı psikolog Donald Hebb tarafından biyolojik temele dayalı olarak geliştirilmiş olan Hebb algoritması en eski ve en ünlü öğrenme algoritmasıdır. Bu öğrenme algoritması basit bir mantığa dayanmaktadır: Eğer neuron (A) başka bir neuron' dan (B) girdi alıyorsa ve her ikisi de aktifse, (A) ve (B) arasındaki ağırlık artar [22].

ii. Delta Algoritması

Delta algoritması ilk olarak Widrow ve Hoff tarafından geliştirilmiş daha çok mühendislik kökenli bir algoritmadır. Bu algoritma en küçük kareler kuralı olarak da bilinmektedir (Least-Mean-Square Rule LMS) [23].

Bu algoritma, hata karelerinin ortalamasını alarak, bu değerin en küçük olduğu çözümü bulmaya amaçlar [23].

Delta algoritması hataların karesinin en küçük olduğu noktayı bulurken dereceli azaltma yöntemini (gradient descent) kullanmaktadır. Bu yöntemde, hata kareleri, koordinatlarını

ağırlıkların oluşturduğu uzayda bir çanak oluşturmaktadır. Delta algoritması mevcut ağırlık vektörünü bulunduğu konumdan hatanın en küçük olduğu çanağın dibine doğru ilerletir [24].

iii. Geri yayılım Algoritması

Geri yayılma algoritması veya bir başka adıyla Genelleştirilmiş Delta Algoritması belki de en çok kullanılan öğrenme algoritmasıdır. Hata ağdaki ağırlıkların bir fonksiyonu olarak görülür ve hataların kareleri ortalaması delta algoritmasında olduğu gibi dereceli azaltma (gradient descent) yöntemi kullanılarak, minimize edilmeye çalışılır [24].

3.5. Yapay Sinir Ağı Mimarileri

Yapay sinir ağlarında, neuronlar arası bağlantı farklılıklarından kaynaklanan, değişik yapay sinir ağı mimarileri bulunmaktadır. Bu mimariler arasında performans ve karakteristik özellikleri bakımından farklar bulunmaktadır. Mimari farklılıklar özellikle ağın modelleme yeteneğini belirledikleri için oldukça önemlidirler. Yapay sinir ağının tasarımı aşamasında bu mimariler arasından uygulamaya en elverişli olanı seçilir. Mimarilerin hangi alanlarda uygulanmaya daha elverişli oldukları yapay sinir ağının geliştirilmesi konusunda işlenecek olduğundan burada tekrara yer verilmeyerek sadece mimariler tanıtılacaktır.

3.5.1. İleri Beslemeli Ağlar

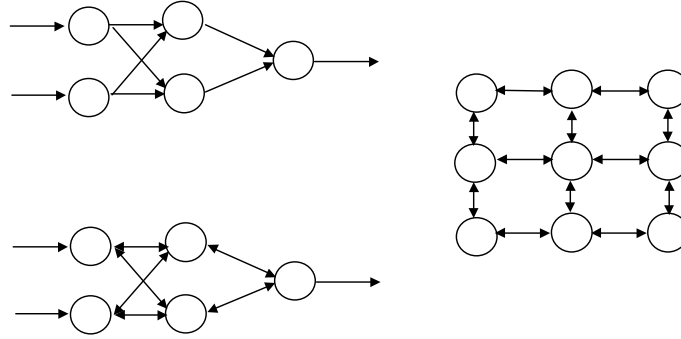
İleri beslemeli ağlarda, işlem elemanları birbiri ardı sıra sıralanırlar. Girdiler dışarıdan ya da bir önceki neurondan alınır; neuronların çıktıları da bir sonraki neurona veya dışarıya verilir (Şekil 8 a). Bu ağlarda, neuronun önceki veya aynı katmandaki herhangi bir neurona bağlantısı ve veri iletimi söz konusu değildir. Bu mimarilerde ağın çıktısı, tamamen ağa giren girdilere bağlıdır. İleri beslemeli ağlar herhangi bir dinamiklik özelliği taşımazlar ve gösterdikleri özellik bakımından doğrusal ve doğrusal olmayan kararlı problem alanlarına uygulanabilirler [25].

3.5.2. Geri Beslemeli Ağlar

Geri beslemeli ağlarda işlem elemanlarının çıktıları daha gerilerdeki işlem elemanlarına girdi olarak kabul edilir (Şekil 8 b) . Geri beslemeli ağları ileri beslemeli ağlardan ayıran temel özellik, bu tip mimariyle oluşturulan ağlar dinamik doğrusal olmayan sistemleri, özellikle doğrusal olmayan diferansiyel denklemleri modelleyebilmeleridir [25].

3.5.3. Hücresel Bağlantılı Ağlar

Hücresel bağlantılı ağlarda ise, bir işlem birimi sadece komşu bir işlem birimiyle bağlantılıdır. Bu tip mimariye bir hücre, komşusu olmayan hücrelerle ancak dolaylı ilişki içinde olabilmektedir. Hücreler arası bağlantı karşılıklı (iki yönlü) olmasından dolayı bir işlem elemanı kendi çıktısından da uyarılabilmektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Temel yapay sinir mimarileri.

3.6. Yapay Sinir Ağı Geliştirme ve Eğitim

Geleneksel bilgisayar uygulamalarının geliştirilmesinde karşılaşılan durum, bilgisayarın belli bilgisayar dilleri aracılığıyla ve kesin yazım algoritmalarına uygun ifadelerle programlanmasıdır. Bu oldukça zaman alan, uyumluluk konusunda zayıf, teknik personel gerektiren, çoğu zaman pahalı olan bir süreçtir. Oysa biyolojik temele dayalı yapay zeka teknolojilerinden biri olan yapay sinir ağlarının geliştirilmesinde programlama, yerini büyük ölçüde "eğitime" bırakmaktadır [25].

Yapay sinir ağının geliştirilmesi sürecinde her biri bir aşama olan, ağın yapısına ve işleyişine ilişkin şu kararların verilmesi gerekir [26].

- i. Ağ mimarisinin seçilmesi ve yapı özelliklerinin belirlenmesi (katman sayısı, katmandaki neuron sayısı gibi),
- ii. Neurondaki fonksiyonların karakteristik özelliklerinin belirlenmesi,
- iii. Öğrenme algoritmasının seçilmesi ve parametrelerinin belirlenmesi,
- iv. Eğitim ve test verisinin oluşturulması.

3.7. Yapay Sinir Ağının Geliştirilmesi Aşamaları

3.7.1. Mimarinin Seçilmesi

Yapay sinir ağı geliştirilmesi sürecinde mimarinin seçilmesi büyük ölçüde ağda kullanılması düşünülen öğrenme algoritmasına bağlıdır. Ağda kullanılacak öğrenme algoritması seçildiğinde bu algoritmanın gerektirdiği mimaride zorunlu olarak seçilmiş olacaktır [25]. Örneğin geri yayılım algoritması ileri beslemeli ağ mimarisi gerektirir.

Yapay sinir ağıının mimarisine ilişkin belirlenmesi gereken özelliklerden biri de sinir ağıında bulunacak katman sayısıdır. Yapay sinir ağıında bulunan katman sayısıyla yapay sinir ağıının gösterdiği istatistiksel özellikler arasında önemli bir bağlantı bulunmaktadır.

Yapay sinir ağıları, özellikle bir girdinin A veya B gibi herhangi bir sınıfa ait olup olmadığı araştırıldığında bu istatistiksel özelliklerini sergileyebilmektedirler. Yapay sinir ağı eşik değerine sahip ve tek katmanlı bir yapı oluşturduğunda, doğrusal olarak ayrılabilen iki sınıflı örneklemini sınıflandırmak için kullanılabilir. İki katmandan oluşan bir ağı ise her bir katman girdi uzayını bir düzlemlle böldüğünden, bir çok düzlemin oluşturduğu dışbükey açık veya dışbükey kapalı bir girdi uzayını bölümleyebilir. Üç katmanlı bir ağı girdi uzayını dışbükey olmayan ve parçalı bir biçimde bölümleyebilme yeteneğı taşır [27].

Yapay sinir ağıının tasarımı aşamasında, tasarımcı sorun alanına ilişkin girdi-çıkıtı ilişkisinin göstermiş olduğu istatistiksel özelliğı bağli olarak ağıdaki katman sayısına karar verecektir. Ancak çoğı problem alanı için 2 veya 3 katmanlı bir ağı tatmin edici sonuçlar üretebilmektedir.

Ağıın yapısal özelliklerinden biri de her bir katmandaki neuron sayısıdır. Katmandaki neuron sayısının tespitinde genellikle deneme-yanılma yöntemi kullanılır. Bunun için izlenecek yol, başlangıçtaki neuron sayısını istenilen performansa ulaşınca kadar arttırmak veya tersi şekilde istenen performansın altına inmeden azaltmaktır. Bir katmanda kullanılacak neuron sayısı olabildiğince az olmalıdır. Neuron sayısının az olması yapay sinir ağıının "genelleme" yeteneğini arttırırken, gereğinden fazla olması ağıın verileri ezberlemesine neden olur. Ancak gereğinden az neuron kullanılmasının verilerdeki örüntünün ağı tarafından öğrenilememesi gibi bir sorun yaratabilir [25].

3.7.2. Neuronun Karakteristik Özellikleri

Neuronun geçiş fonksiyonunun seçimi büyük ölçüde yapay sinir ağıının verilerine ve ağıın neyi öğrenmesinin istendiğıine bağlıdır. Geçiş fonksiyonları içinde en çok kullanılanı sigmoid ve hiperbolik tanjant fonksiyonlarıdır. Daha önce belirtildiğıi gibi sigmoid fonksiyonun çıkıtı aralığı 0 ve 1 arasında olurken, hiperbolik tanjant fonksiyonunun çıkıtısı -1 ve 1 aralığında oluşmaktadır. Eğer ağıın bir modelin ortalama davranışını öğrenmesi isteniyorsa sigmoid fonksiyon, eğer ortalamadan sapmanın öğrenilmesi isteniyorsa hiperbolik tanjant fonksiyon kullanılması önerilmektedir [25].

3.7.3. Öğrenme Algoritmasının Seçimi

Yapay sinir ağının geliştirilmesinde kullanılacak çok sayıda öğrenme algoritması bulunmaktadır. Bunlar içinde bazı algoritmaların bazı tip uygulamalar için daha uygun olduğu bilinmektedir. Bu algoritmalar eğer uygun oldukları uygulama alanlarına göre sınıflandırılacak olursa, gruplar ve içinde yer alacak öğrenme algoritmaları Çizelge 3.2. ' de özetlenmiştir.

Çizelge 3.2. Öğrenme algoritmaları ve uygulandıkları alanlar.

Uygulama Tipi	Yapay Sinir Ağı
Öngörü Tanıma	• Geri yayılım • Delta Bar Delta • Geliştirilmiş Delta Bar Delta • Yönlendirilmiş Rastsal Tarama • Geri yayılım içinde Self Organizing Map • Higher Order Neural Networks
Sınıflandırma	• Learning Vektor Quantization • Counter-Propagation • Olasılıklı Yapay Sinir Ağları
Veri İlişkilendirme (Data Association)	• Hopfield • Boltmann Makinesi • Bidirectional Associative Memory • Spation -temporal Pattern Recognition
Veri Kavramlaştırma (Data Conceptualization)	• Adaptive Resonance Network • Self Organizing

Yapay sinir ağları belki de en çok öngörü amacıyla kullanılmaktadır. Öngörü için kullanılan yapay sinir ağları içinde de en yaygın olarak kullanılanı geri yayılım algoritmasıdır [28].

Geri yayılım algoritması ileri beslemeli ve çok katmanlı bir ağ mimarisini gerektirmektedir.

3.7.4. Eğitim ve Test Verisinin Oluşturulması

Yapay sinir ağı geliştirme sürecinde veriler ikiye ayrılır; bir bölümü daha önce belirtildiği gibi ağın eğitilmesi için kullanılır ve eğitim seti adını alır, diğer bölümü ağın eğitim verileri dışındaki performansını ölçmede kullanılır ve test seti olarak adlandırılmaktadır [25].

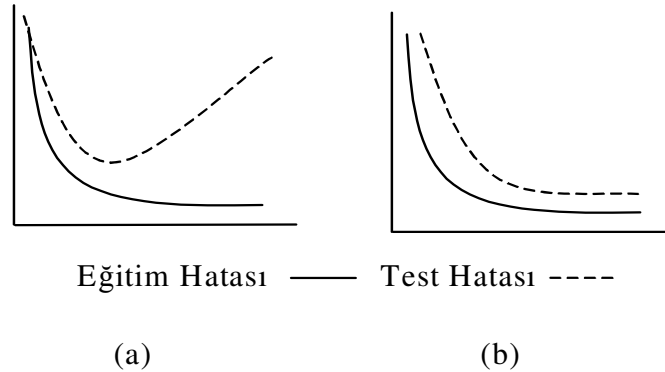
Eğitim ve test setleriyle ilgili temel sorun yeterli eğitim ve test verisinin miktarının ne olduğudur. Sınırsız sayıda verinin bulunabildiği durumlarda, yapay sinir ağı mümkün olan en çok veriyle eğitilmelidir. Eğitim verisinin yeterli olup olmadığı konusunda emin olmanın yolu; eğitim verisinin miktarının arttırılmasının, ağın performansında bir değişiklik yaratmadığı noktaya kadar, veri miktarının arttırılmasıdır. Ancak bunun mümkün olmadığı durumlarda yapay sinir ağının eğitim ve test verileri üzerindeki performansının yakın olması da verilerin sayıca yeterli olduğuna ilişkin bir gösterge olarak kabul edilebilir. Bununla birlikte eğitim setinin içermesi

gereken veri miktarı değişik yapay sinir ağı modellerine göre ve özellikle problemin gösterdiği karmaşıklığa göre farklılık gösterebilmektedir [25].

3.8. Yapay Sinir Ağının Eğitimi ve Testi

Eğitim süreci sonucunda yapay sinir ağında hesaplanan hatanın kabul edilebilir bir hata oranına inmesi beklenir. Ancak hata kareleri ortalamasının düşmesi her zaman için yapay sinir ağının genellemeye (generalization) ulaştığını göstermez. Yapay sinir ağının gerçek amacı girdi-çıkı örnekleri için genellemeye ulaşmaktır.

Genelleme, yapay sinir ağının eğitimde kullanılmamış ancak aynı evrenden gelen girdi-çıkı örneklerini ağın doğru bir şekilde sınıflandırabilme yeteneğidir. İstatistiksel açıdan genelleme bir uygun eğrinin bulunması (curve-fitting) veya doğrusal olmayan ara değer atama işi (interpolation) olarak görülebilir. Ancak ağ gereğinden fazla girdi-çıkı ilişkisini öğrendiğinde, ağ verileri "ezberlemektedir" (memorization). Bu durum genellikle gereğinden fazla gizli katman kullanıldığında verilerin synaptic bağlantılar üzerinde saklanması veya gereğinden fazla veri kullanılarak eğitilmesinden (overtraining) kaynaklanmaktadır. Ezberleme, genellemenin iyi gerçekleşmediğini ve girdi-çıkı eğrisinin düzgün olmadığını gösterir. [34]. Verilerin ezberlenmiş olması yapay sinir ağı için istenmeyen bir durum olup, verileri ezberleyen ağı ait eğitim hatası oldukça düşme, test verilerinde ise hata artma eğilimi gösterir. Bundan dolayı bir çok yapay sinir ağı yazılımı ağın eğitim ve test verilerine ait hataları grafik olarak göstermektedir. Verileri ezberleyen ağ gerçek hayattaki örüntüyü iyi temsil edemeyeceği için kullanılamaz. Şekil 3.9.-a 'da ağ verileri ezberlediği için eğitim hatası azalma, test hatası ise artma eğilimi göstermektedir. Şekil 3.9-b 'de ise ağ kabul edilebilir bir genellemeye ulaşmıştır.



Şekil 3.9. Verileri ezberleyen ve iyi genellemeye ulaşan ağlardaki hata eğrileri.

YSA modellerinin başlıca faydaları arasında,

1. İstatistik ve başka modelleme teknikleri için gerekli olan veri ile ilgili kabullerin bulunmaması
2. Doğrusal olmayan çok giriş ve çok çıkışlı sistemlerin kolayca modellenebilmesi
3. Değişkenlerin dönüşümlerinin otomatik olarak yapılması sayılabilir. Ancak buna karşılık,

YSA 'ların mahzurları da vardır. Bunlar,

1. Eğer fazla uyum sağlıyorsa bu rastgelelik arz edebilir.
2. Giriş ve çıkış değişkenlerinin ikişerli ilişkilerinin bilinmesi mümkün değildir. Her YSA modeli kendi içinde ayrıntılı olan bir kara kutudur. Bağlantı değerlerine olayın fiziği ile ilgili olabilecek anlamlar vermek mümkün değildir. Güvenilir sonuçlar alabilmek için fazla veri sayısına ihtiyaç vardır[6].

3.9. Yapay Sinir Ağı Kullanım Alanları

Yapay sinir ağları aşağıdaki özellikleri gösteren alanlarda kullanıma uygun bir araçtır [25].

- i. Çok değişkenli problem uzayı,
- ii. Probleme ilişkin değişkenler arasında karmaşık etkileşim,
- iii. Çözüm uzayının bulunmaması, tek bir çözümün olması veya çok sayıda çözüm bulunması.

Yapay sinir ağlarının mühendislik uygulamaları aşağıdaki gibi sıralanabilir[29].

- Yorumlama
- Tahmin
- Teşhis
- Planlama
- Monitoring
- Vision
- Onarım
- Kontrol
- Sınıflandırma
- Pattern tanıma
- Yazıyı konuşmaya dönüştürme
- Karakter tanıma
- El Yazısı tanıma
- Bomba dedektörü
- Robotik
- Sinyal ve image işleme
- Kalp atışlarını tanıma ve epilepsi teşhisi
- Optimizasyon

4. İZMİR KENTSEL SU KULLANIMLARININ YSA İLE TAHMİN EDİLMESİ

4.1. İzmir İçme Suyu Sisteminin Tarihçesi

4.1.1. Antik Çağ

İ.Ö. 3000 yıllarında Bayraklı yakınlarında kurulan İzmir'e ait kalıntılar Tepekule kazıları ile ortaya çıkarılmıştır. Burada su ile ilgili tek kalıntı olarak bir çeşme bulunmuştur. Şehir daha sonra İ.Ö. 4. yüzyılda Kadifekale eteklerinde yeniden kurulmuş ve bu kesimde gelişmiştir. İlk kuruluş yıllarında İzmir kentinin su ihtiyacı kentin yakınlarında bulunan pınarların derlenerek şehre bağlanmasıyla karşılanmıştır. Buca civarındaki pınarların derlenerek şehre iletimini sağlayan sistemin Melez çayını geçtiği Buca Nato tesisleri yanındaki Antik çağ Roma dönemine ait (İ.Ö. 300) Şirinyer su kemerleri ve Gürçeşme ile Kadifekale arasındaki Vezirağa su kemerleri bu dönemlerin en önemli su yapılarıdır. Her iki kesimdeki su kemerleri ile su Kadifekale eteklerinde yer alan eski İzmir yerleşim alanına ve Roma döneminin pazaryeri olan Agora'ya kadar iletilmekteydi. Kentin eski çağlarında Diana hamamı kalıntılarının yer aldığı Halkapınar kaynak gölünden suyun küçük kapasiteli kil künklerle kente iletilip kullanıldığına ilişkin izler bulunmaktadır. Agora'ya su Halkapınar' dan 150 mm çaplı künkler ile getirilmiş olup ortalama debisi 5-10 l/s civarındadır.

4.1.2. Osmanlı Dönemi

İzmir' deki ilk modern su derleme ve iletim sistemi Osmanlı İmparatorluğu döneminde 1652 ile 1657 yılları arasında Vezir Osmanağa tarafından yaptırılan sistemdir. Buca yakınlarındaki 4 ayrı pınardan derlenen su önce bir sarnıçta toplanmış daha sonra 800 m' lik kargir bir iletim yapısı ile Şirinyer'de yer alan 2000 m' lük su deposuna bağlanmıştır. Buradan alınan su ilk yapıldığında toprak künklerle daha sonra pik boru ile Melez çayı vadisini izleyerek 5 km' lik bir boru hattı ile Yeşildere, Basmane, Tilkilik, İkiçeşmelik ve Konak semtlerine getirilmiştir. Vezir Osmanağa su sistemi zamanın padişahlarınca 1200 ailenin kullanımı ile bazı sokak çeşmelerine bağlanmıştır. 1927 yılında onarılan sistem 70'li yıllara dek zayıflayarak hizmet vermiştir. Başlangıçta debisi 100-150 l/s civarında olan sistemin Buca'da açılan kuyularla debisi 20-40 l/s ye düşmüş ve 70'li yılların sonunda tümü ile tükenmiştir.

19. yüzyıl sonlarında İzmir'de yaşanan şiddetli su yetersizliği nedeniyle yeni su kaynakları araştırılmış ve Halkapınar kaynaklarının derlenerek kente verilmesi kararlaştırılmıştır. O tarihlere kadar içinde tarihi Diana hamamlarının kalıntıları bulunan Halkapınar kaynak gölünden boşalan pınar suyu bir açık kanal ile Halkapınar metro istasyonu yakınlarına ulaşır ve buradan da denize boşalırdı.

1686 ile 1897 yılları arasında bir Belçika firmasınınca yapılan bir ana sarnıç, pompa istasyonu 89 m kotundaki 10000 m³ kapasiteli bir depo ile Halkapınar kaynaklarından ilk defa modern bir

sistemle su derlenmiş ve kente verilmiştir. Sisteme daha sonra 1905 yılında 157 m kotunda 600 m³'lük bir depo ilavesi de yapılmıştır.

4.1.3. Cumhuriyet Dönemi

1897 yılında Halkapınar kaynaklarının Belçika firmasınca kente bağlanmasından 47 yıl sonra 1944 yılında sistem İzmir Belediyesine devredilmiş ve genişletilmeye başlanmıştır.

Karşıyaka'nın kuzeyindeki Yamanlar dağında Sancaklıköy yakınlarındaki pınarlardan suyun derlenerek Karşıyaka'ya verilmesi çalışmaları 1932 yılında bir Fransız firmasınca gerçekleştirilmiştir. 400 ila 830 m kotlarından derlenen su 150 mm çaplı 6 km'lik bir pik boru ile Yamanlar su deposuna iletilir ve kullanıma sunulur. Ortalama debisi 10 l/s olan pınarlar 60'lı yıllara kadar Karşıyaka'nın ihtiyacı tümüyle karşılanmış, bu yıllardan itibaren yetersiz kalmaya başlayınca Karşıyaka artan oranda Halkapınar kaynaklarından desteklenmeye başlanmıştır. 70'li yılların sonunda Yamanlar suyu kaynakları tümü ile şebekeden ayrılmış iyi nitelikli içme suyu olarak pazarlanmaya başlanmıştır.

4.2. İzmir İçme Suyu Projesi Öncesi Çalışmalar

İzmir içme suyu projesinin uygulanmasından önce 6 ayrı yerleşim biriminde yer alan toplam 8 pınarın suyu derlenerek kente verilmekteydi. Bunlar Bornova'nın kuzeyindeki 1,7 l/s debili Çatalçeşme ve 6 l/s debili Deli Süleyman pınarları; Buca'da merkezin 5 km güneydoğusundaki 10 l/s debili Kangöl pınarı, Çamdibinde 1970 yılında bir kaptajla derlenen 70 l/s debili Çamdibi pınarları; Çiğli'de Yamanların eteklerinde bulunan 2 l/s debili Sırtlankaya pınarı; Gaziemir'de toplam 1,3 l/s debili Köprüaltı ve Bruşo pınarları ile 0,5 l/s debili Gariban pınarları; Işıkkent'te 1 l/s debili Meryem pınarlarıdır. Bütün bu pınarlarla kente toplam 93 l/s, 3 hm³ / yıl su sağlanmıştır. 1970 yılı öncesinde kente su veren pınarların zaman içinde bir bölümünün iyi nitelikli su olarak kullanılması, bir bölümünün de debilerinin azalması sonucu kentin içme suyu sistemi içinde önemlerini kaybetmişlerdir.

Buca' da bulunan 3 yeraltı suyu kuyusundan ortalama 150 l/s, Pınarbaşı kaynaklarından ortalama 50 l/s, Güzelbahçe'de açılan 4 kuyudan ortalama 150 l/s ve Bornova ovasının çeşitli kesimlerinde yer alan kuyularla Bornova yeraltı suyundan ortalama 150 l/s olmak üzere, İzmir Kentine yılda toplam 600 l/s (19 hm³/yıl) içme ve kullanma suyu verilmiştir.

70'li yılların başında Halkapınar kaynaklarının veriminin yağışlara bağlı olarak düşmesi ve kentin artan içme suyu ihtiyacına cevap veremez olması nedeniyle çok sayıda derin kuyular açılarak kaynak verimi artırılmıştır. 1970 yılında ortalama pınar debisi 1200 l/s, yıllık verim 38 hm³ olarak belirlenmiştir. 1973 yılında açılan derin kuyularla kaynak debisi 1600 l/s ye daha sonra da 1800 l/s kadar artırılmıştır. Kaynakların yıllık ortalama güvenilir potansiyeli 45 hm³

olup ortalama debi 1450 l/s' dir.

Halkapınar kaynağının, yakın çevrede yer alan pınar ve yeraltı suyu kuyularının İzmir kenti içme suyu ihtiyacını karşılayamaz duruma gelmesi üzerine, kente en yakın kaynak olan Menemen yeraltı suyu'nun kullanımı gündeme gelmiştir. 1973 yılından itibaren başlayan yeraltı suyu geliştirme çalışmaları sonucunda Acil İçme Suyu Projesi olarak adlandırılan proje ortaya çıkmış ve Gediz nehrinin Menemen ovasına açıldığı kesimde açılan 21 adet kuyudan 800 l/s, yılda toplam 25 hm³ su İzmir kentine verilmeye başlanmıştır.

İnciraltı ovasını sulamak üzere yapımına başlanan ancak İzmir'in artan su ihtiyacı nedeniyle inşaat sırasında amacı değişen Balçova barajı 1983 yılında tamamlanarak hizmete girmiştir. İzmir kentine su veren ilk yüzeysel su kaynağı olan Balçova barajı nehir tabanından 63,4 m yükseklikte kaya dolgu tipinde bir barajdır. Balçova barajı ile kente ortalama 400 l/s, yılda toplam 12 hm³ içme suyu sağlanmıştır.

4.3. İzmir İçme Suyu Projesi

İzmir Büyükşehir alanındaki evsel ve endüstriyel su ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla DSİ tarafından 1971 yılında Camp-Harris-Mesara firma grubuna İzmir İçme Suyu Projesi Master Planı hazırlattırılmıştır. Bu planda İzmir kentinin 2000 yılına kadar olan içme ve kullanma suyu ihtiyaçlarını karşılayacak tesisler ortaya konulmuştur. 4 ana aşamadan oluşan proje kapsamında, Göksu ve Sarıkız pınarlarının geliştirilmesi 1aşama, Tahtalı barajı ve arıtma tesisleri 2. ve 3. aşama, Güzelhisar barajı 4. aşama ve Medar barajı 5. aşama olarak önerilmiştir. Sonraki yıllarda DSİ'ce yapılan revizyonlarla Güzelhisar barajı İzmir İçme Suyu Projesi kapsamından çıkarılmış, Tahtalı sisteminin 2. kademe de tamamlanması öngörülmüş. Manisa ili Akhisar İlçesindeki Beşgöz ve Akpınar pınarları projeye 3.kademe olarak eklenerek proje 4 aşamaya indirgenmiştir. İzmir kentine bugüne kadar çeşitli kaynaklardan sağlanan içme ve kullanma suyu miktarları Çizelge 4.1.' de özetlenmektedir.

Çizelge 4.1. İzmir Kentine Bugüne Kadar Çeşitli Kaynaklardan Sağlanan İçme ve Kullanma Suyu .

KAYNAK ADI	YILDA SAĞLANAN ORTALAMA SU	
	litre / sn	hm ³
YAKIN ÇEVRE YER ALTI SUYU KUYULARI	600	19
HALKAPINAR KAYNAKLARI	1450	45
MENEMEN YER ALTI SUYU	800	25
BALÇOVA BARAJI	400	12
GÖKSU KAYNAKLARI	2000	63
SARIKIZ KAYNAKLARI	1450	45
TAHTLI BARAJI	4050	128
TOPLAM	10750	337

4.3.1. Sarıkız Göksu Pınarları

Manisa ili Muradiye beldesinin 4 km kuzeydoğusunda yer alan Göksu pınarlarından derin kuyularla alınan su önce 3 km' lik bir boru hattı ile Çullutepe deposuna basılır. Buradan alınan su Gediz nehrinin sağ sahilinden Emiralem regülatörüne kadar gelir burada Gediz nehrini regülatör üzerinden geçen boru hattı sol sahilden devam ederek Menemen yakınlarındaki Yahşelli pompa istasyonuna ulaşır. Burada yükseltile su Yahşelli deposundan itibaren Menemen-İzmir yolunun doğusunda Yamanlar dağı yamaçlarını izleyerek önce Cumhuriyet sonra da Halkapınar deposuna ulaşır. Boru hattının tümü 45 km uzunluğunda olup, maksimum kapasitesi 5,5 m³/sn dir.. Boru hattı üzerinde Çiğli, Cumhuriyet, Yamanlar ve Bayraklı' da 4 ayrı tünel bulunur. Göksu pınarlarından İzmir'e yılda ortalama 63 hm³ (2000 l/s) su alınmaktadır. Göksu pınarlarının kente bağlanması 1988 yılında gerçekleştirilmiştir.

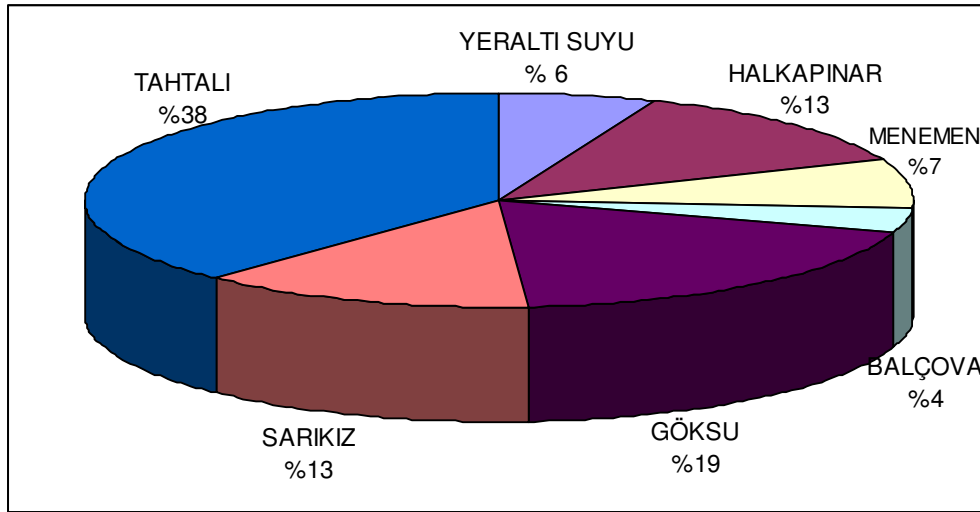
Sarıkız pınarları Manisa ili Saruhanlı ilçesine bağlı Nuriye beldesinin hemen yakınında bulunur. Buradan derin kuyularla alınan su 38 km uzunluğunda bir boru hattı ile Göksu pınarları yakınındaki Çullutepe deposuna bağlanır ve Göksu pınarlarının kente iletimi için inşa edilmiş boru hattını kullanarak kente iletilir. Sarıkız pınarlarından kente yılda ortalama 45 hm³ (1450 l/s) su alınmaktadır. Sarıkız pınarlarının kente bağlanması 1990 yılında gerçekleştirilmiştir.

4.3.2. Tahtalı Barajı ve Arıtma Tesisleri

İzmir içme suyu projesinin 2. kademesini oluşturan Tahtalı sistemi, Tahtalı barajı, Tahtalı su alma yapısı, iletim hattı ve Tahtalı arıtma tesislerinden oluşur. İnşaatına 1986 yılında başlanan Tahtalı baraj nehir tabanından 54,5 m yükseklikte kaya dolgu tipinde bir barajdır. Baraj gölünde 20 Kasım 1996 tarihinde su tutulmuştur. Baraj gölünden suyu alacak olan Tahtalı su alma yapısı 35 m yüksekliğinde 17 m çapında betonarme bir kuledir. Bu yapının içinde bulunan saniyede 6 m ' su basma kapasitesine sahip 6 adet pompa ile baraj gölünden alınan su önce denge bacasına pompalanmaktadır. Buradan itibaren su 2200 mm çapında, 17,5 km uzunluğunda bir boru hattı ile Menderes ilçesi Görece Beldesinde bulunan Tahtalı Arıtma tesislerine

iletilmektedir. Tahtalı Arıtma tesisleri günde 500 000 m³ suyu arıtma kapasitesine sahiptir. Arıtma tesislerinde 4 adet kaskat tipinde havalandırıcı, 6 adet pulsator tipinde durultucu, 20 adet hızlı kum filtre havuzu ve 1 adet 22 000 m³ hacminde su deposu bulunmaktadır. Arıtma tesislerinden çıkan temiz su inşaatı halen devam eden 2 200 mm çapında ve 14,7 km uzunluğundaki bir boru hattı ile Karabağlar ana su deposuna verilecektir. 27 Ağustos 1997 tarihinden itibaren içme ve kullanma suyu verilmektedir.

1993 yılında inşaatına başlanan Tahtalı barajı su alma yapısı ve arıtma tesisleri 4 yılda gibi kısa sayılacak bir sürede tamamlanmış ve İzmir'e su vermeye başlamıştır. Tahtalı barajından İzmir kentine yılda ortalama 128 hm³ (4050 l/s) içme ve kullanma suyu sağlanacaktır. İzmir kentine su sağlayan kaynakların sistem içindeki payları Şekil 4.1. ' de verilmektedir.

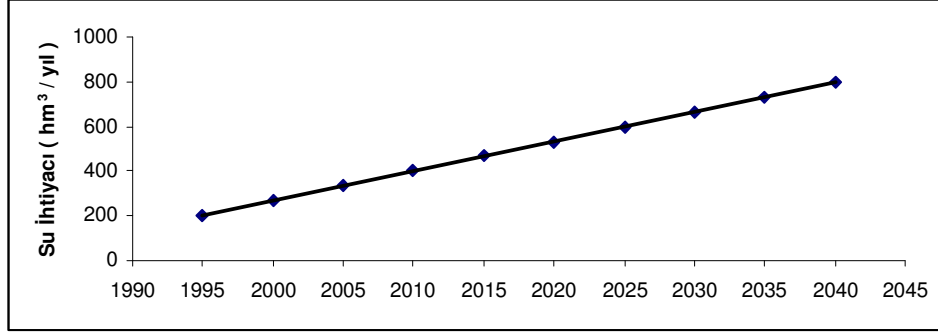


Şekil 4.1. İzmir içine su sağlayan kaynakların sistem içindeki payları.

4.4. İzmir İçme Suyu Revizyonu ve Yeni Su Kaynakları

İzmir İçme Suyu Projesinin Tahtalı barajı ve arıtma tesislerinden sonraki kademesi olan Beşgöz ve Akpınar kaynaklarının geliştirilerek kente iletimi son yıllarda kaynak verimlerinin önemli ölçüde azalmasıyla ertelenmiştir. Kaynak verimlerinin uzun vadede gözlenerek, beklenen verimlerin gerçekleşmesi halinde geliştirme ve iletim çalışmalarına başlanması düşünülmektedir. Projenin 4. kademesi olan Medar barajının çok geniş bir tarımsal alanı su altında bırakıyor olması nedeniyle çevresel faktörler açısından uygun bir proje olmadığı değerlendirilmesini yapan DSİ projenin bu kademesinden vazgeçilmesini kararlaştırmıştır. Son 2 kademesinin ertelenmesi veya iptal edilmesi üzerine İzmir İçme Suyu Projesinin Tahtalı'dan sonraki geleceği için yeni bir çalışma başlatılmıştır. İzmir'in yakın çevresiyle birlikte komşu akarsu havzalarının su kaynaklarını da İzmir'e getirmeyi amaçlayan bir master plan çalışması gerçekleştirilmiştir. İzmir Su Temini Master Plan Raporu adlı bu çalışmaya göre İzmir'in 30 km güneybatısında Güzelbahçe, Seferihisar arasında yeralan Çamlı barajı ilk kaynak olarak

önerilmiştir. Daha sonraki kaynaklar sırasıyla Manisa İli Akhisar İlçesindeki Gördes barajı, Çağlayan barajı ve Başlamış barajı ile Balıkesir sınırları içinde Susurluk havzasının bir parçası olan Simav çayı üzerindeki Düvertepe barajıdır. İzmir kentinin gelecekteki su ihtiyacı projeksiyonu Şekil 4.2'de görülmektedir. İzmir kentine gelecekte çeşitli kaynaklardan sağlanması öngörülen içme ve kullanma suyu miktarları Çizelge 4.2.' de, bu kaynakların sistem içindeki payları ise Şekil 4.3.' de özetlenmiştir.



Şekil 4.2. İzmir kenti su ihtiyacı projeksiyonu.

Çamlı barajı önce DSİ tarafından İzmir Su Temini Master Planı kapsamında ele alınmış, daha sonra DSİ ile İZSU arasında yapılan bir protokola göre Temelsu Proje Firmasınca yeniden değerlendirilmiş, planlama ve kesin proje çalışmaları tamamlanmıştır.

Çamlı barajı nehir tabanından 75 m yüksekliğinde, kaya dolgu tipinde bir baraj olup, kente yılda 21,5 hm³ içme ve kullanma suyu sağlayacaktır.

Gördes barajı Manisa İli Akhisar İlçesi sınırları içinde Gördes çayı üzerindedir. Tahtalı sisteminin gerçekleşmesinden sonra İzmir kentinin yakın çevresindeki kaynakların yeterli bir potansiyele sahip olmaması nedeniyle Gördes barajının hem sulama hem de içme suyu amaçlı olarak kullanılması gereği ortaya çıkmıştır. Bunun sonucunda yöre çiftçisinin mağduriyetini en aza indirmek için sulama sistemlerinin en fazla su tasarrufu sağlayacak şekle dönüştürülmesiyle birlikte, Gördes barajında tasarruf edilen su İzmir kentine içme suyu olarak tahsis edilmiştir.

Gördes barajı inşaatı Ocak 1998 tarihinde ihale edilmiştir. Baraj Türkiye için yeni bir tip olan ön yüzü betonarme kaplamalı kaya dolgu tipinde olup, nehir tabanından 88 m yüksekliktedir. Gördes barajı ile kente yılda ortalama 57 hm³ içme ve kullanma suyu sağlanacaktır. Gördes barajından alınan su başlangıçta 3000 mm daha sonra 3200 mm çaplı borularla, 105 km uzunluğundaki bir iletim hattı ile İzmir kentine bağlanacaktır. İletim hattı önce Gördes çayı vadisi boyunca batıya ilerler, Selendi ovasını güneyden geçerek Akhisar ilçesi Nuriye kasabası yakınlarında Manisa Akhisar yoluna paralel ilerleyerek, Saruhanlı yakınlarından güneye iner,

Gediz nehrini geçer ve Manisa Turgutlu arasındaki bir kesimde pompaj ve arıtma tesislerinde son bulur. Burada i 370 000 m³/gün kapasiteli bir tesiste arıtılan su Spil dağı eteklerinden batıya yönelir Belkahve' yi bir tünelle geçen iletim hattı Pınarbaşı yamaçlarında bir ana depoya ulaşıır ve Şehir içi Őebekeye bağlanır.

Çizelge 4.2. İzmir kentine gelecekte çeşitli kaynaklardan sağlanması öngörülen içme ve kullanma suyu.

KAYNAK ADI	YILDA SAğLANAN ORTALAMA SU	
	litre / sn	hm ³
ÇAMLI BARAJI	680	21,5
BOSTANLI BARAJI	95	3,0
DEğİRMENDERE BARAJI	170	5,4
ALİONBAŞI BARAJI	145	4,6
GÖRDES KAYNAKLARI	1800	57
AğLAYAN KAYNAKLARI	1430	45
BAŞLAMİŞ BARAJI	1330	42
DÜVERTEPE BARAJI	2820	89
TOPLAM	8470	267,5

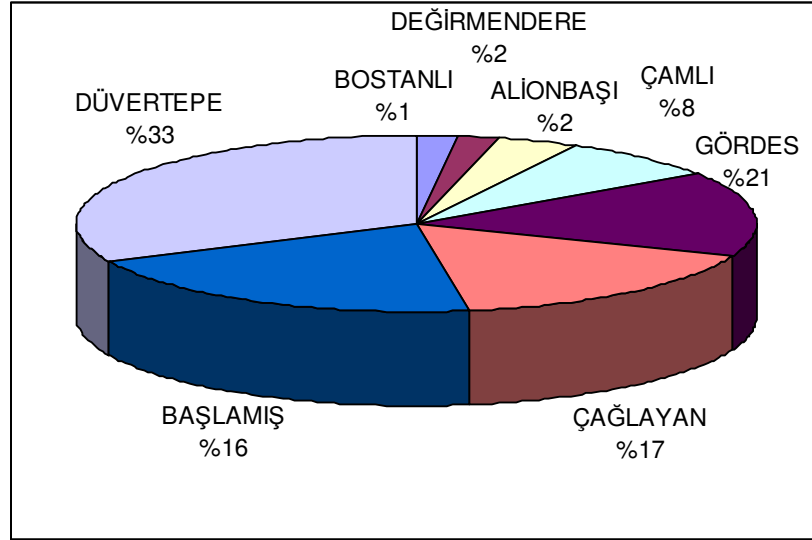
Manisa ili Akhisar ilçesinin doğusunda Gördes ayının bir kolu olan Kayacık ayı üzerinde yer alan ağlayan barajı nehir tabanından 92,5 m yükseklikte toprak dolgu tipinde bir barajdır. ağlayan barajı ile İzmir kentine yılda 45 hm³ içme ve kullanma suyu verilecektir. ağlayan barajından alınan su 1300 mm çapında, 5,3 km uzunluğunda bir iletim hattı ile Gördes barajı hattına bağlanmakta ve buradan İzmir'e su ileilmektedir. İzmir'e kadar olan toplam hat uzunluğu 105 km' dir.

Başlamış barajı Manisa ili Akhisar ilçesinin kuzeydoğusunda eski Akhisar-Sındırgı karayolunun zerindeki Başlamış köyü yanındadır. Başlamış barajı çevresel faktörler nedeniyle vazgeçilen İzmir içme Suyu Projesinin 4. kademesi olan Medar barajının bir alternatifi niteliğindedir. Medar barajını besleyen suları büyük lde toplayan Başlamış barajı nehir tabanından 77,5 m yükseklikte toprak dolgu tipinde bir barajdır. Başlamış barajına derivasyonlarla su sağlayan 2 ayrı yapı daha projede yer almaktadır. Bunlardan birincisi Susurluk havzasında yer alan Cüneyt ayının bir regülatör, iletim kanalı ve kısa bir tünel ile Gediz havzasındaki Gördük ayının memba kesimine çevrilmesinden oluşur. Bu Şekilde deri ve edilen su ile birlikte havzanın doğal boşalımını da alan ikinci regülatör Germe regülatörü olup 9,4 km uzunluğundaki bir açık kanalla su Başlamış barajı glne boşalır.

Başlamış barajından İzmir kentine yılda 42 hm³ içme ve kullanma suyu sağlanacaktır. Barajdan alınan su başlangıçta 1300 mm daha sonra 2200 m çapında 45,6 km uzunluğunda bir iletim hattı ile Saruhanlı ilçesi yakınlarında Gördes barajı iletim hattına bağlanır. İzmir'e kadar olan toplam hat uzunluğu 110 km' dir .

İzmir Su Temini Master Plan Raporundaki son kademe olan Düvertepe barajı Balıkesir ili Sındırgı ilçesinde Simav çayı üzerinde yer alır. Baraj nehir tabanında 123 m yükseklikte, kaya dolgu tipindedir. İçme ve sulama suyu amaçlı olan barajla derlenen su önce mevcut Çaygören barajına verilir. Çaygören barajı dip savağından alınan su 1800 mm çaplı 12,1 km uzunluğundaki bir boru hattı ile Sındırgı yakınlarındaki Düvertepe tüneline ulaşır. 3,5 m çapında 20 km uzunluğundaki bir tünel ile su Susurluk havzasından Gediz havzasına geçer. Tünel çıkışından sonra 1800 mm çaplı 2,9 km uzunluğunda bir boru hattı ile su Başlamış barajı boru hattına bağlanır. Düvertepe barajından İzmir'e kadar olan toplam iletim hattı uzunluğu 144,5 km'dir. Düvertepe barajı ile İzmir kentine yılda ortalama 89 hm³ içme ve kullanma suyu verilecektir .

4.5.İzsu' ca Etüdü Yaptırılan Yakın Çevre Yüzeysel Su Kaynakları Projeleri



Şekil 4.3. İzmir kentine gelecekte su sağlaması öngörülen kaynakların sistem içindeki payları.

DSİ ile İZSU arasında imzalanan bir protokola dayanarak İZSU İzmir kent merkezine yakın 4 ayrı dere üzerinde yalnızca içme suyu veya hem içme suyu hem de taşkın koruma amaçlı baraj projeleri hazırlatmıştır. Bunlar Çamlı, Değirmendere, Alionbaşı ve Bostanlı barajları olup, Çamlı barajı DSİ'ce hazırlanan İzmir Su Temini Master Planı kapsamında bulunması nedeniyle burada ele alınmamıştır. Değirmendere yalnızca içme suyu, Alionbaşı ve Bostanlı barajları hem içme suyu hem de taşkın koruma amaçlı olarak hazırlanmışlardır. İzmir ili Menemen ilçesi Emiralem beldesi yakınlarında yer alan Değirmendere barajı nehir tabanından 46 m yükseklikte, kaya dolgu tipinde bir barajdır. Değirmendere barajı ile İzmir kentine yılda ortalama 5,4 hm³ içme ve kullanma suyu sağlanacaktır.

Narlıdere'nin içinden geçen Alionbaşı deresi üzerinde bulunan baraj nehir tabanından 61 m yükseklikte olup kaya dolgu tipindedir. Aynı zamanda taşkın koruma amacı da olan barajdan İzmir kentine yılda ortalama 4,6 hm³ içme ve kullanma suyu sağlanacaktır.

Karşıyaka ilçesinin içinden geçen Bostanlı deresinin üzerinde yer alan Bostanlı barajı nehir tabanından 54 m yükseklikte olup ön yüzü betonarme kaplı kaya dolgu bir baraj olarak önerilmiştir. Taşkın koruma amacı da olan barajdan İzmir kentine yılda ortalama 3 hm³ içme ve kullanma suyu sağlanacaktır.

4.6. İzmir' e Su Temini Çalışmalarının Genel Bir Değerlendirmesi ve Geleceğe Dönük Öngörüler

İzmir kentine bugüne kadar yapılan çalışmalarla, yakın çevrede yer alan yeraltı suyu kuyularından yılda 19 hm³, Halkapınar kaynaklarından yılda 45 hm³, Menemen yeraltı suyundan yılda 25 hm³, Balçova barajından yılda 12 hm³, Göksu kaynaklarından yılda 63 hm³, Sarıkız kaynaklarından yılda 45 hm³, ve son olarak Tahtalı barajından yılda 128 hm³ içme ve kullanma suyu sağlanmıştır. Sağlanan toplam su miktarı yılda 337 hm³ e ulaşmıştır. DSI' ce yapılan İzmir kenti nüfus ve su ihtiyacı projeksiyonuna göre sağlanan bu su ile kentin ihtiyaçları 2007 yılına kadar karşılanmış olmaktadır.

Geleceğe yönelik projelerden İzmir'in yakın çevresinde yer alan yüzeysel su kaynakları Çarnlı, Bostanlı, Değirmendere ve Alionbaşı barajları ile yılda toplam 34,5 hm³ içme ve kullanma suyu sağlanacaktır. Gediz ve Susurluk havzasında yer alan kente daha uzak 4 büyük proje ile de yılda toplam 233 hm³ içme ve kullanma suyunun sağlanması öngörülmüştür.

Tahtalı barajının 1997 yılı sonunda devreye girişiyle kente yılda verilen su 337 hm³ e çıkmakta ve 2007 yılına dek kentin ihtiyacı karşılanmaktadır. Yakın çevre barajları Çamlı, Bostanlı, Değirmendere ve Alionbaşı barajlarının sağlayacağı yılda toplam 34,5 hm³ su ile kente verilen su 371,5 hm³ e ulaşmakta ve kentin su ihtiyacı 2009 yılına kadar karşılanmaktadır. Daha sonra Gördes barajının sisteme bağlanmasıyla kente yılda verilen su 428,5 hm³ e ulaşmakta, bu su 2013 yılına kadar yeterli olmaktadır. 2013 yılında Çağlayan barajının devreye girişiyle verilen su yılda 473,5 hm³ e ulaşmakta ve su ihtiyacı 2016 yılına kadar karşılanmaktadır. 2016 yılında Başlamış barajı sisteme girmekte verilen su 515,5 hm³ e ulaşmakta ve ihtiyaç 2019 yılına kadar karşılanmaktadır. 2019 yılında havzalar arası su aktarımı yapan bir proje olarak Düvertepe barajı hizmete girmekte ve verilen su yılda 604,5 hm³ e ulaşmaktadır. Önerilen projenin son kademesi olan Düvertepe barajı da kentin su ihtiyacını 2025 yılına kadar karşılamakta, sonraki yıllarda su açığı ortaya çıkmaktadır.

İzmir İçme Suyu Projesi içinde yer alan Göksu ve Sarıkız kaynaklarından kente su getirilmesi için 1999 yılı fiyatlarıyla 27 trilyon TL, Tahtalı sisteminin baraj, arıtma ve iletim hattından oluşan tümü için ise 1999 yılı fiyatlarıyla yaklaşık 59 trilyon TL harcama yapılmıştır. Bundan sonra İzmir'e su temini amacıyla önerilen 4 yakın çevre barajı için 1999 yılı fiyatlarıyla 34 trilyon TL, diğer 4 büyük baraj için de 1999 yılı fiyatlarıyla 466 trilyon TL toplam olarak 500 trilyon TL yatırım yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. İzmir İçme Suyu Projesinin 1. ve 2. kademeleri için 21 yıllık sürede 1999 yılı fiyatlarıyla toplam 86 trilyon TL yatırım yapılmışken gelecekteki su ihtiyaçlarını karşılamak üzere 27 yıllık bir süre içinde 1999 yılı fiyatlarıyla toplam olarak 500 trilyon TL. yatırım yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu da geçmişe oranla 6 kat daha fazla bir yatırım demektir.

Daha kısa süreler içinde daha büyük yatırımlar yapılması gereği, yatırım bütçelerinin çok sayıda proje arasında paylaşılarak gittikçe azaldığı günümüzde yeni çözüm arayışlarını zorunlu kılmaktadır.

Artan su ihtiyaçlarının sürekli yeni kaynaklar bulunarak karşılanması yaklaşımı yani kaynakların planlanması kavramının bırakılarak, ihtiyaçların ve tüketimin planlanması kavramına geçilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. İhtiyaçların planlanması kavramı içinde su ihtiyacını ortaya çıkaran tüm unsurların ayrıntılı olarak ele alınması, bu unsurların yönlendirilerek su ihtiyaçlarının kaynak potansiyellerini aşmayacak şekilde belirlenmesine çalışılmalıdır. İhtiyacın planlanmasında üzerinde durulacak önemli unsurlar kente olan iç göç, kent nüfusunun artış hızı, sanayileşme ve sanayinin su kullanımı, kent içi dağıtım şebekelerindeki su kayıpları, fabrika ve kent ölçeğinde atık suların yeniden kullanımı olarak sayılabilir. Bütün bu unsurlar bir kentin su ihtiyaçlarının karşılanmasında artık yalnızca su kaynakları alanında uzmanlaşmış mühendislerin yapacağı çalışmalarla sorunun çözümünün mümkün olmadığını göstermektedir. Başta ülke ve kent yönetimi ile ilgili kararları alan yöneticiler olmak üzere, farklı meslek ve çalışma alanlarındaki insanların su ihtiyacını karşılanmasına yönelik çalışmalar içinde yer alması ve çaba göstermesi gerekmektedir [30].

4.7. İzmir Kenti İçme Suyu İhtiyacının Tahmini Çalışmasında Kullanılan Verilerin Elde Edilmesi

İzmir iline ait önümüzdeki 20 yıl için içme suyu ihtiyacının tahmini amacıyla yapılan bu çalışmada kullanılan veriler aşağıdaki gibidir. Bu parametrelerin elde edilişi ve verilerle ilgili yapılan analizler aşağıda tek tek açıklanmıştır.

Y : Su Kullanımı (m³)

X₁ : Ortalama Su Faturası (YTL / kişi)

X₂ : Nüfus (kişi)

X₃ : Hane Sayısı (adet)

X₄ : Gayri Safi Yurtiçi Hasıla / Kişi [GSYH / kişi] (YTL)

X₅ : Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)

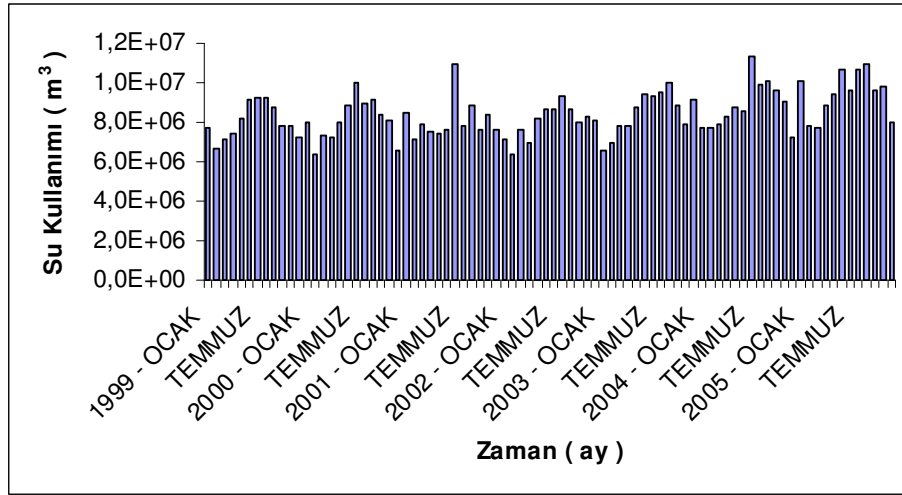
X₆ : Aylık Toplam Yağış (mm)

X₇ : Aylık Ortalama Nem (%)

Bu verilerin % 80 i eğitim amacı ile kalan % 20 si test amacı ile ayrılmıştır.

4.7.1. Su Kullanımları

Kentsel içme suyu ihtiyacının tahmini ile ilgili yapılan bu çalışmada İzmir iline ait bilgiler kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan su kullanımları değerlerinin 1999 – 2005 yılları arasındaki değerleri İzmir Büyükşehir Belediyesi İZSU Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir (Şekil 4.4.). Bu kurumdan elde edilen su sarfiyatı bilgilerinden şebeke sarfiyatı bilgileri modelde kullanılmıştır.



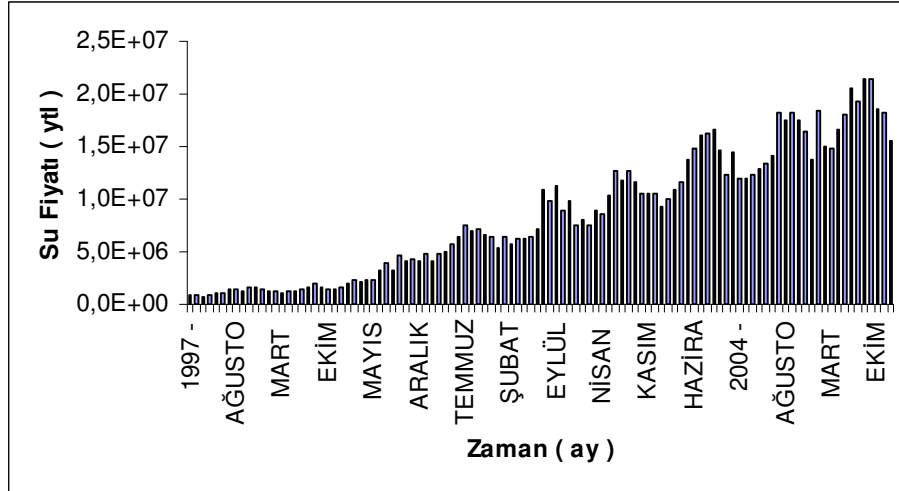
Şekil 4.4. İzmir iline ait geçmiş su kullanımları.

Modelde kullanılan veri aralığı 1997 – 2005 yılları arasında olduğundan buradaki eksik verilerin tamamlanmasında istatistik yöntemlerden regresyon analizi yönteminden faydalanılmıştır. Regresyon denkleminde örneğin 1997 ve 1998 yıllarına ait Ocak ayı su kullanımlarının değerlerinin tahmininde 1999 yılından 2005 yılına kadar olan Ocak ayı su kullanımı değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi dikkate alınmış ve bu değişimi en iyi tanımlayan regresyon denkleminde kullanılmıştır. Benzer yaklaşımla diğer aylardaki su kullanımı değerleri aynı

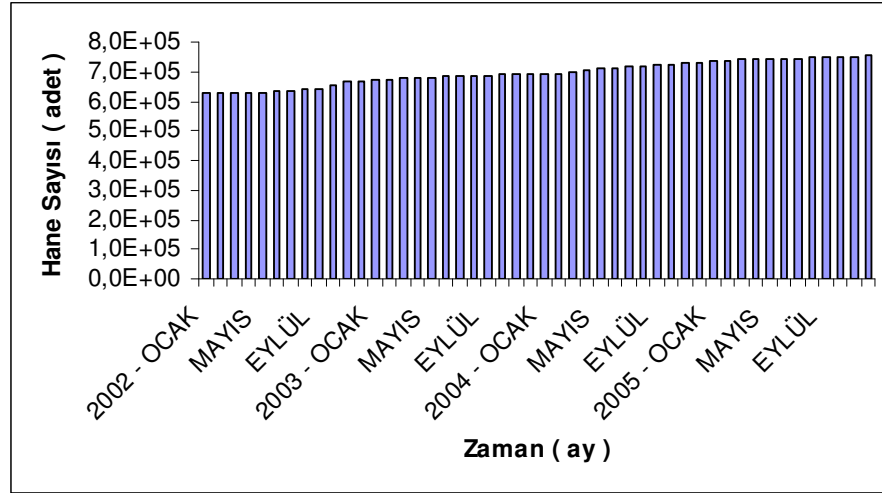
ayların 1999 – 2005 yılları arasındaki değerleri dikkate alınarak zamana bağlı değişimi ile elde edilen regresyon denklemi yardımıyla elde edilmiştir.

4.7.2. Ortalama Evsel Su Faturası

Modelde kullanılan bu verinin elde edilmesi, her bir şebeke abonesinin kullandığı su miktarına ödediği ücrete dayanmaktadır. Bu verinin elde edilmesinde kullanılan değerler (şebeke abonesi sayısı ve şebeke tahakkuk değerleri) İZSU Genel Müdürlüğü 'nden elde edilmiştir (Şekil 4.5. ve 4.6.). Elde edilen bu verilerden şebeke abonesi sayısı olarak yine İZSU dan alınan hane sayısı değerlerinin zamana bağlı değişimi incelenerek önceki yıllardaki değerleri elde edilmiştir. Ortalama evsel su faturası değeri, şebeke tahakkuk değerlerinin şebeke abonesi sayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Hesaplamalarda yapılan bir diğer işlem de su fiyatının enflasyon (TÜFE) dikkate alınarak daha yakın bir tarihe taşınmasıdır. Bunun sebebi, İZSU Genel Müdürlüğü' nden alınan su fiyatı değerlerinin derlendiği yılın fiyatları olduğu için gerçeği yansıtmamış olmasıdır. Enflasyon (TÜFE) verileri Türkiye İstatistik Kurumu' ndan elde edilmiştir (Çizelge 4.3. ve 4.4.).



Şekil 4.5. Modelde kullanılan su fiyatı değerleri.



Şekil 4.6. Modelde kullanılan abone (hane) sayısı.

Çizelge 4.3. Bir önceki yılın aynı ayına göre değişim (TÜFE).

Aylar	Enflasyon (TÜFE)								
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Ocak	101,6	65,9	68,9	35,9	73,2	26,4	16,2	9,47	10,39
Şubat	99,3	63,9	69,7	33,4	73,1	27,0	14,3	9,24	10,26
Mart	97,2	63,5	67,9	37,5	65,1	29,4	11,8	8,72	10,11
Nisan	93,6	63,9	63,8	48,3	52,7	29,5	10,2	9,25	10,40
Mayıs	91,4	63,0	62,7	52,4	46,2	30,7	8,9	10,0	11,27
Haziran	90,6	64,3	58,6	56,1	42,6	29,8	8,9	10,65	11,13
Temmuz	85,3	65,0	56,2	56,3	41,3	27,4	9,6	10,26	12,23
Ağustos	81,4	65,4	53,2	57,5	40,2	24,9	10,0	10,75	10,60
Eylül	80,4	64,3	49,0	61,8	37,0	23,0	9,	11,23	10,50
Ekim	76,6	64,7	44,4	66,5	33,4	20,8	9,9	10,88	9,81
Kasım	72,8	64,6	43,8	67,3	31,8	19,3	9,8	10,54	9,87
Aralık	69,7	68,8	39,0	68,5	29,7	18,4	9,3	10,53	9,65

Çizelge 4.4. Bir önceki aya göre değişim (TÜFE).

Aylar	Enflasyon (TÜFE)								
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Ocak	7,2	4,8	4,9	2,5	5,3	2,6	0,7	0,87	0,75
Şubat	4,4	3,2	3,7	1,8	1,8	2,3	0,6	0,34	0,22
Mart	4,3	4,1	2,9	6,1	1,2	3,1	0,9	0,4	0,27
Nisan	4,7	4,9	2,3	10,3	2,1	2,1	0,6	1,08	1,34
Mayıs	3,5	2,9	2,2	5,1	0,6	1,6	0,4	1,08	1,88
Haziran	2,4	3,3	0,7	3,1	0,6	-0,2	-0,1	0,46	0,34
Temmuz	3,4	3,8	2,2	2,4	1,4	-0,4	0,2	-0,14	0,85
Ağustos	4,0	4,2	2,2	2,9	2,2	0,2	0,6	1,03	-0,44
Eylül	6,7	6,0	3,1	5,9	3,5	1,9	0,9	1,38	1,29
Ekim	6,1	6,3	3,1	6,1	3,3	1,4	2,2	1,91	1,27
Kasım	4,3	4,2	3,7	4,2	2,9	1,6	1,5	1,23	
Aralık	3,3	5,9	2,5	3,2	1,6	0,9	0,4	0,43	

Enflasyon genel fiyat düzeyinin devamlı artması ve para değerinin düşmesidir. Toplam mal ve hizmet arzının toplam talebi karşılayamaması, enflasyonun en önemli özelliğidir. Ekonomide söz konusu olan enflasyon tipleri; harcamaların toplam üretim miktarını aşmasıyla oluşan talep enflasyonu ve maliyet şişmelerinin ürün fiyatlarındaki artışına neden olan maliyet enflasyonudur. Maliyet enflasyonu, vasıtalı vergi yükünün ağırlaşması, devalüasyonlar, faiz hadlerinin yüksekliği ile hammadde ve ara malları fiyatlarının yükselmesinden kaynaklanabilir. Ekonomide fiyatların takibi ancak fiyat endeksleri sayesinde mümkün olmaktadır. Türkiye’de iki çeşit fiyat endeksi kullanılmaktadır. Bunlar Tüketici Fiyatları Endeksi (TÜFE) ve Toptan Eşya Fiyat Endeksi (TEFE) olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu endeksler, ülke enflasyonu haricinde sektör bazında bilgilerde vermektedir. TÜFE’yi ve TEFE’yi oluşturan sektörler ve ağırlıkları Çizelge 4.5. ve 4.6. da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Tüketici fiyatları endeksini oluşturan sektörler.

TÜFE	
Toplam	100.00
Gıda, İçki, Tütün	31,09
Giyim, Ayakkabı	26177,00
Konut, Kira	25,80
Ev eşyası	13028,00
Sağlık	27791,00
Ulaştırma	11202,00
Eğlence, Kültür	34731,00
Eğitim	21551,00
Otel, Pastane, Lokanta	39266,00
Çeşitli mal ve hizmetler	13971,00

Çizelge 4.6. Toptan eşya fiyat endeksini oluşturan sektörler.

TEFE	
Toplam	100.00
Tarım	22,22
Madencilik	17199,00
İmalat	71,12
Enerji	43556,00

TÜFE'yi hesaplariken ilk olarak, Türkiye'nin genelini temsil eden bir örnek kitlenin bir yıl içinde hangi mal ve hizmete ne kadar para harcadığı hesaplanır. Ayrıca her mal ve hizmetin toplam içindeki ağırlıkları belirlenir.

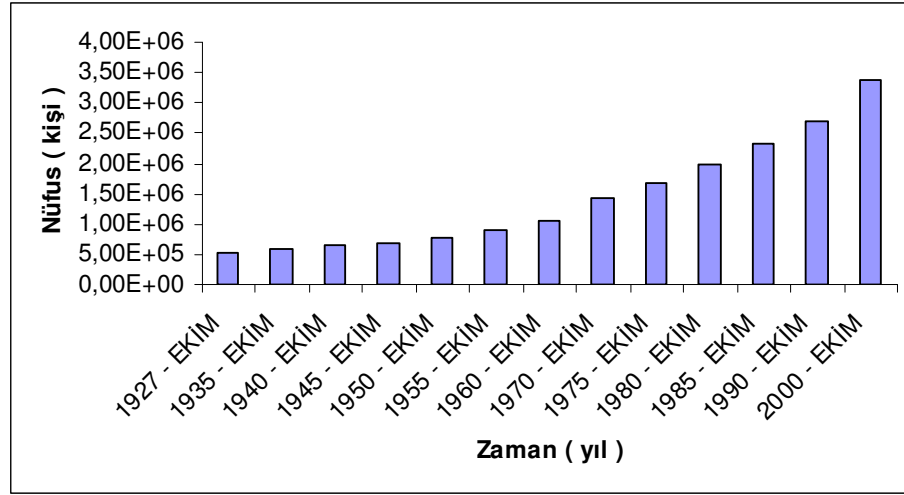
Yılın her ayının belirli günlerinde ve belirli alışveriş merkezlerinden alınan mal ve hizmet fiyatlarındaki değişim, belirli ağırlıklara göre ölçülür. Her ayın 25'inden sonraki fiyat artışı bir sonraki ayın enflasyon oranına yansır.

5 ayrı coğrafi bölge ve 16 büyük kent için açıklanan aylık endeks rakamlarında; kentsel yerlerde 347 mal ve hizmetin, kırsal yerlerde ise 280 adet malın fiyatları derlenir.

TEFE ise, tarım, madencilik, imalat sanayi ve enerji sektöründeki 640 ürünün fiyatlarındaki değişimleri inceler [31].

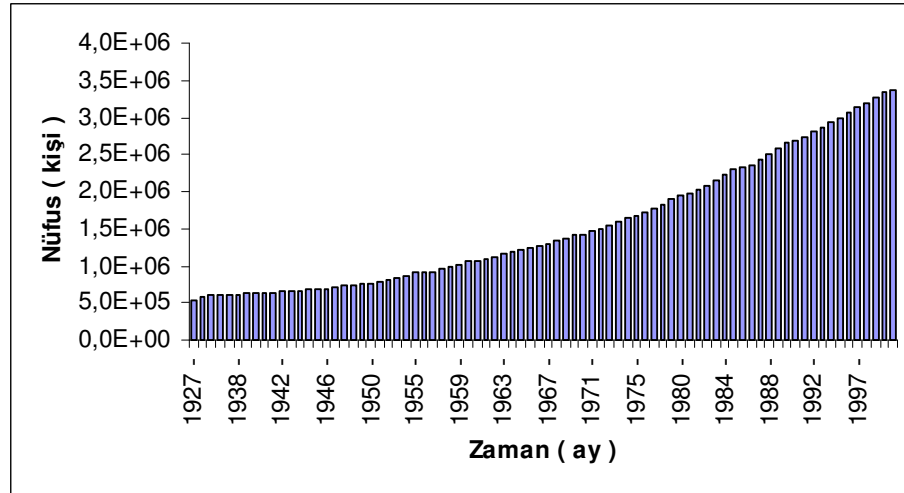
4.7.3. Nüfus

Türkiye'de nüfusun sayı ve niteliklerini belirlemek üzere Cumhuriyetin ilanından günümüze kadar ilki 1927, ikincisi 1935 yılında ve bu tarihten sonra 1990'a kadar her 5 yılda bir, 1990'dan sonra 10 yılda bir olmak üzere, 14 kez genel nüfus sayımı uygulandı. 23 Şubat 1990 tarih ve 403 sayılı Kanun Hükmünde Kararname (KHK) ile genel nüfus sayımlarının sonu " 0 " ile biten yıllarda, dolayısıyla 10 yılda bir yapılması hükmüne bağlandı. 30 Kasım 1997 tarihinde yapılan sayım ise "nüfus tesbiti" olarak adlandırıldı. Seçmen kütüklerinin güncelleştirilmesine yönelik bu sayımda, "yerleşim yerleri itibariyle ikametgaha dayalı sayısal sonuçlar" elde edildi, sosyal ve ekonomik bilgilere ise yer verilmedi(30 Temmuz 1997 tarih ve 4300 sayılı Genel Nüfus Tespiti yapılması ve seçmen kütüklerinin güncelleştirilmesi hakkındaki kanun). Son olarak 2000 yılında gerçekleştirilen nüfus sayımının kesin sonuçları 26 Ağustos 2002'de açıklandı [32]. Bu sonuçlara göre İzmir iline ait nüfus Şekil 4.7.' te verilmiştir.



Şekil 4.7. İzmir iline ait nüfus sayımlarının sonuçları.

Türkiye İstatistik Kurumu' nun yıl ortası nüfus tahminlerinin de yer aldığı nüfus sayımı sonuçları Şekil 4.8.' de verilmiştir.



Şekil 4.8. İzmir iline ait yıl ortası nüfus tahminlerini de içeren nüfus sayımları.

Modelde kullanılan aylık nüfusların elde edilmesinde regresyon modeli kullanılmıştır. Regresyon denkleminde nüfus bağımlı değişkeni, zaman bağımsız değişkeni ifade etmektedir.

4.7.4. Hane Sayısı

Bu değişkene ait mevcut veriler İZSU Genel Müdürlüğü'nden elde edilen şebeke abonesi sayısı olarak düşünülmüştür ve Şekil 4.6.' de verilmiştir.

4.7.5. Gayri Safi Yurtiçi Hasıla / Kişi

Milli Hasıla (Milli Gelir), belirli bir dönemde (genellikle bir yıl) toplumdaki bireylerin yarattıkları mal ve hizmetlerin toplamıdır. Milli Gelirin dönemler itibarıyla gösterdiği değişiklik, ekonominin performansının hassas bir göstergesidir.

Bir yıl süresince sadece ülke sınırları içerisinde üretilen ve sunulan mal ve hizmetlerin o ülkenin para birimine göre değerlendirilmesi ile oluşan rakamdır. Bu açıdan, GSMH hesabından ayrılan noktası; yurtdışında elde edilen gelirlerdir.

Milli Gelir hesaplamalarında, cari fiyat ve sabit fiyat değerlemesi olmak üzere iki çeşit uygulama söz konusudur. Cari fiyatlarla günümüz değerlemeleri üzerine yapılan hesaplamalarda, enflasyonun etkisi gözükmez. Cari fiyatlarla hesaplanan GSMH değeri ile büyüme hakkında sağlıklı sonuçlar alınamayacağından, her ülkede kullanılan sabit fiyatlı sistem önemlidir. Buna göre, baz olarak herhangi bir yıl alınır ve o yıla endeksli reel artışların hesabıyla gerçek artışları görmek mümkün olur. Bu hesaplamada iki metod söz konusudur. İlk metod olan gelirler yöntemi ile hesaplamada, gelir niteliği taşıyan üretim ve hizmet alanındaki kalemler esas alınır.

Kullanılan ana kalemler şu şekilde sıralanabilir:

Tarım + Sanayi + İnşaat + Ticaret + Ulaştırma, Haberleşme + Mali Kuruluşlar + Konut + Hizmetler Toplamı (Kamu ve Özel) + İthalat Vergisi] = **GSYİH**

GSYİH + Net Dış Alem Faktör Gelirleri = **GSMH**

İkinci metod ise, GSYİH rakamının harcamalar yoluyla hesaplanmasıdır. Özel sektör ve kamu sektörü tarafından yapılan harcamaların hesaplanmasını takiben gerekli istatistiki hatalar giderilir ve böylelikle GSYİH rakamına ulaşılır.

Hesaplama yöntemi, kısaca, şu şekilde açıklanabilir:

Özel Nihai Tüketim Harcamaları + Kamu Nihai Tüketim Harcamaları + Gayri Safi Sabit Sermaye Oluşumu (Kamu ve Özel) + Stok Değişimleri + Mal ve Hizmet İhracatı + Mal ve Hizmet İthalatı] = **GSYİH**

(Bu hesaplama sonrası, istatistiki hata ile toplanan GSYİH rakamı, gelirler yöntemi ile hesaplanan GSYİH rakamına eşit olur.

Milli Gelir Göstergeleri şu şekilde değerlendirilir:

Yıllık büyüme oranı değerlendirmeye alındığında, aynı zamanda nüfus artış hızı da göz önünde bulundurulmalıdır. Eşit seviyede büyüme oranı gözlenen iki farklı ülkede; nüfus artış hızlarının farklı olması halinde, büyümenin refaha etkisi de kaçınılmaz olarak farklı olacaktır.

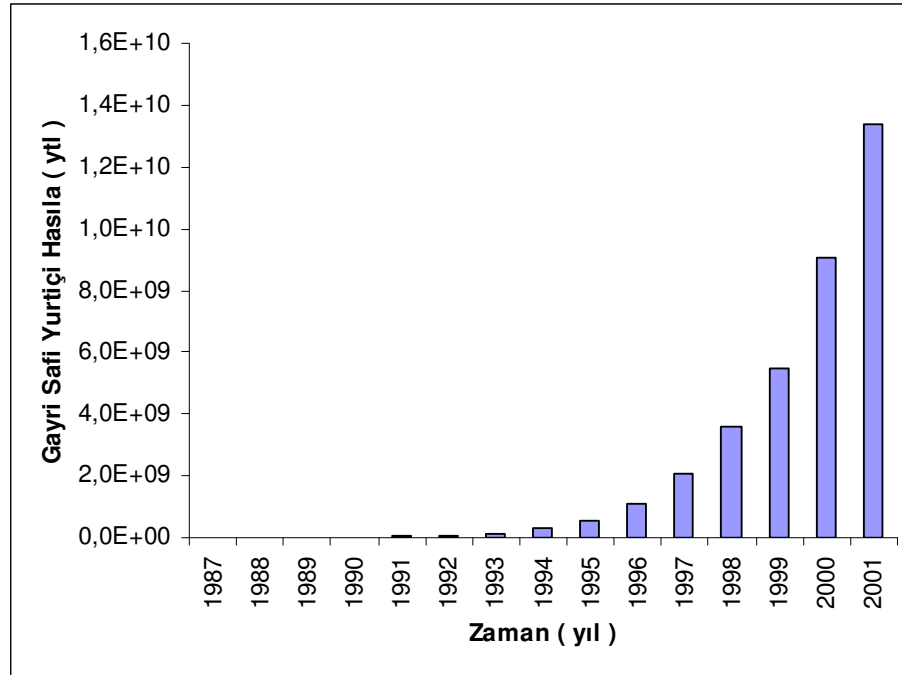
Herhangi bir yılın ardışık üç çeyreğinde büyüme oranlarının düşük olması, resesyon tehlikesinin başlangıç sinyali olarak gösterilebilir. Buna karşın, ardışık olarak yüksek çıkan büyüme oranları, bir büyüme ivmesinin varlığı olarak da yorumlanabilir.

Sürdürülebilir (sustainable) bir ekonomik büyümeden söz edilebiliyorsa; büyüme hızının yüksek olduğu bir yılda, yatırımlar ve ihracatın duraklaması gibi bir durum söz konusu olamaz.

GSMH' nın mutlak değerinin her yılın üç aylık dönemlerinde aynı olması söz konusu değildir. Kış koşulları nedeniyle, üretilen mal ve hizmetlerin toplam değeri, yılın ilk üç ayında daha düşüktür. Kış pırdanmalar, ikinci çeyrekte başlar. Üçüncü çeyrekte ise, tarımsal üretim nedeniyle yükselme gözlenir. Son çeyrekle beraber, canlanan sanayinin de katkısıyla, üretim toplam değeri yılın en yüksek seviyesine ulaşır. Bu nedenledir ki; herhangi bir dönemdeki büyüme oranını bir önceki dönemle karşılaştırmak yanıltıcı sonuçların elde edilmesine neden olabilir.

İç talepteki artış hızının, GSYİH' daki artış oranının üstünde olması ise, ekonominin aşırı ısındığı yönündeki kuşku artırır [33].

Bu çalışmada kullanılan kişi başına düşen GSYH hesabında kullanılan GSYH değerleri Şekil 4.9 ' da verilmiştir.



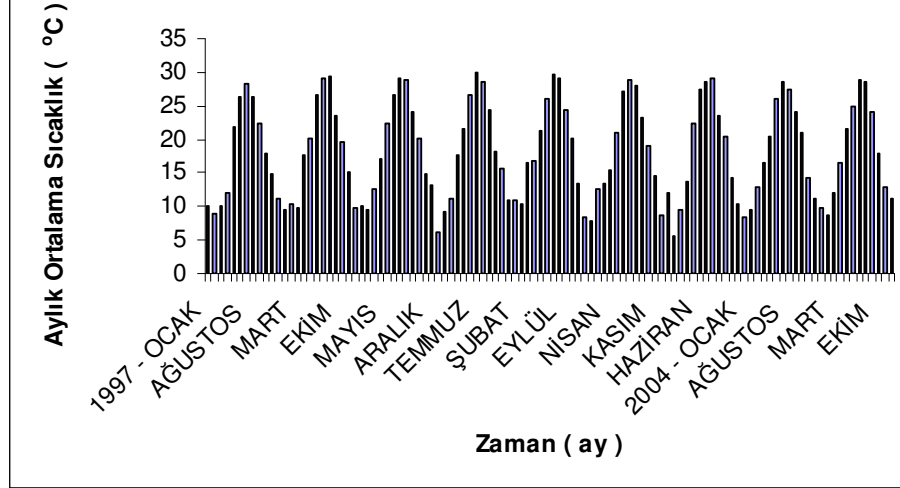
Şekil 4.9. GSYH nın zamanla değişimi (TÜİK).

Aylık GSYH değerleri regresyon modeli kurularak bulunmuştur. Kişi başına düşen GSYH değeri ise; aylık bulunan GSYH değerlerinin modelde kullanılan diğer bir değişken olan nüfusun

yaklaşık aylık değerlerine bölünmesiyle elde edilmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu verileri olan GSYH değerleri ait olduğu yılın sonundaki değerleridir. Bu nedenle bu veriler enflasyon dikkate alınarak daha yakın geçmişe taşındı. Dolayısıyla son elde edilen değerler daha gerçekçi sonuçlar vermektedir.

4.7.6. Sıcaklık

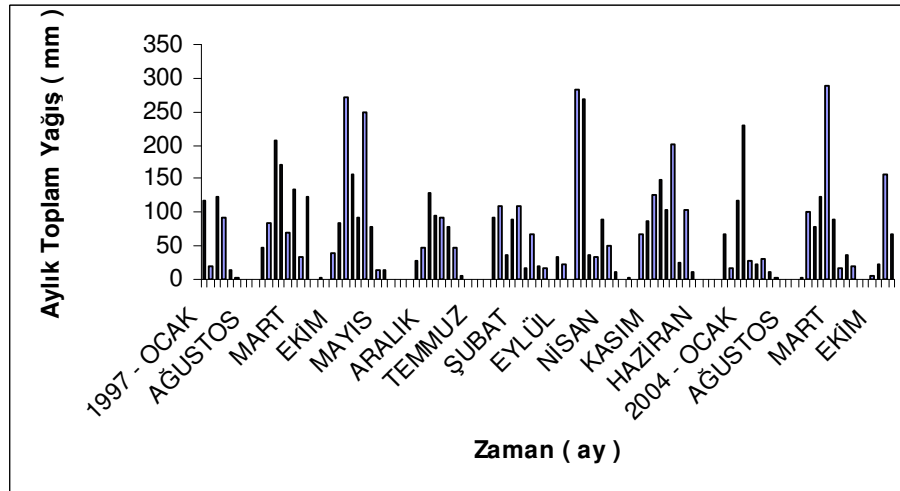
İzmir iline ait 1997 – 2005 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık değerleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu değerler Şekil 4.10' da verilmiştir.



Şekil 4.10. İzmir iline ait 1997 – 2005 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık değerleri.

4.7.7. Yağış

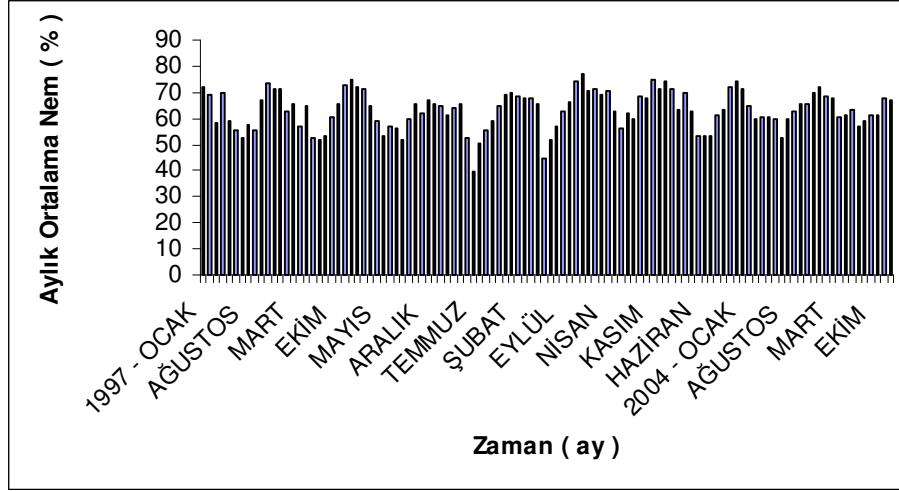
İzmir iline ait 1997 – 2005 yılları arasındaki aylık toplam yağış değerleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu değerler Şekil 4.11.' da verilmiştir.



Şekil 4.11. İzmir iline ait 1997 – 2005 yılları arasındaki aylık toplam yağış değerleri.

4.7.8. Nem

İzmir iline ait 1997 – 2005 yılları arasındaki aylık ortalama nem değerleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden temin edilmiştir. Bu değerler Çizelge Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12. İzmir iline ait 1997 – 2005 yılları arasındaki aylık ortalama nem değerleri.

4.8. Bağımsız Değişkenlerin Zamana Bağlı Bireysel Regresyonları

İçme suyu ihtiyacının tahminine yönelik yapılan bu çalışmada bu yıl itibarıyla önümüzdeki 20 yıl için Temmuz ayı tahminlerini hesaplamak için öncelikle her bir bağımsız değişkenin zamanla değişimini dikkate almak gerekir. Bu amaçla her bir değişkenin zamanla değişimlerini modellemek için regresyon kurulmuştur.

4.8.1. Ortalama Eysel Su Faturası

Bu değişkenin gelecekteki değerlerinin tahmininde istatistik yöntem olan regresyon analizi yöntemine başvurulmuştur. Regresyon denklemi (4.1.) de verilmiştir.

$$Y_{OESF} = -4,595 \times LN(X_{zaman}) + 47,202 \text{ ve } r^2 = 0,325 \quad (4.1.)$$

Bu denklem yardımıyla gelecekteki 20 yıl için tahminler yapılmıştır.

Yöntem zamanla değişimi dikkate aldığından sayısal sonuçlar sadece analiz sonucudur. Ortalama evsel su faturasına etkiyen en önemli etken öncelikle insanların su kullanım alışkanlıklarıdır. Ayrıca burada elde edilen değerleri yorumlarken, bulunan değerlerdeki fiyatların, gelecekteki fiyatların enflasyon dikkate alınmadan bugünkü değerleri olduğu da unutulmamalıdır.

4.8.2. Nüfus

Bugüne kadar yapılan nüfus sayımlarına göre Türkiye İstatistik Kurumu'nun yıl ortası nüfus tahminleri de mevcuttur. Böylece zamana bağlı olarak değişim incelendiğinde elde edilen regresyon denklemi (4.2.) de verilmiştir.

$$Y_N = 521393 \times e^{(0,0024 \times X_{\text{zaman}})} \text{ ve } r^2 = 0,995 \quad (4.2.)$$

Bu denkleme göre gelecekteki nüfus tahminleri aynı şekilde yıl ortası için elde edilmiştir. Nüfus değişkeni için yapılan bu tahmin değerlerinin gerçekte ülke koşullarına (kalkınma , göç , vb.) bağlı olduğu unutulmamalıdır.

4.8.3. Hane Sayısı

Hane sayısının eldeki mevcut veriler dikkate alındığında zamanla doğrusal değişim gösterdiği görülmektedir. Zamana bağlı olarak elde edilen regresyon denklemi (4.3.) de verilmiştir.

$$Y_{HS} = 2865,6 \times X_{\text{ZAMAN}} + 452839 \text{ ve } r^2 = 0,981 \quad (4.3.)$$

Bu denklemden faydalanılarak gelecekteki yıl ortası değerleri tahmin edilmiştir.

4.8.4. GSYH / Kişi

Bu değişkende de regresyon yaklaşımı ile gelecekteki değeri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Regresyon sonucu elde edilen denklem (4.4.) de verilmiştir.

$$Y_{\text{GSYH/KİŞİ}} = 4588,3 \times e^{(0,0161 \times X_{\text{zaman}})} \text{ ve } r^2 = 0,833 \quad (4.4.)$$

Unutulması gereken husus enflasyonun belirsizlik gösterdiği ülkemizde gelecekteki tahminlerin, fiyatların bugünkü karşılığı üzerinden değerlerini yansıtmış olmasıdır.

4.8.5. Sıcaklık, Yağış Ve Nem

Gelecekteki sıcaklık, yağış ve nem değerlerinin tahmininde mevcut verilerin her yılın Temmuz aylarındaki değişiminden faydalanılmıştır. Diğer bağımsız değişkenlerde olduğu gibi zamana bağlı değişimleri sonucu gelecekteki değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Her bir bağımsız değişkenin gelecekteki 20 yıl için Temmuz aylarının tahminlerinin yapılabilmesi için yukarıda anlatıldığı gibi oluşturulan denklemlerden elde edilen değerler Çizelge 4.7. ' de özetlenmiştir.

Çizelge 4.7. Her bir değişkenin 20 yıl için yıl ortası tahminleri.

Yıllar	Ortalama Eysel Su Faturasası X_1 (Ytl / Kişi)	Nüfus X_2 (Kişi)	Hane Sayısı X_3 (Adet)	Kişi Başına Gayri Safi Yurtiçi Hasıla X_4 (Ytl / Kişi)	Aylık		
					Ortalama Sıcaklık X_5 (°C)	Toplam Yağış X_6 (mm)	Ortalama Nem X_7 (%)
2006	25,40	4089609	782387	29224,53	28,9	0,6	56,1
2007	24,95	4209842	816775	35453,01	28,8	0,5	56,8
2008	24,53	4333610	851163	43008,94	28,8	0,5	57,4
2009	24,15	4461017	885550	52175,23	28,7	0,4	58,1
2010	23,80	4592170	919938	63295,09	28,7	0,4	58,7
2011	23,47	4727178	954325	76784,88	28,6	0,4	59,4
2012	23,17	4866156	988713	93149,67	28,6	0,3	60,0
2013	22,88	5009220	1023101	113002,22	28,6	0,3	60,7
2014	22,61	5156490	1057488	137085,84	28,5	0,2	61,3
2015	22,36	5308089	1091876	166302,29	28,5	0,2	62,0
2016	22,12	5464145	1126264	201745,51	28,4	0,2	62,6
2017	21,89	5624790	1160651	244742,57	28,4	0,1	63,3
2018	21,67	5790157	1195039	296903,38	28,3	0,1	63,9
2019	21,46	5960386	1229427	360180,99	28,3	0,1	64,6
2020	21,26	6135620	1263814	436944,65	28,3	0,0	65,2
2021	21,07	6316005	1298202	530068,58	28,2	0,0	65,9
2022	20,89	6501694	1332589	643039,57	28,2	0,0	66,5
2023	20,71	6692842	1366977	780087,53	28,1	0,0	67,2
2024	20,54	6889610	1401365	946343,87	28,1	0,0	67,8
2025	20,38	7092163	1435752	1148033,63	28,0	0,0	68,5
2026	20,22	7300670	1470140	1392708,57	28,0	0,0	69,1
2027	20,07	7515308	1504528	1689529,91	28,0	0,0	69,8

4.9. Su Kullanımları Regresyon Modelleri ve İstatistik Modellerin Elde Edilmesi

Verilerin, eksik olan kısımları tamamlandıktan sonraki istatistik parametreleri Çizelge 4.8. de özetlenmiştir.

Çizelge 4.8. İzmir iline ait verilerin istatistik parametreleri.

İstatistik Parametreler	Su Kullanımı Y (m ³)	Ortalama Eysel Su Harcaması X_1 (ytl / kişi)	Nüfus X_2 (kişi)	Hane Sayısı X_3 (adet)	GSYH/Kişi X_4 (ytl / kişi)	Aylık Ortalama Sıcaklık X_5 (°C)	Aylık Toplam Yağış X_6 (mm)	Aylık Ortalama Nem X_7 (%)
Xmin	5887594	19,64	3105515	455705	6467,51	5,6	0	39,4
Xmax	11328637	50,87	4021065	756589	42057,57	29,9	287,4	76,7
Ortalama	8218526	30,14	3543783	609017	13176,02	18,3	60,7	63,3
S.Sapma	1139104	7,47	266619	89413	9167,46	7,2	71,0	7,2
Çarpıklık Katsayısı	0,504	0,753	0,092	-0,004	1,647	0,103	1,478	-0,507

Regresyon denklemlerinin elde edilmesi amacıyla her bir bağımsız değişkenin su kullanımını nasıl etkilediği ayrı ayrı araştırılmıştır. Bu işlemler bütün kombinasyonlar için eğitim amaçlı ayrılan veriler üzerinde yapılmıştır. Çoklu regresyon modelleri oluşturulurken korelasyon katsayısı en büyük olan tekil regresyon denklemindeki bağımsız değişken ile sırasıyla diğer değişkenlerin de denkleme kullanılması durumunda su kullanımının nasıl değişkenlik gösterdiği araştırılmıştır. Bu şekilde tekrar eden işlemler sonunda elde edilen istatistik modellere ait tekli ve çoklu regresyon denklemleri Çizelge 4.9. da gösterilmiştir. Çizelgede gösterilen korelasyon katsayıları sırasıyla eğitim ve test verilerinden elde edilmiştir. Eğitim verileri ile yapılan işlem, su kullanımının ile hangi bağımsız değişkenlerden nasıl etkilendiğinin araştırılması işlemidir. Test verileri ile yapılan işlem ise eğitim verileri işlemi aşamasında bulunan regresyon denklemleri yardımı ile test için ayrılan verilerin bu denklemlerde yerine konulmasıdır. Sonuçta test için ayrılmış su kullanımı değerlerine, eğitim verilerinden elde edilen regresyon denklemleri yardımı ile ne kadar yaklaşıldığını araştırmak amacıyla en uygun model elde edilmeye çalışılmıştır.

Çizelge 4.9. Uygulamada kullanılan modeller ve regresyon denklemleri.

Modeller	Regresyon Denklemi	Korelasyon Katsayısı	
		Eğitim	Test
T1	$Y = 3990917,714 + 1158765,625 \cdot \ln(X_1)$	0,291	0,947
T2	$\log(Y) = 2,689 + 0,644 \cdot \log(X_2)$	0,326	0,228
T3	$\log(Y) = 5,118 + 0,3091 \cdot \log(X_3)$	0,326	0,206
T4	$\log(Y) = 6,34233 + 0,1409 \cdot \log(X_4)$	0,323	0,243
T5	$Y = 95402,368 \cdot (X_5) + 6231193,224$	0,729	0,680
T6	$Y = 8345231,297 - 5993,789 \cdot (X_6)$	-0,447	0,388
T7	$Y = -4442126,808 \cdot \ln(X_7) + 26357501,31$	-0,593	0,440
T8	$Y = 6328425 - 4851,106 \cdot (X_1) + 97568,3241 \cdot (X_5)$	0,715	0,669
T9	$Y = 623371,7 + 1,622 \cdot (X_2) + 95506,812 \cdot (X_5)$	0,793	0,715
T10	$Y = 3486326 + 4,7169 \cdot (X_3) + 95679,827 \cdot (X_5)$	0,794	0,710
T11	$Y = 5156039 + 113,1838 \cdot (X_4) + 97536,375 \cdot (X_5)$	0,791	0,630
T12	$Y = 5887092 + 107223,528 \cdot (X_5) + 1789 \cdot (X_6)$	0,721	0,696
T13	$Y = 6289582 + 94557,797 \cdot (X_5) + 923,676 \cdot (X_7)$	0,714	0,680
T14	$Y = 1625164 + 33659,56 \cdot (X_1) + 6,597 \cdot (X_3) + 80275,97 \cdot (X_5)$	0,818	0,788
T15	$Y = 9856259 - 3,579 \cdot (X_2) - 15,04 \cdot (X_3) + 96055,128 \cdot (X_5)$	0,795	0,693
T16	$Y = 4067865 + 2,817 \cdot (X_3) + 55,263 \cdot (X_4) + 96616,418 \cdot (X_5)$	0,799	0,715
T17	$Y = 3102552 + 4,754 \cdot (X_3) + 108724,535 \cdot (X_5) + 1961,4137 \cdot (X_6)$	0,801	0,723
T18	$Y = 4820506 + 5,015 \cdot (X_3) + 79692,019 \cdot (X_5) - 19198,5618 \cdot (X_7)$	0,799	0,698
T19	$Y = 8323716 + 33731,14 \cdot (X_1) - 3,766 \cdot (X_2) + 17,463 \cdot (X_3) + 80638,11 \cdot (X_5)$	0,819	0,773
T20	$Y = 2150574 + 32477,06 \cdot (X_1) + 5,029 \cdot (X_3) + 43,716 \cdot (X_4) + 81558,018 \cdot (X_5)$	0,821	0,771
T21	$Y = 938271,2 + 37042,98 \cdot (X_1) + 6,836 \cdot (X_3) + 95716,444 \cdot (X_5) + 2554,458 \cdot (X_6)$	0,829	0,800
T22	$Y = 2749020 + 32504,13 \cdot (X_1) + 6,796 \cdot (X_3) + 68102,889 \cdot (X_5) - 15252,703 \cdot (X_7)$	0,821	0,783
T23	$Y = 6944286 + 37077,74 \cdot (X_1) - 3,373 \cdot (X_2) + 16,566 \cdot (X_3) + 95906,873 \cdot (X_5) + 2532,298 \cdot (X_6)$	0,830	0,787
T24	$Y = 1504967 + 35387,34 \cdot (X_1) + 5,075 \cdot (X_3) + 49,322 \cdot (X_4) + 97749,364 \cdot (X_5) + 2651,483 \cdot (X_6)$	0,833	0,762
T25	$Y = 2729222 + 35972,23 \cdot (X_1) + 7,209 \cdot (X_3) + 78620,3 \cdot (X_5) + 3289,662 \cdot (X_6) - 26989,447 \cdot (X_7)$	0,838	0,792
T26	$Y = 4956190 + 36010,07 \cdot (X_1) - 1,274 \cdot (X_2) + 10,876 \cdot (X_3) + 79086,69 \cdot (X_5) + 3264,329 \cdot (X_6) - 26366,712 \cdot (X_7)$	0,838	0,788
T27	$Y = 3261465 + 34809,17 \cdot (X_1) + 5,498 \cdot (X_3) + 48,072 \cdot (X_4) + 80793,45 \cdot (X_5) + 3375,982 \cdot (X_6) - 26686,725 \cdot (X_7)$	0,841	0,748
T28	$Y = 13604831 + 34555,94 \cdot (X_1) - 5,806 \cdot (X_2) + 21,568 \cdot (X_3) + 65,665 \cdot (X_4) + 83714,12 \cdot (X_5) + 3292,127 \cdot (X_6) - 23738,053 \cdot (X_7)$	0,843	0,738

4.10. Su Kullanımları YSA Modelleri

YSA modelleri, istatistik modellerin içerisinde 16 tanesi seçilerek oluşturulmuştur. Yapılan bu çalışmada geleceğe yönelik tahminler elde edileceğinden bu kullanım alanına uygun olarak tüm YSA modellerinde ileri beslemeli – geriye yayımlı (feed-forward backpropagation) ağ modeli seçilmiştir. Kentsel içme suyu ihtiyacı, bağımsız değişkenlerden lineer olmayan bir etki ile etkilendiğinden gizli tabakadaki hücrelerin içerisine yerleştirilen işlemci fonksiyon da lineer olmayan bir fonksiyon olarak (Sigmoid) seçilmiştir. Ağın eğitimi aşamasında karşılaşılan zorluklar sebebiyle gizli tabakadaki tüm hücrelerde aynı işlemci fonksiyonu kullanılmıştır. Uygulamada tüm sayısal işlemler bilgisayarda MATLAB paket programı üzerinden yapılmıştır. Programa veri girişi yapılırken sigmoid fonksiyonunun özelliğinden dolayı veriler standardize edilerek giriş yapılmıştır. Verileri standardize etmek için (4.5.) denkleminde faydalanılmıştır.

$$X_s = \{ (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \} \quad (4.5.)$$

X_s : Standardize edilmiş değer

X_i : Standardize edilecek değer

$X_{\max}$: Veri serisindeki en büyük değer

$X_{\min}$: Veri serisindeki en küçük değer

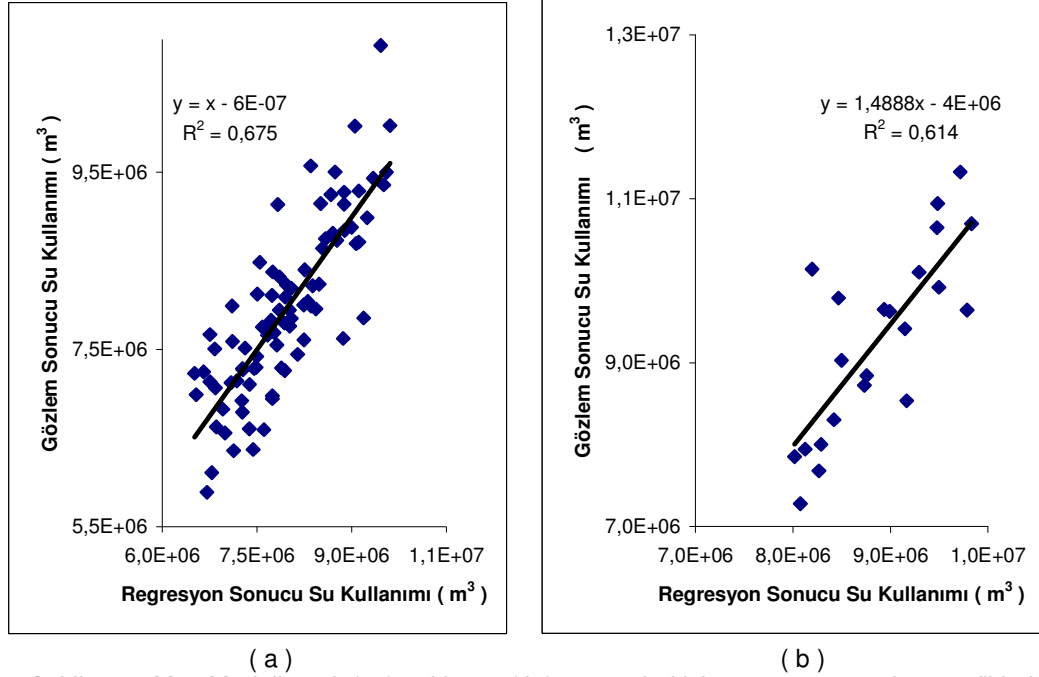
Aynı yaklaşımla eğitime aşamasının sonunda elde edilen program verileri de (4.8.) formülünden yararlanılarak verilerin, standardize edilmemiş gerçek değerleri elde edilmiştir. YSA modellerinin eğitime aşamasında her bir model için tek gizli tabaka için en uygun hücre sayıları çeşitli denemeler sonucu elde edilmiştir. Test aşamasında ise gözlenen su kullanımları ile ağdan elde edilen su kullanımları karşılaştırılmıştır. Modellere ait eğitim ve test verilerinin saçılma diyagramları EK 1 de sunulmuştur. Ayrıca modellerinin YSA ve regresyon eğitime ve test sonuçları Çizelge 4.10 da özetlenmiştir.

Çizelge 4.10. YSA ve regresyon ile içme suyu ihtiyacı eğitme ve test sonuçları.

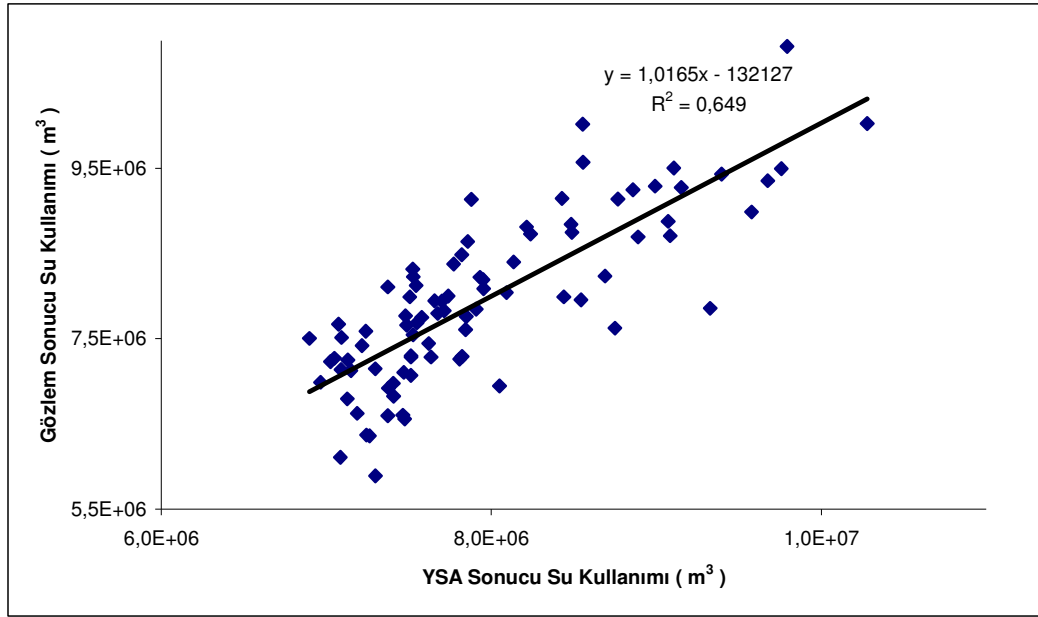
YSA Modelleri	Girdi Değişkenleri	Gizli Tabakadaki Hücre Sayısı	YSA EĞİTİM		YSA TEST		REGRESYON EĞİTİM		REGRESYON TEST	
			OKH	R ²	OKH	R ²	OKH	R ²	OKH	R ²
M1	(X ₁)	1	0,038	0,485	0,038	0,616	0,077	0,085	0,014	0,898
M9	(X ₂ , X ₅)	3	0,016	0,583	0,044	0,532	0,031	0,629	0,052	0,511
M10	(X ₃ , X ₅)	3	0,017	0,544	0,045	0,509	0,031	0,630	0,054	0,504
M14	(X ₁ , X ₃ , X ₅)	3	0,015	0,590	0,032	0,613	0,030	0,670	0,041	0,621
M16	(X ₃ , X ₄ , X ₅)	4	0,022	0,403	0,053	0,424	0,025	0,638	0,045	0,511
M17	(X ₃ , X ₅ , X ₆)	2	0,017	0,541	0,043	0,501	0,032	0,641	0,054	0,523
M19	(X ₁ , X ₂ , X ₃ , X ₅)	3	0,025	0,329	0,038	0,679	0,030	0,671	0,047	0,597
M20	(X ₁ , X ₃ , X ₄ , X ₅)	3	0,014	0,613	0,044	0,438	0,197	0,675	0,035	0,594
M21	(X ₁ , X ₃ , X ₅ , X ₆)	3	0,019	0,495	0,021	0,807	0,028	0,688	0,033	0,640
M22	(X ₁ , X ₃ , X ₅ , X ₇)	3	0,013	0,649	0,026	0,700	0,025	0,675	0,041	0,614
M23	(X ₁ , X ₂ , X ₃ , X ₅ , X ₆)	4	0,014	0,624	0,025	0,737	0,028	0,689	0,037	0,619
M24	(X ₁ , X ₃ , X ₄ , X ₅ , X ₆)	4	0,014	0,617	0,026	0,703	0,023	0,694	0,035	0,581
M25	(X ₁ , X ₃ , X ₅ , X ₆ , X ₇)	4	0,015	0,589	0,028	0,634	0,018	0,702	0,036	0,627
M26	(X ₁ , X ₂ , X ₃ , X ₅ , X ₆ , X ₇)	5	0,001	0,588	0,027	0,643	0,011	0,702	0,037	0,622
M27	(X ₁ , X ₃ , X ₄ , X ₅ , X ₆ , X ₇)	5	0,022	0,445	0,029	0,630	0,019	0,708	0,037	0,559
M28	(X ₁ , X ₂ , X ₃ , X ₄ , X ₅ , X ₆ , X ₇)	6	0,015	0,610	0,027	0,698	0,020	0,711	0,039	0,544

4.11. Yapay Sinir Ağları Modellerinden En Uygun Olan Modelle Gelecekteki İçme Suyu İhtiyacının Tahmini

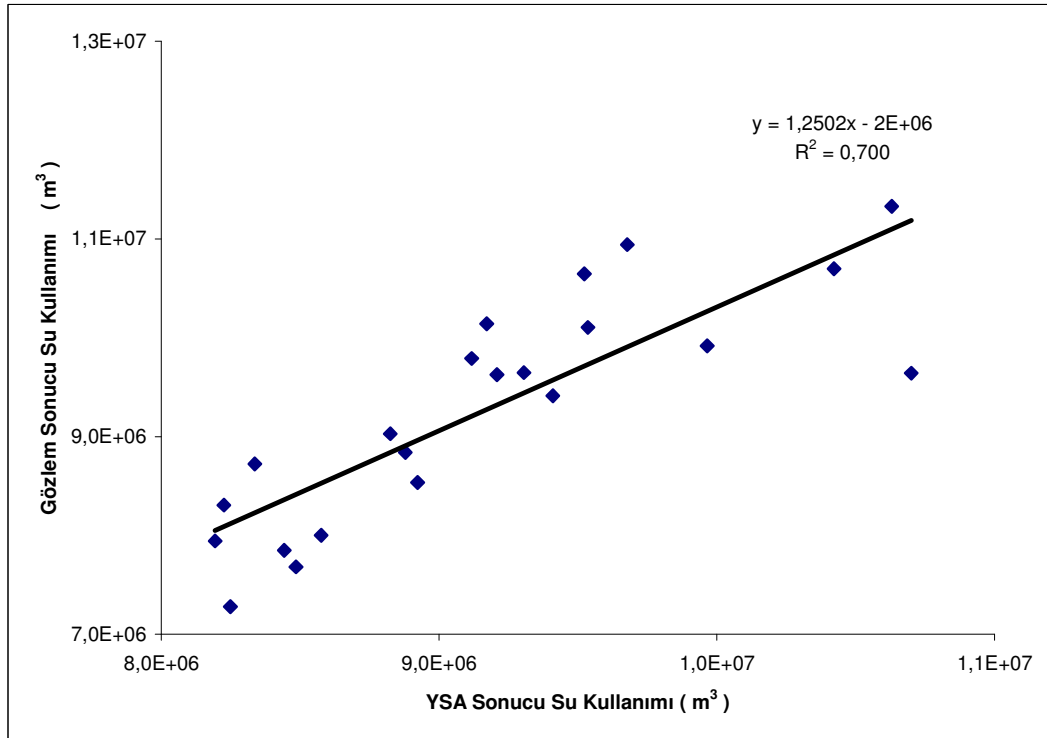
Çizelge 4.10 da YSA modellerine ait ortalama karesel hata (OKH) ve belirlilik katsayısı (R^2) değerleri verilmiştir. Geleceğe yönelik kentsel içme suyu ihtiyacını tahmin etmek için kullanılacak model belirlilik katsayısı en büyük ve ortalama karesel hata değeri en küçük olan M22 modeli en uygun YSA modeli seçilmiştir ($R^2 = 0,649$ ve OKH = 0,013). Bu modele ait saçılma diyagramları Şekil 4.13. , Şekil 4.14.a. ve Şekil 4.14.b. de verilmiştir. Ayrıca bu modele ait gözlenen, regresyon sonucu ve YSA sonucu su kullanımı grafikleri de Şekil 4.15. ve Şekil 4.16. de verilmiştir.



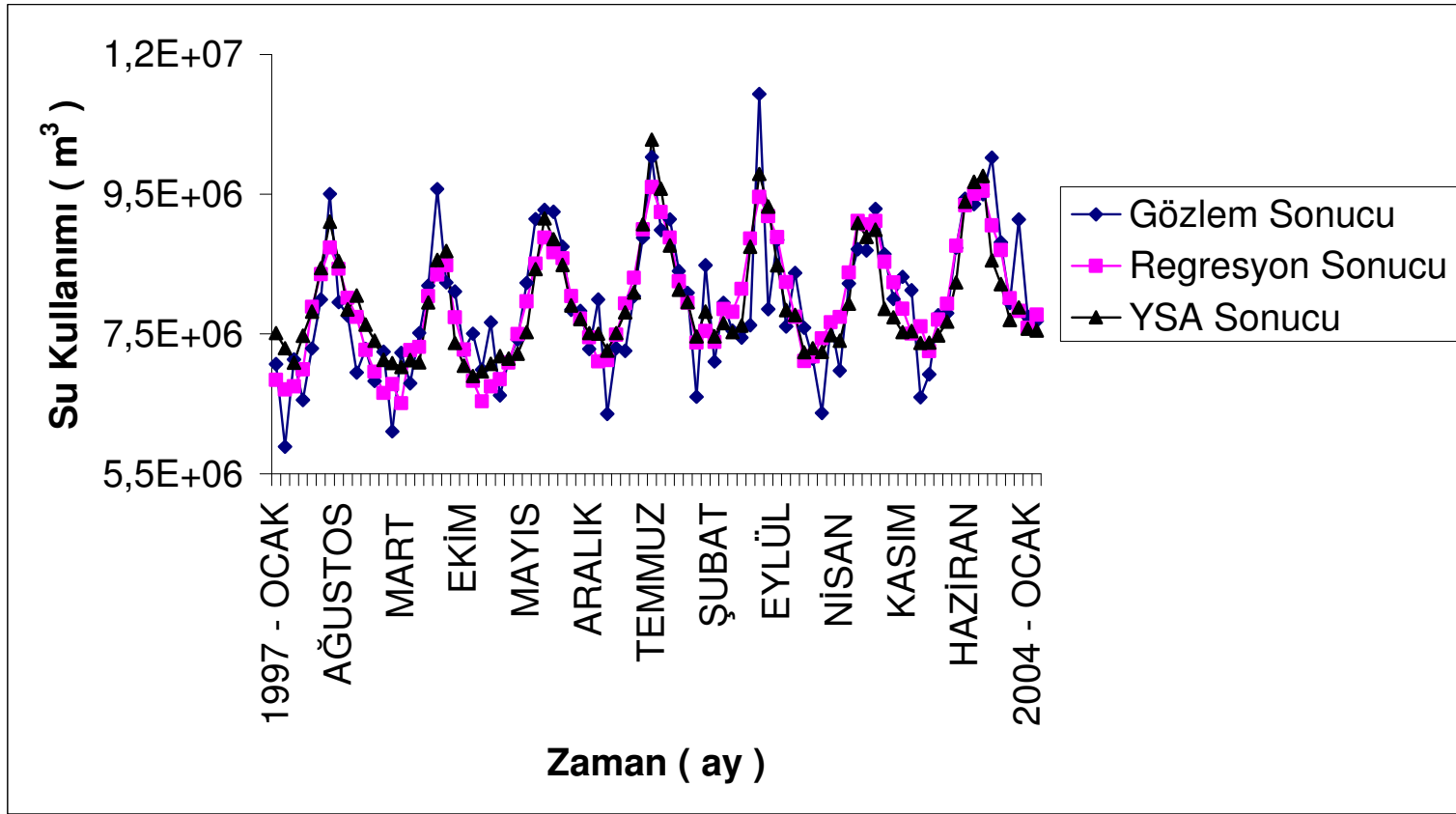
Şekil 4.13. M22 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri



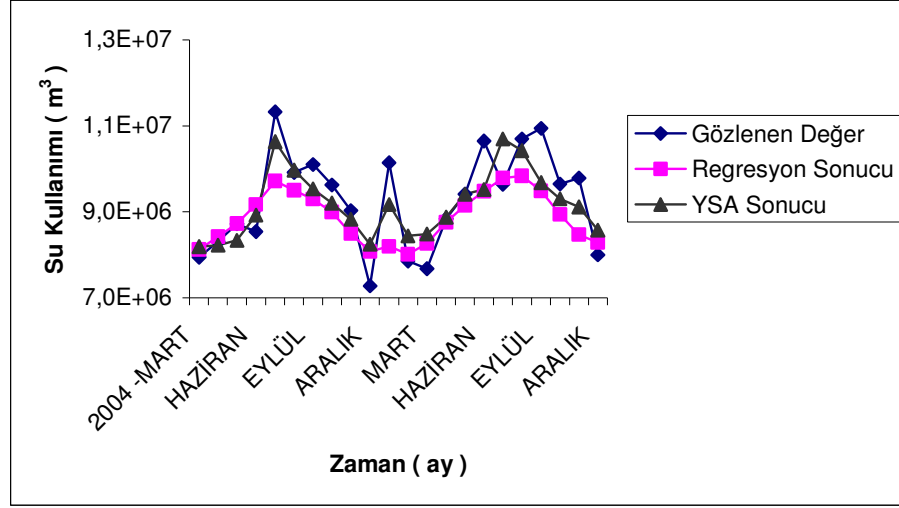
Şekil 4.14.a. M22 Modeline ait eğitim seti için YSA saçılma grafiği.



Şekil 4.14.b. M22 Modeline ait test seti için YSA saçılma grafiği.

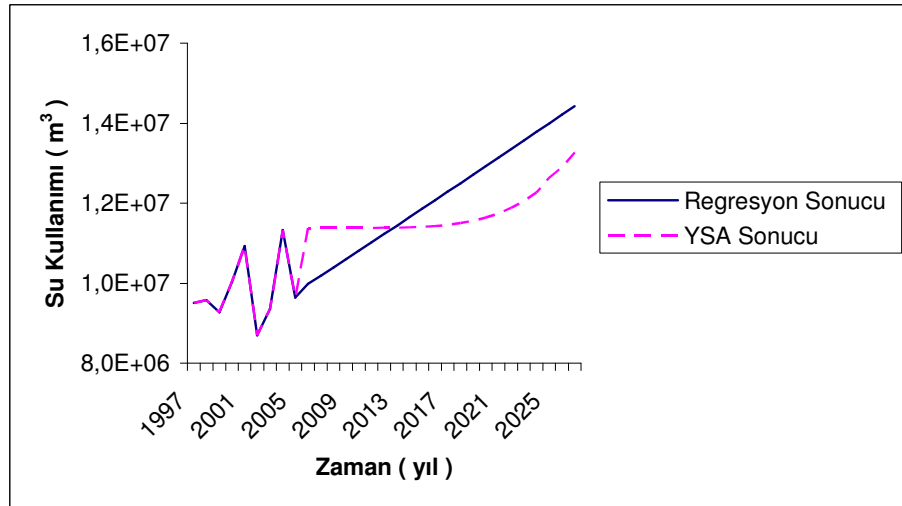


Şekil 4.15. M22 Modeline ait eğitim verileri su kullanımları.



Şekil 4.16. M22 Modeline ait test verileri su kullanımları.

Buna göre su kullanımlarının ortalama evsel su faturası (X_1), hane sayısı (X_3), sıcaklık (X_5) ve nem (X_7) değişkenlerinden elde edilebileceği sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu modele uygun olarak Çizelge 4.7. deki gelecekteki 20 yıl için elde edilmiş bağımsız değişkenlerin değerleri ile gelecekteki su ihtiyacı grafiği elde edilmiştir (Şekil 4.17.).



Şekil 4.17. Gelecekteki su ihtiyacının regresyon ve YSA analizleri sonucu grafiği.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kentsel içme ve kullanma suyunun tahmini, iletim ve dağıtım şebekelerinin projelendirilmesinde, içme suyu master planlarının hazırlanmasında ve uygulanacak tedbirlerin tespit edilmesinde büyük önem taşımaktadır. Projelendirilecek iletim ve dağıtım elemanlarının yeterli boyut ve özelliklerinin tayininde ve ekonomik ve verimli ömürlerinin tayininde sağlıklı tahminler yapmak büyük bir önem taşır. Geleneksel tahmin yöntemleri problemin içerdiği belirsizlikler ve doğrusal olmayan değişkenlerin etkilerini incelemede yetersiz kalabilmektedir. Bunun için alternatif tahmin yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada su ihtiyacının birçok değişkene lineer olmayan şekilde bağlı olması nedeni ile su ihtiyacı tahmininde yapay sinir ağı kullanılmıştır.

Bu çalışmada İzmir iline ait su ihtiyacı, su kullanımlarını etkileyen değişkenlere ait verilerin Devlet Meteoroloji İşleri, Türkiye İstatistik Kurumu, İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi gibi kurumlardan derlenmesiyle tahmin edilmeye çalışılmıştır. Derlenen verilerin eksik kısımları zamana bağlı değişimleri dikkate alınarak tamamlanmıştır. Eksik verilerin tamamlanmasıyla verilerin, uygulanacak modellerde kullanılmak üzere son hali elde edilmiştir. Burada istatistik modeller ve yapay sinir ağı modeli kullanılmak üzere iki tür yaklaşımla su ihtiyacı tahmini yapılmaya çalışılmıştır. Sağlıklı tahminlerin yapılabilmesi için yapay sinir ağı modelinde problemin karakteristik özelliğine bağlı olarak ileri beslemeli geriye yayımlı ağı modeli kullanılmış ve YSA metodolojisine uygun olarak eğitim ve test aşamalarından geçirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu İzmir ilinin içme suyu ihtiyacını en iyi M22 numaralı YSA modelinin tanımladığı görülmüştür.

İçme suyu ihtiyacının elde edilen grafikten de anlaşılacağı gibi önümüzdeki yıllarda gittikçe artmakta olduğu her iki yöntemle de gözlenmiştir. Burada kullanılan yapay sinir ağı modelinin daha başarılı bir şekilde uygulaması sağlıklı ve yeterli miktarda verilere bağlıdır. Eksik verilerin yerine sağlıklı ölçümleri yapılmış gerçek verilerin kullanılması halinde daha sağlıklı sonuçlara ulaşılabilirdi. Fakat verilerin elde edilmesindeki güçlükler bunu mümkün kılmamıştır. Mevcut verilerle en sağlıklı tahminler yapılmaya çalışılmıştır.

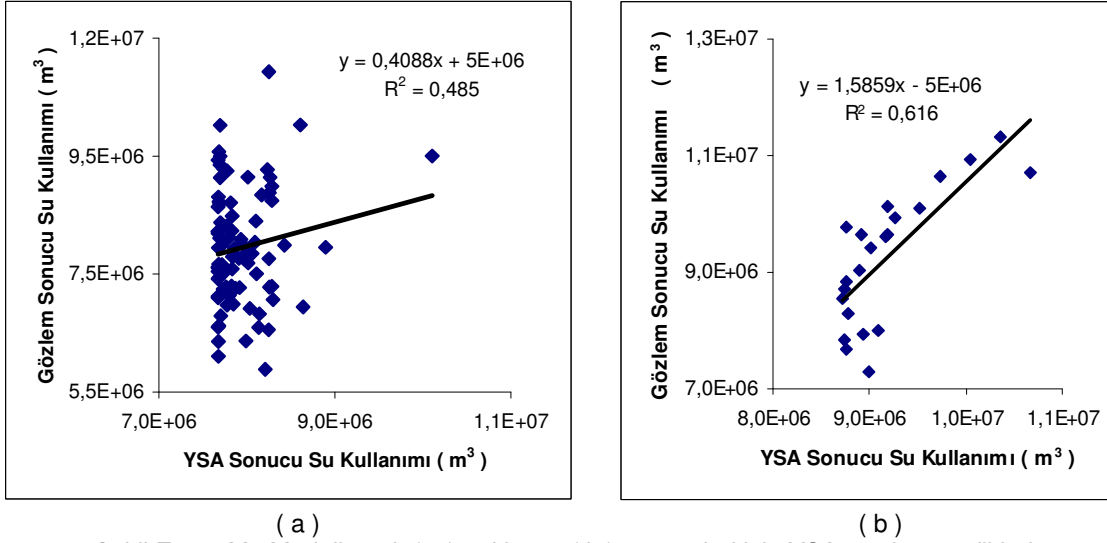
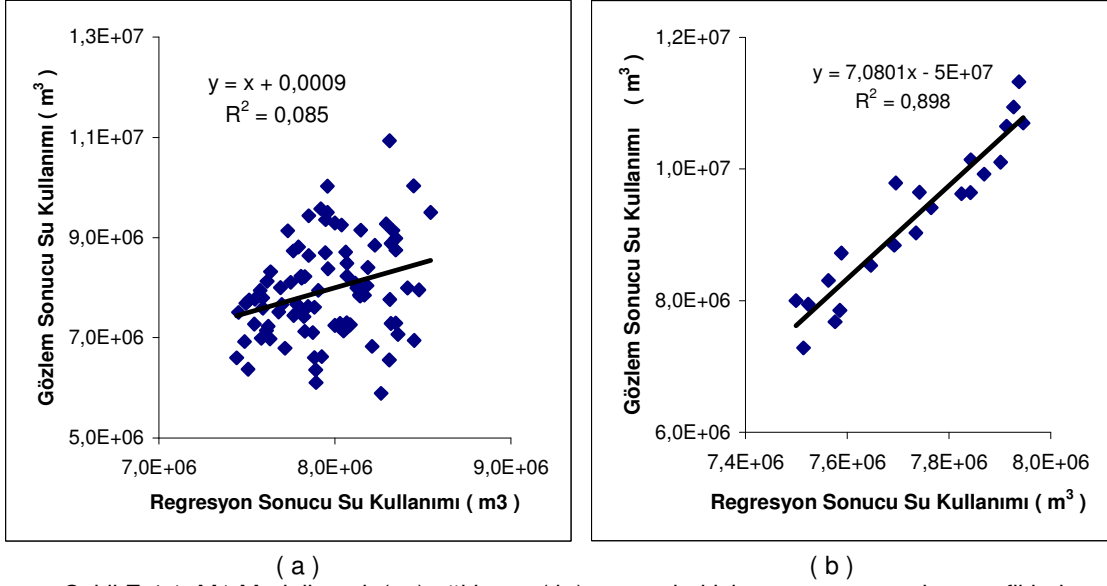
Günümüz koşullarında gelişen ve değişen hayat şartları sınırlı olan kaynaklarımızı daha tasarruflu kullanmamızı şart koşmuştur. Bunlardan en önemlisi olan suya olan ihtiyacın gelecekte artış gösterdiği dikkate alınırsa almamız gereken tedbirlerin ve sorgulamamız gereken yaşama alışkanlıklarımızın önemi bir kez daha ortaya çıkacaktır.

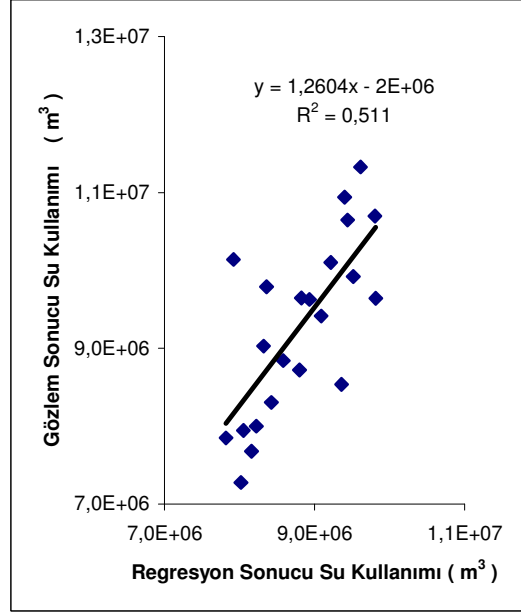
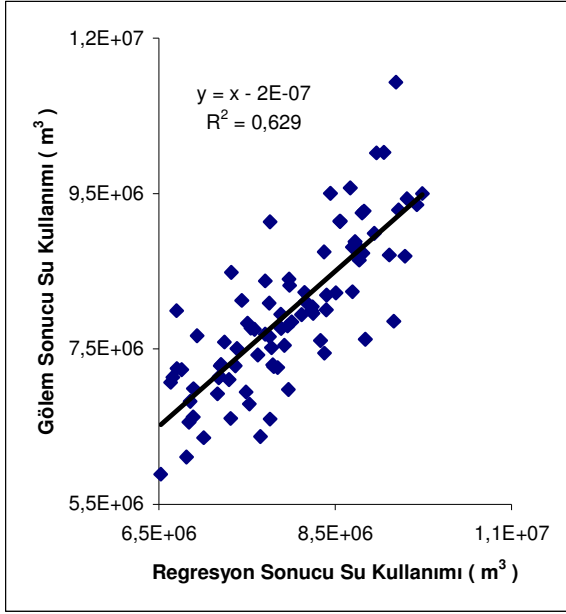
KAYNAKLAR

1. İller Bankası İçme Suyu Dairesi Başkanlığı (<http://www.ilbank.gov.tr/?komut=ic&pid=55>)
2. Daneshfaraz, R. , Türkiye’ de Su Kaynakları Yönetimi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Bülten, Eylül 2006, Yıl : 21, Sayı : 130 Bonab Azad Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bonab, İran.
3. İzmir İçme Suyu Master Planı, 2005.
4. Yurdusev , M.A. , Su Kaynakları Yönetiminde Kurumsal Gelişme , İzmir Su Kongresi ,Haziran 1999 .
5. Muslu, Y. , Çözümlü Problemlerle Su Temini ve Çevre Sağlığı , İTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü ,1998.
6. Yılmaz, T. , Mühendisler İçin Uygulamalı İstatistik , Celal Bayar Üniversitesi Rektörlüğü Matbaası , Manisa , 2002.
7. ŞEN, Z , Yapay Sinir Ağları İlkeleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 2004.
8. Trippi, R. and Turban, E. , Neural Network in Finance and Investing, Irwin Professional Pub.,Chicago, p.a, 1996 , p.8,9.
9. Kohonen, T. , “ An Introduction to Neural Networks. , V : 1 p.4 , 1988.
10. Schalkof, R.J. , 1997 .Artificial Neural Networks , The McGraw – HillCompanies , Inc. , Newyork pp. 62 – 63 , 1997.
11. Mehra Pankaj- WAH W. Benjamin, Artificial Neural Networks : Concepts and Theory, IEEE Computer Society Press, Washington, 1992, pp.4-5.
12. Caudill Maureen, "Neural Networks Primer Part I", AI Expert, December 1987, pp.47.
13. Vemuri V. Rao, Artificial Neural Networks: Concepts and Control Applications, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, California, 1992, p.42,51.
14. www.dacs.dtic.mil/techs/neural/neural_ToC.html, 15.10.1998
15. Rumelhart D.E.-Hinton G.E.-McClelland, "A General Fremework for Parallel Distributed Processing", Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition, Vol: 1,MIT Press Cambridge, Massachusetts, 1986, p.51.
16. Rojas , R. , 1996.Neural Networks : A Systematic Introduction, Springer Verlag. Berlin pp.150, 1996.
17. Başbuğ Ragıp, "Yapay Sinir Ağları", Byte, (Şubat 1994), s.77,167.
18. Hinton Geoffrey E., "Connectionist Learning Procedures", Artificial Intelligence, V:40, N:1, p.189.
19. Hertz John- Krogh Anders - Palmer Richard G., Introduction To The Theory of Neural Computation, Addison-Wesley Publishing Company ,Redwood City (CA), 1991, p.10
20. Hecht-Neilsen Robert, Neurocomputing, Addison-Wesley Pub. Comp., ,Massachusetts, 1989, pp.48-49.
21. Ayrıca Bkz.: Hecht-Neilsen, pp.46-77.;Vemuri, p p.53-56.;Gallant, p p.61-251.

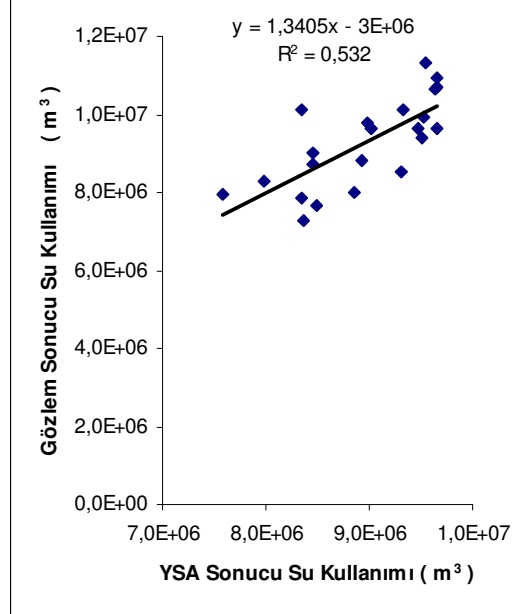
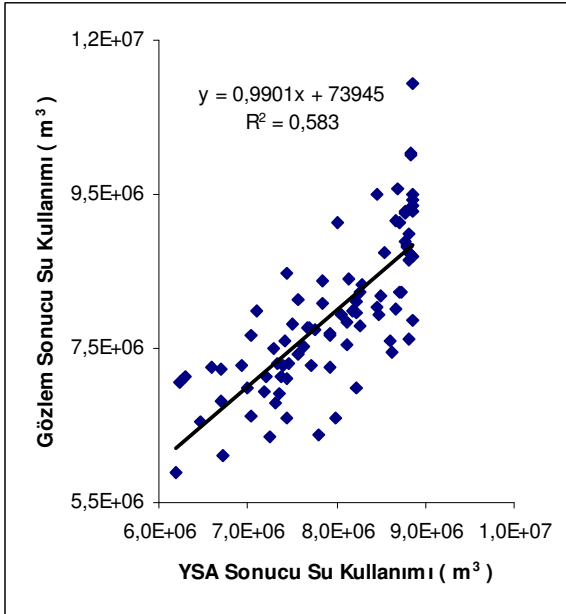
22. Haykin Simon, Neural Networks : A Comprehensive Foundation, Prentice Hall Int., Inc., New Jersey, 1994, p.49.
23. Widrow Bernard, Lehr Michael A., "30 Years of Adaptive Neural Networks: Perceptron, Madaline, and Backpropagation", Proceedings of the IEEE, V:78, N:9 (September 1990), pp.1417.
24. Caudill Maureen, "Neural Networks Primer Part III, AI Expert, (June,1988), pp.53-59.
25. Aci, M., Yapay Sinir Ağlarıyla Hidrolojik Modelleme, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Manisa 2006.
26. Schalkof Robert J., Pattern Recognition: Statical, Structural and Neural Approaches, John Wiley & Sons, inc., New York, 1992, p222-223.'den değiştirilerek alınmıştır.
27. Bishop Christopher M., Neural Netorks for Pattern Recognition, Clerendon Press, Oxford, 1997, pp.122-124.
28. <http://dacs.dtic.mil/tech/neural/neural6.html>
29. Sağıroğlu,Ş. , Yapay Sinir Ağları ve Mühendislik Uygulamaları, Erciyes Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Semineri.2000.
30. Atış, İ. İzmir Kenti İçme ve Kullanma Suyu Temini Dünu, Bugünü ve Yarını, İzmir Su Kongresi, Bildiriler Kitabı, 4 – 5 Haziran 1999.
31. <http://www.webforumu.com/enflasyon-nedir-nasil-hesaplanir-t12709.html>
32. Devlet İstatistik Enstitüsü (11 Ekim 2000 – 26 Ağustos 2002).
33. Türkiye İstatistik Kurumu– Ulusal Hesaplar

EK: REGRESYON VE YSA MODELLERİNE AİT SAÇILMA DİYAGRAMLARI

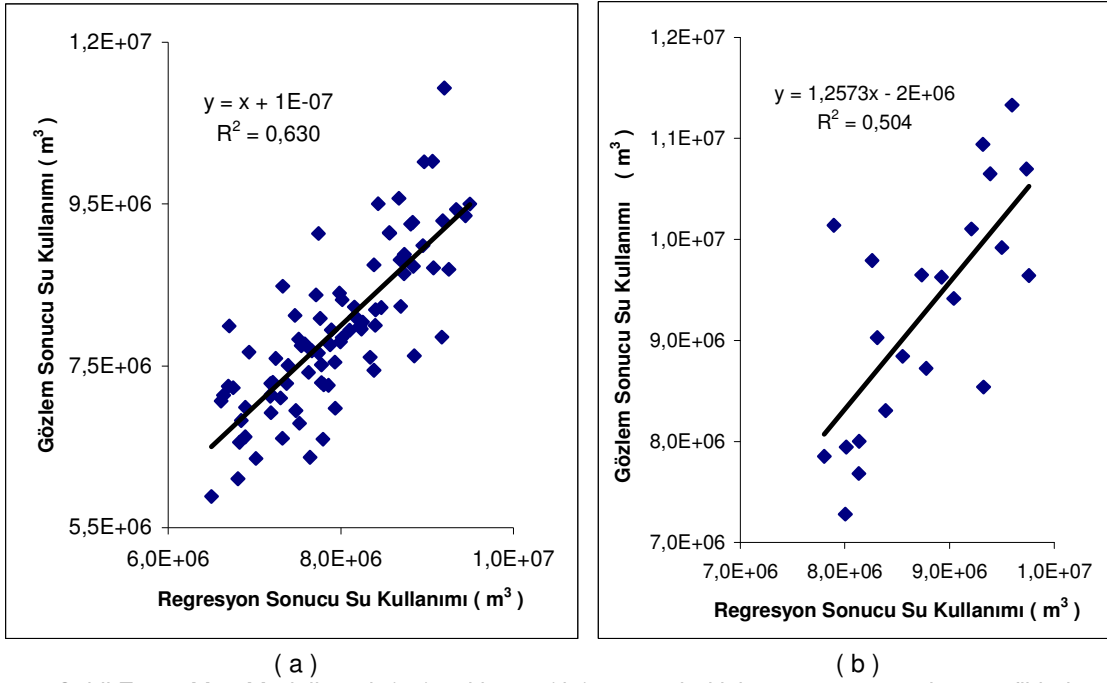




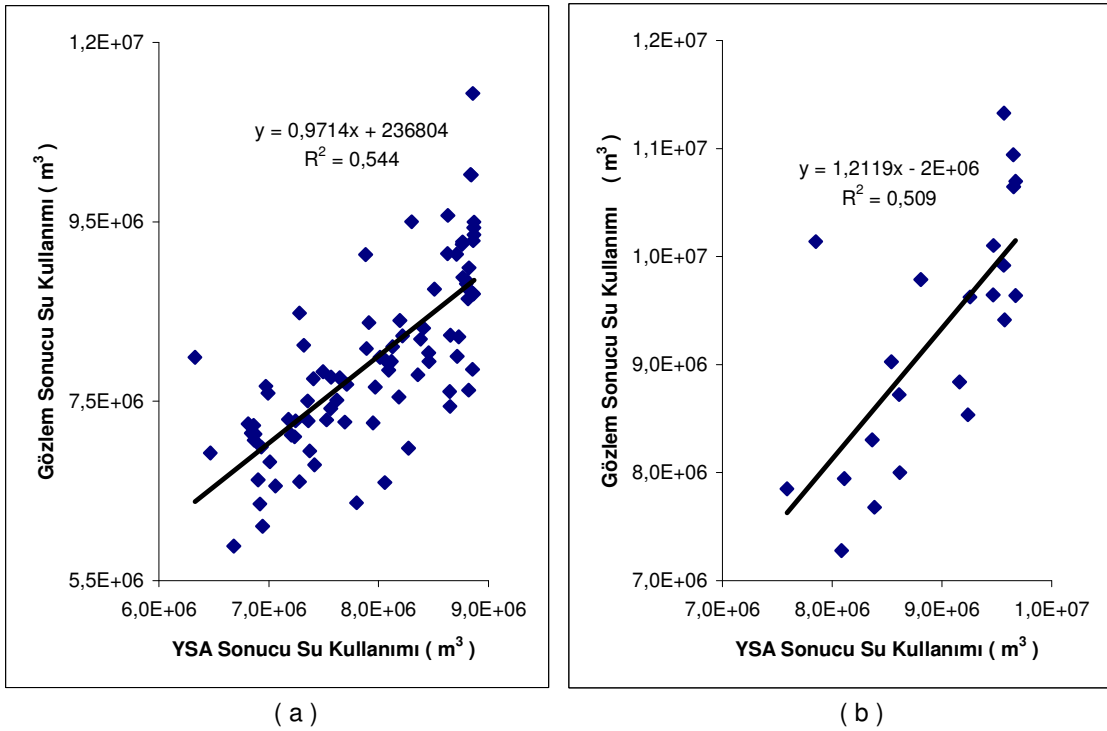
(a) (b)
Şekil E.4.3. M9 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri



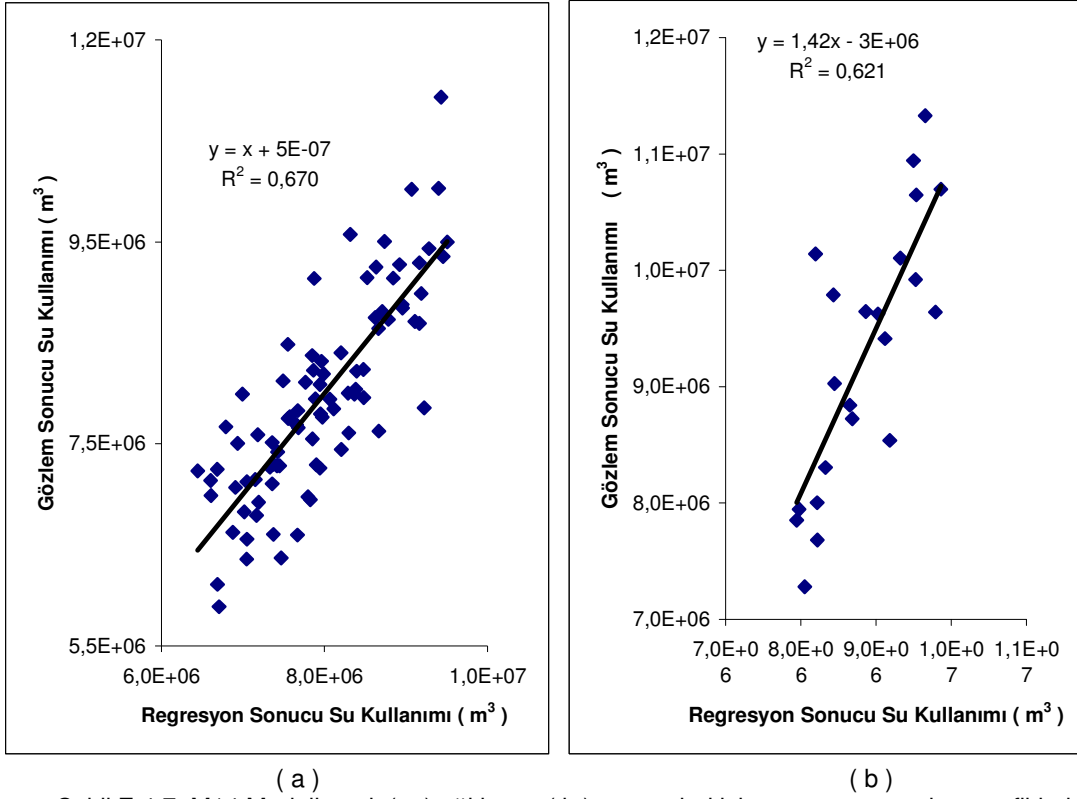
(a) (b)
Şekil E.4.4. M9 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri



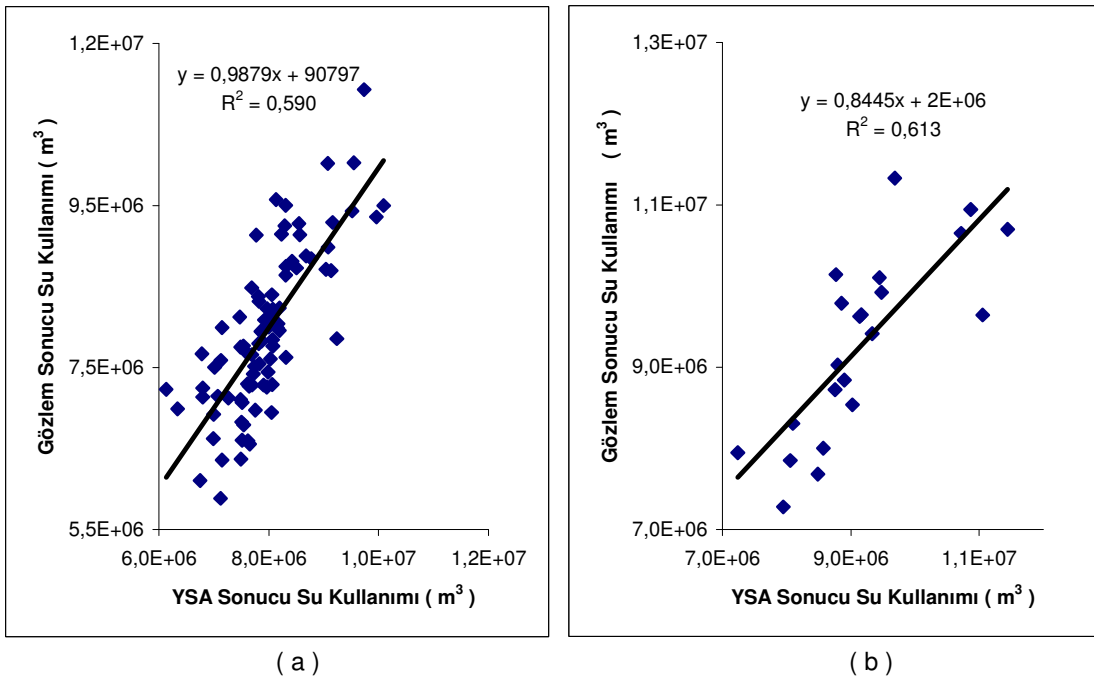
Şekil E.4.5. M10 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri



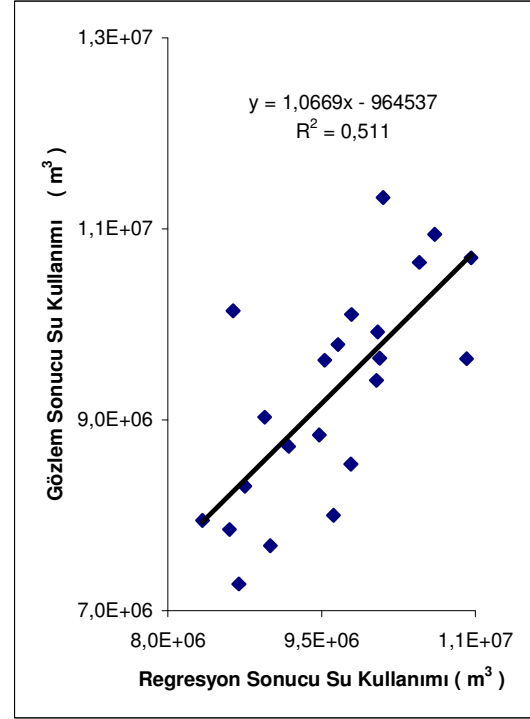
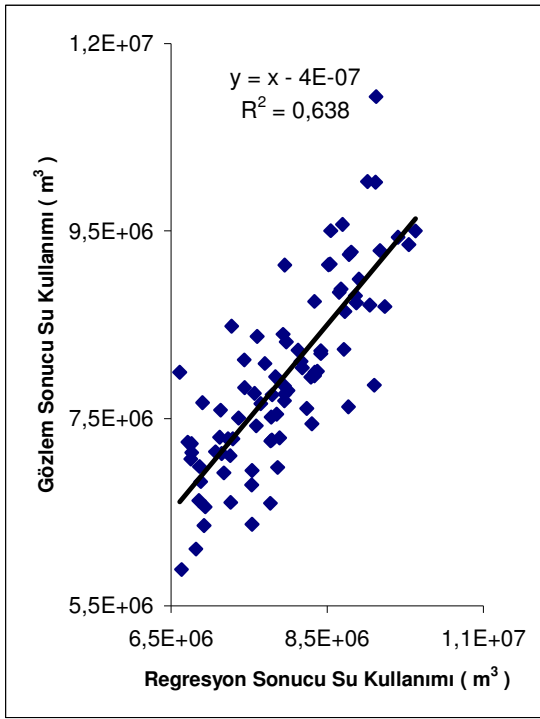
Şekil E.4.6. M10 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri



Şekil E.4.7. M14 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri



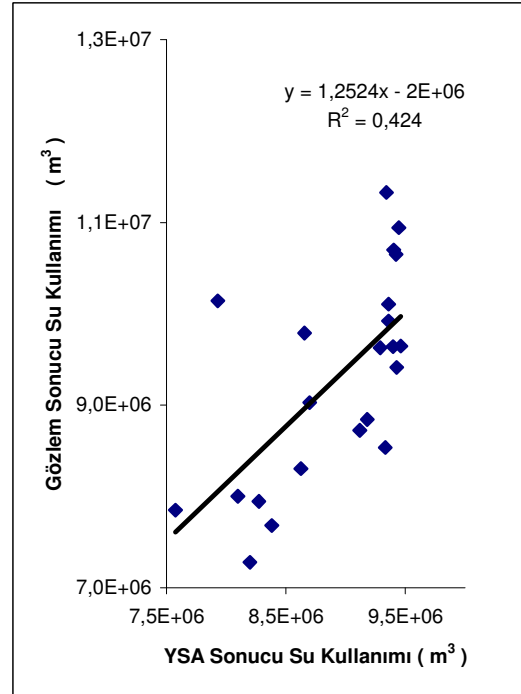
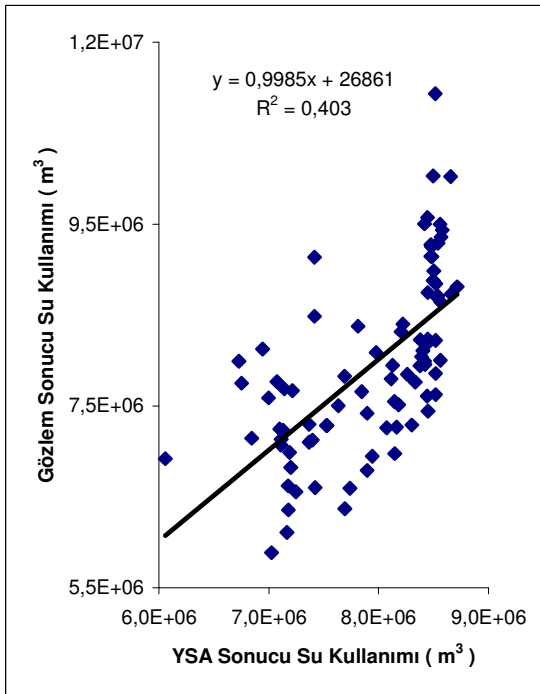
Şekil E.4.8. M14 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri



(a)

(b)

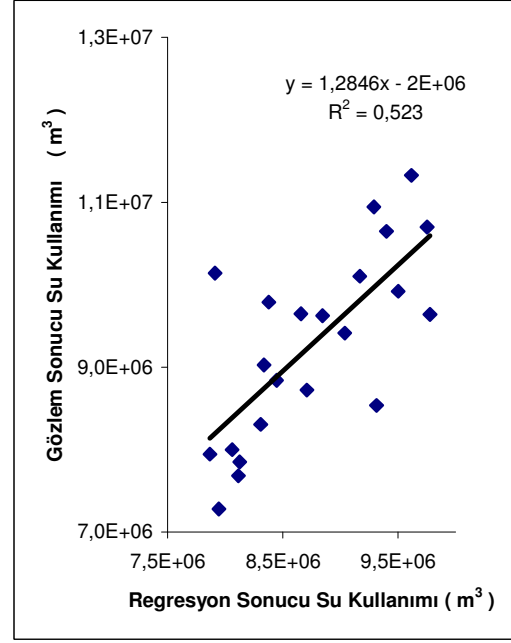
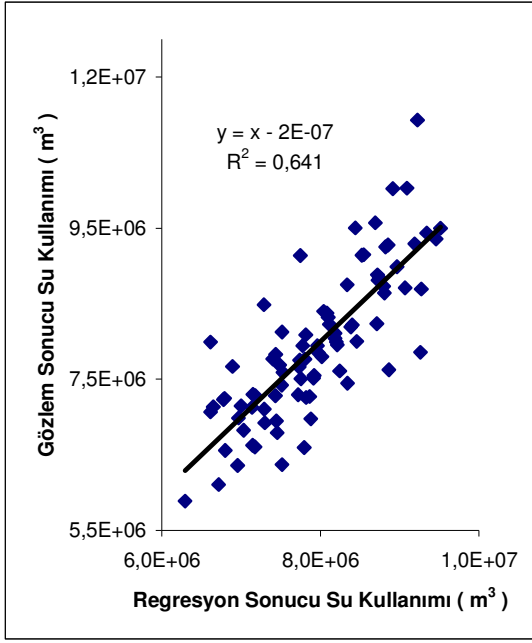
Şekil E.4.9. M16 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri



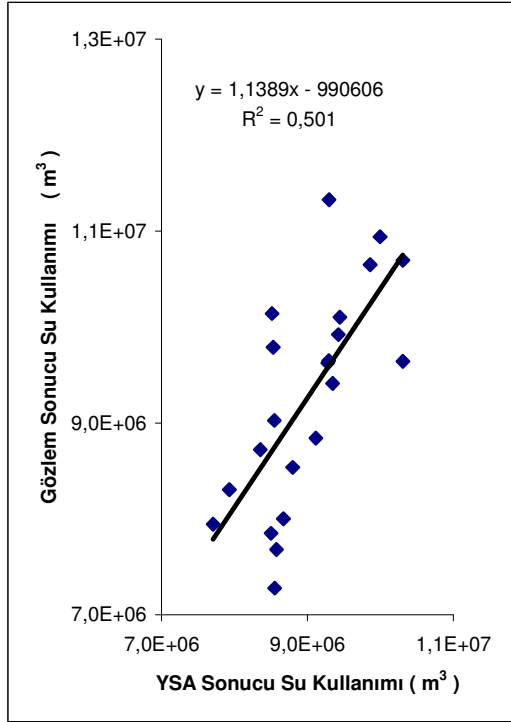
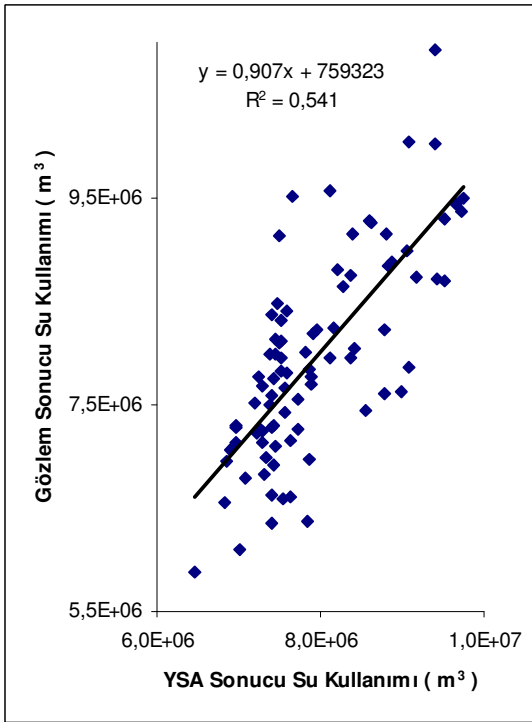
(a)

(b)

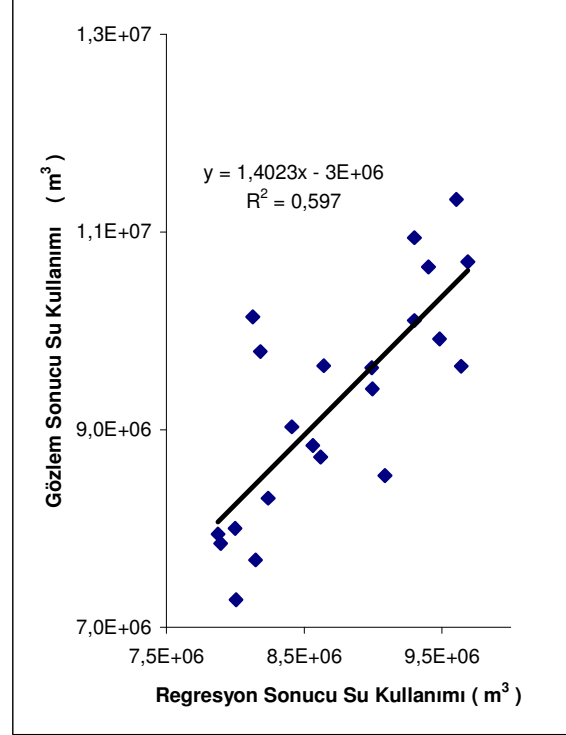
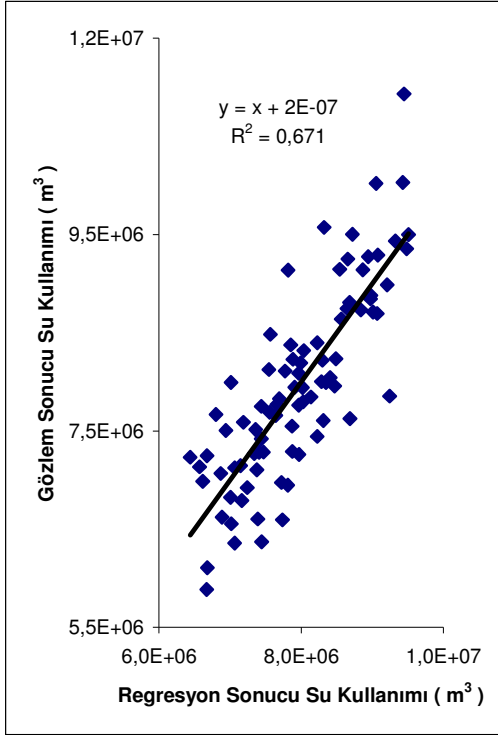
Şekil E.4.10. M16 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri



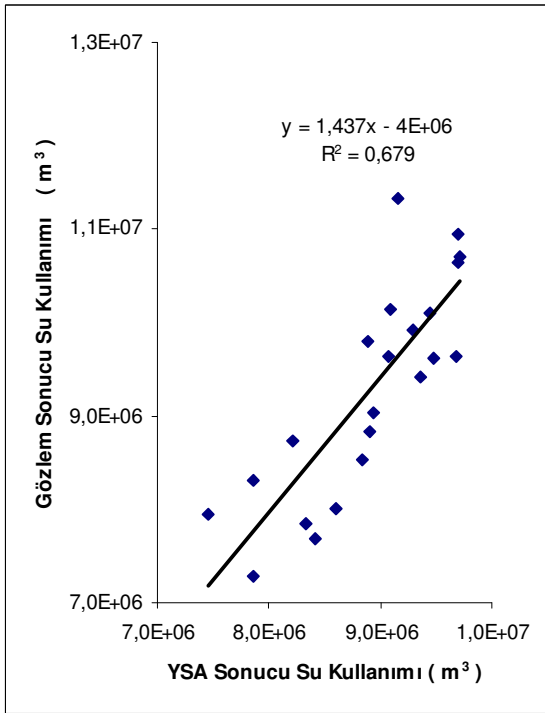
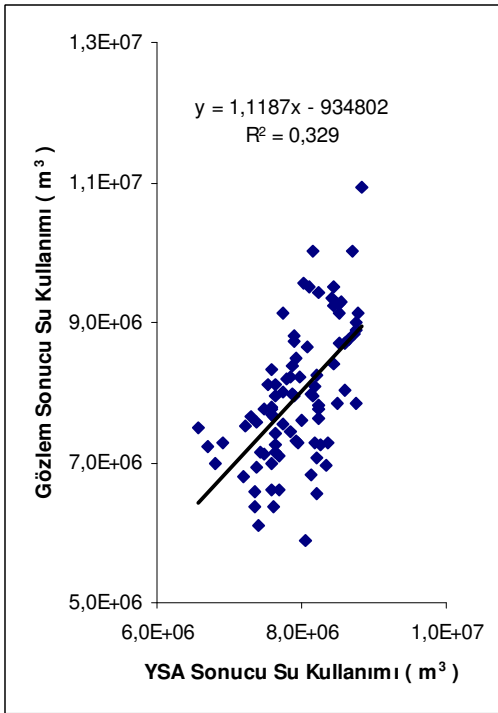
(a) (b)
Şekil E.4.11. M17 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri



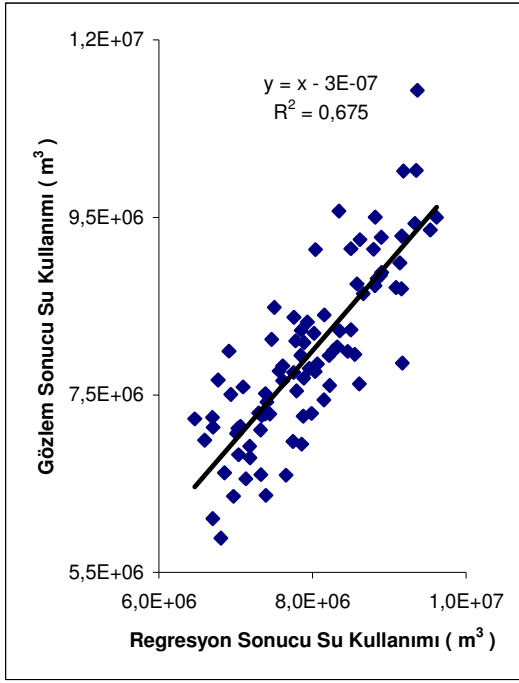
(a) (b)
Şekil E.4.12. M17 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri



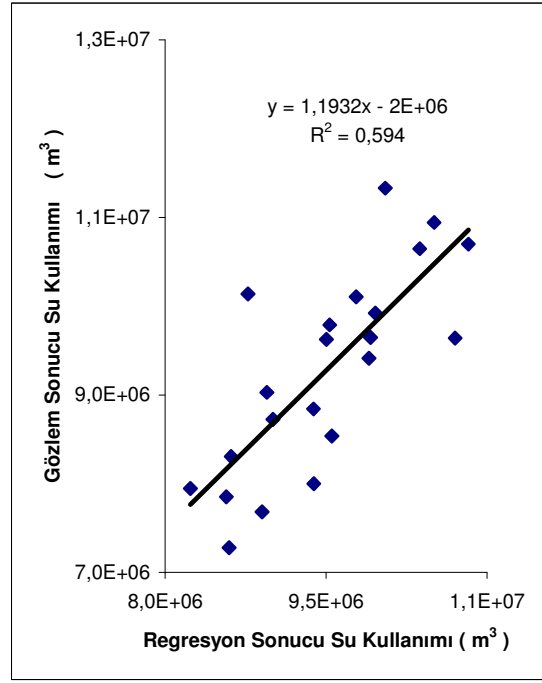
(a) (b)
Şekil E.4.13. M19 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri



(a) (b)
Şekil E.4.14. M19 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri

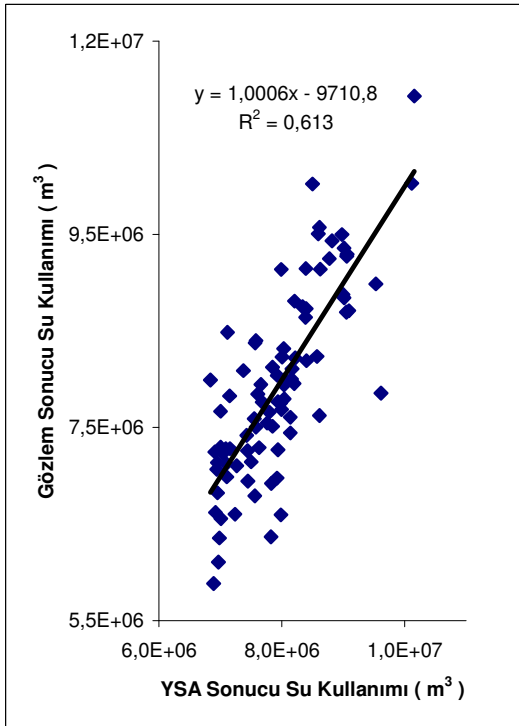


(a)

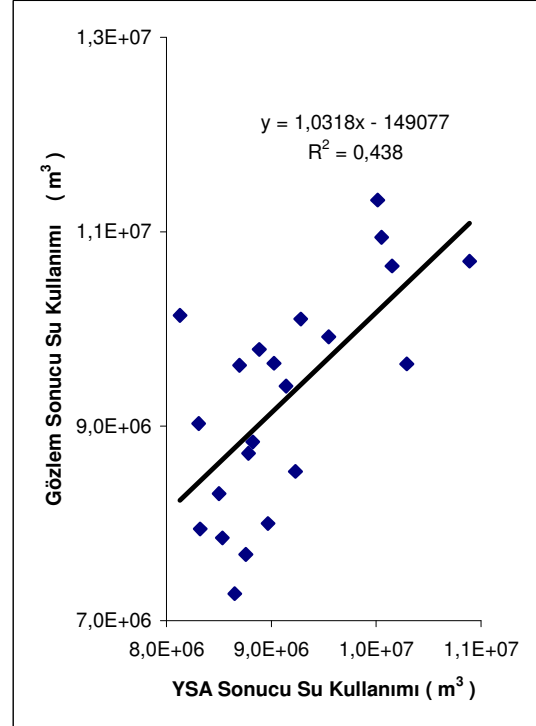


(b)

Şekil E.4.15. M20 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri

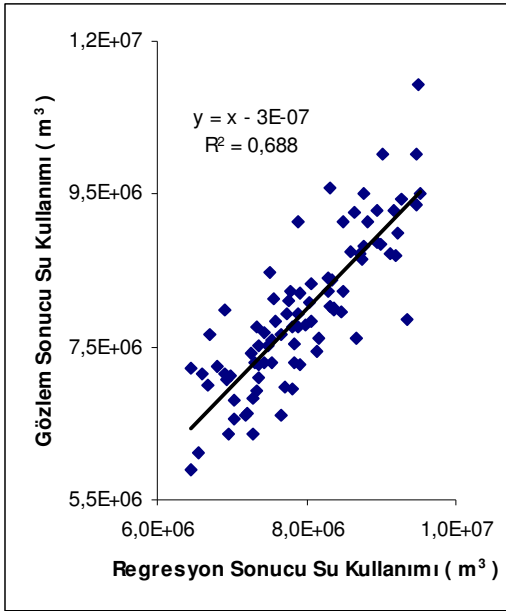


(a)

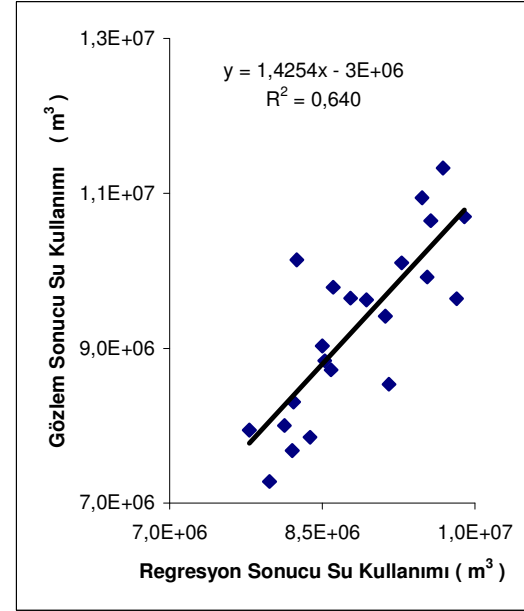


(b)

Şekil E.4.16. M20 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri

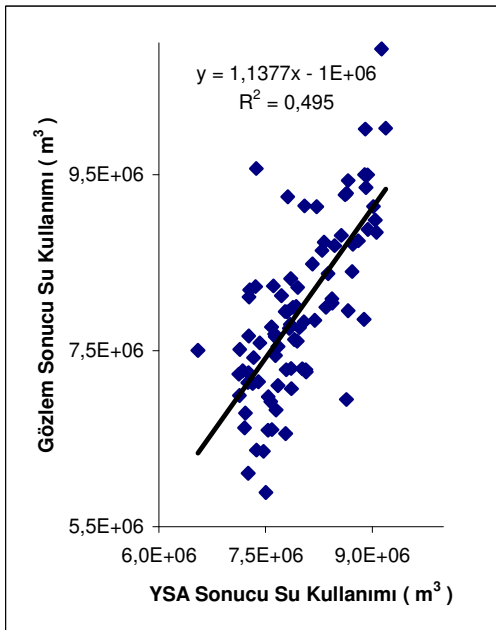


(a)

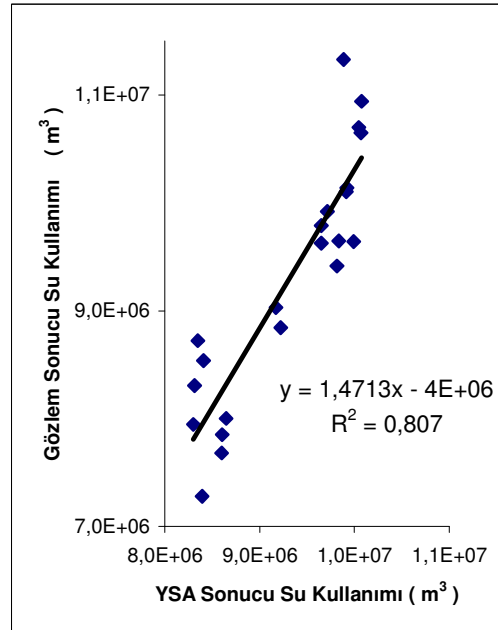


(b)

Şekil E.4.17. M21 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri

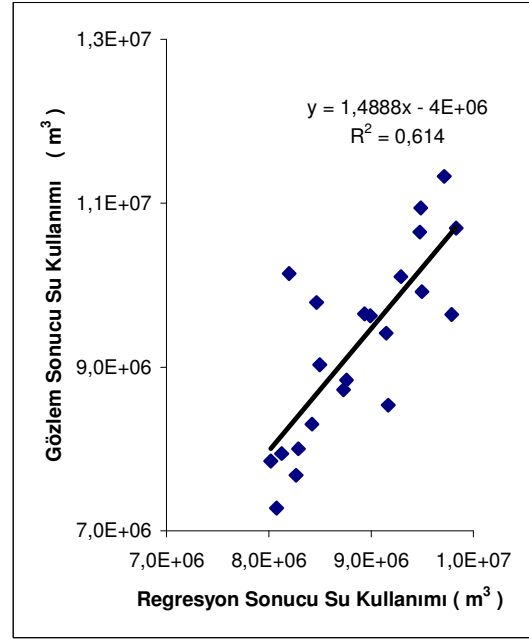
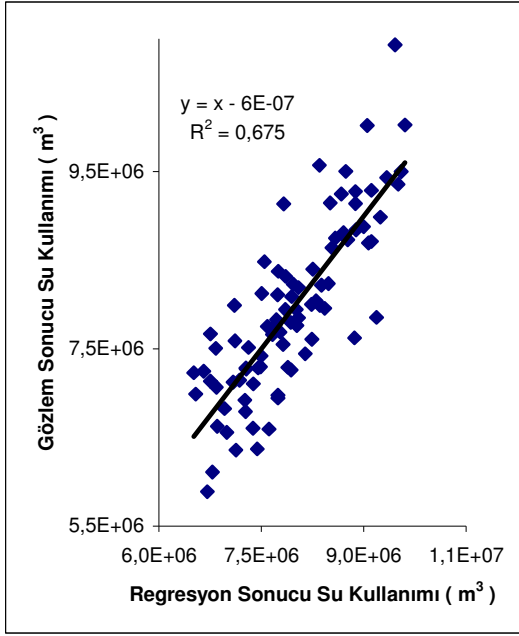


(a)

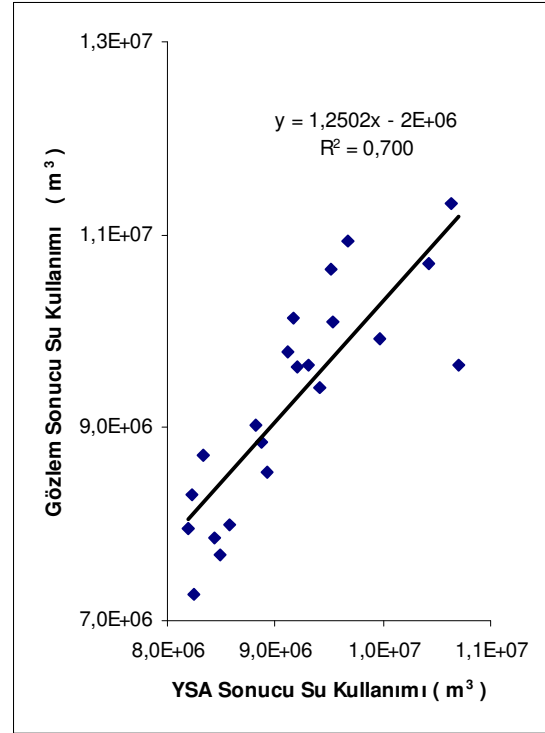
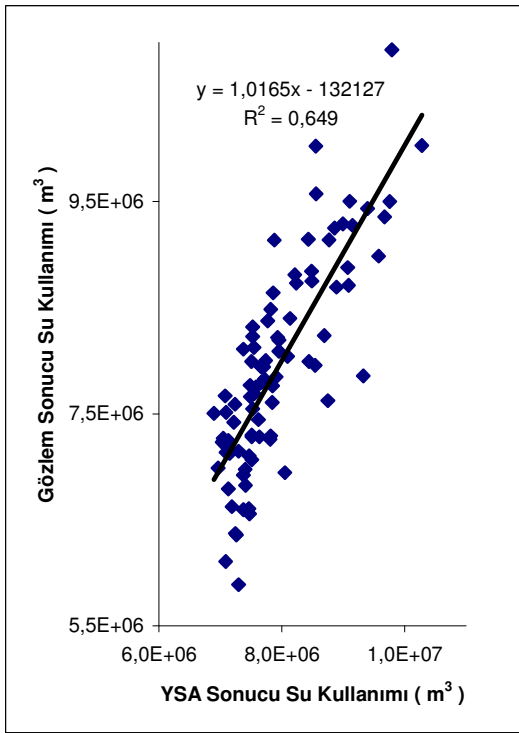


(b)

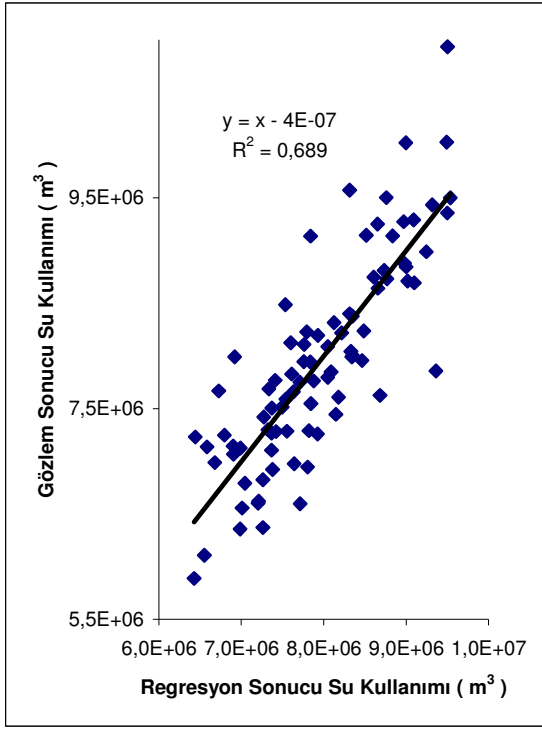
Şekil E.4.18. M21 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri



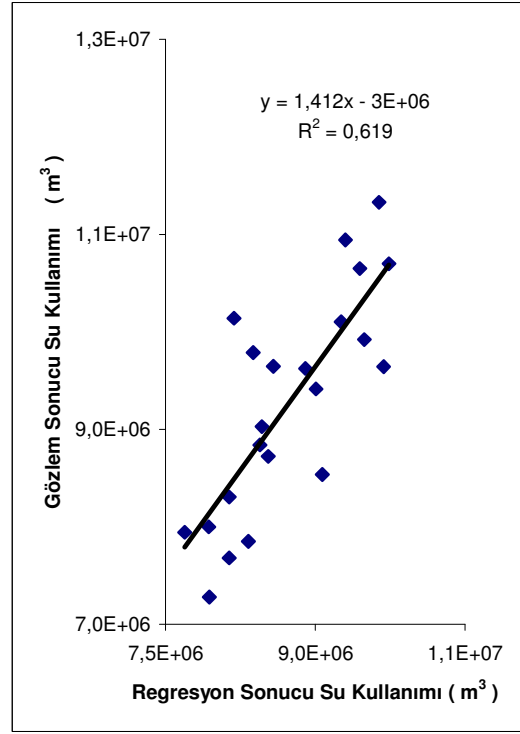
(a) (b)
Şekil E.4.19. M22 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri



(a) (b)
Şekil E.4.20. M22 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri

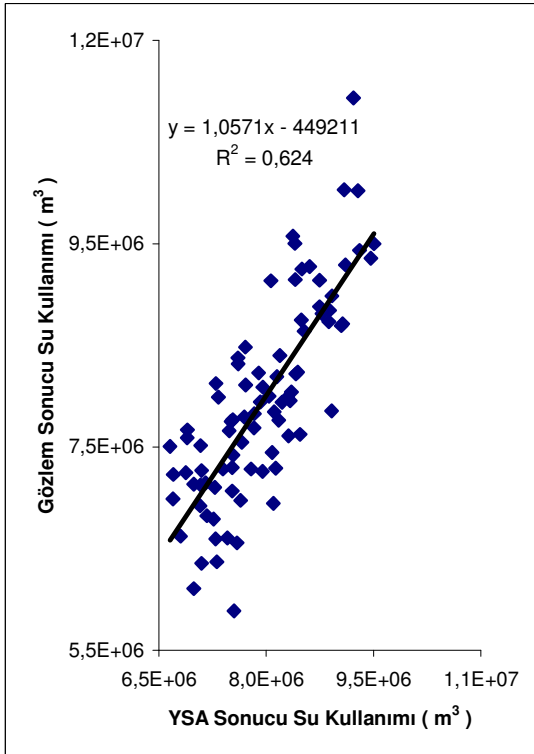


(a)

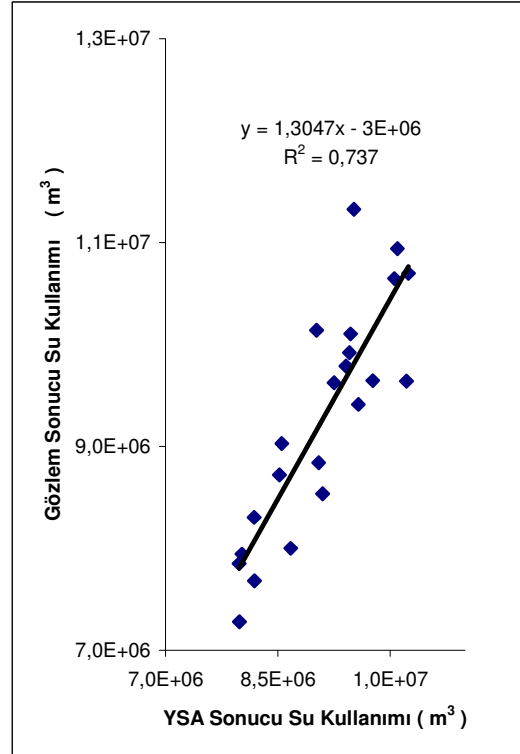


(b)

Şekil E.4.21. M23 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri

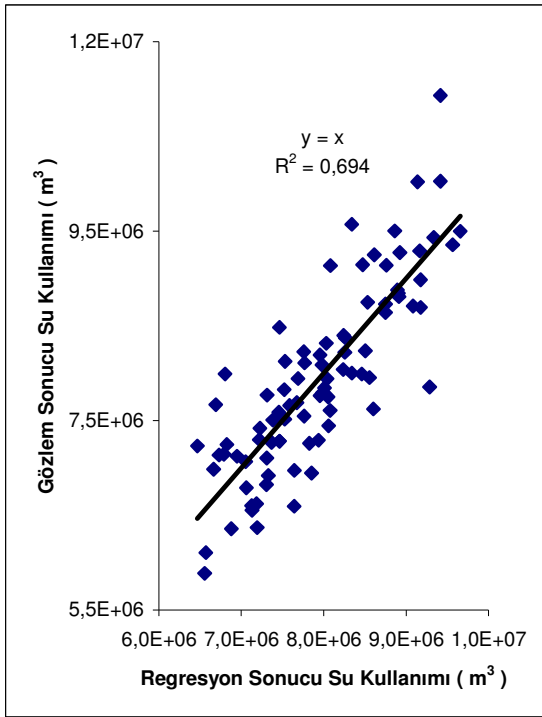


(a)

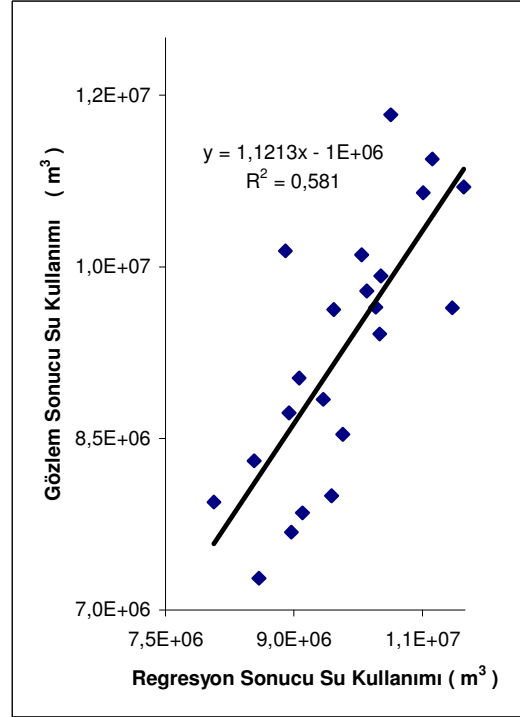


(b)

Şekil E.4.22. M23 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri

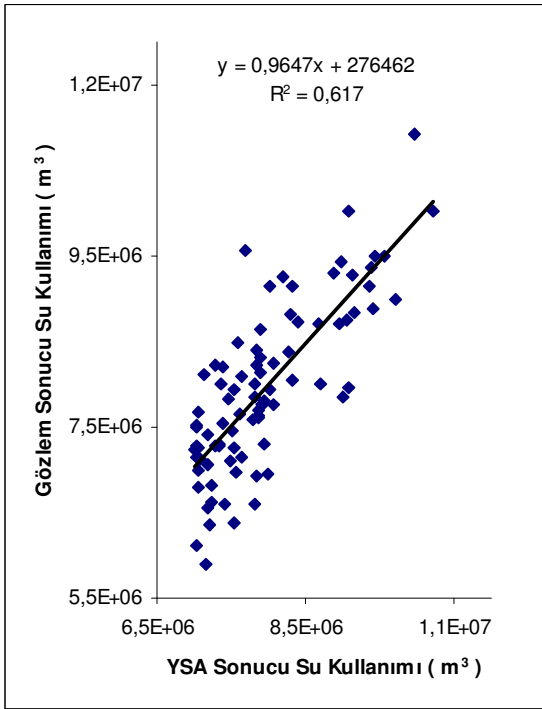


(a)

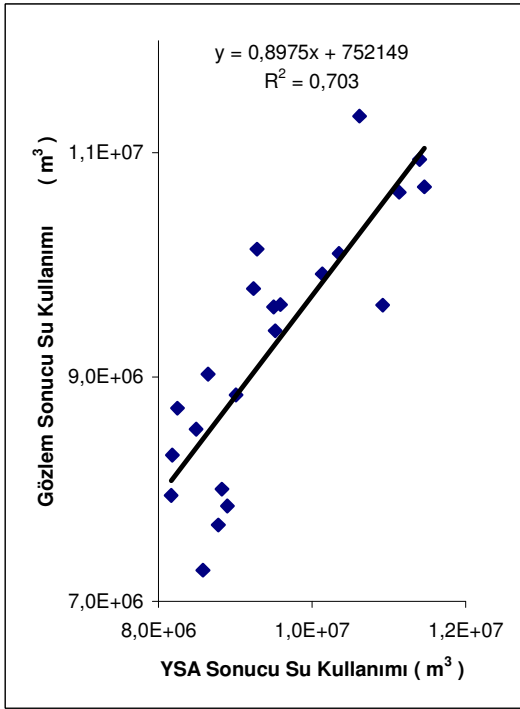


(b)

Şekil E.4.23. M24 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri

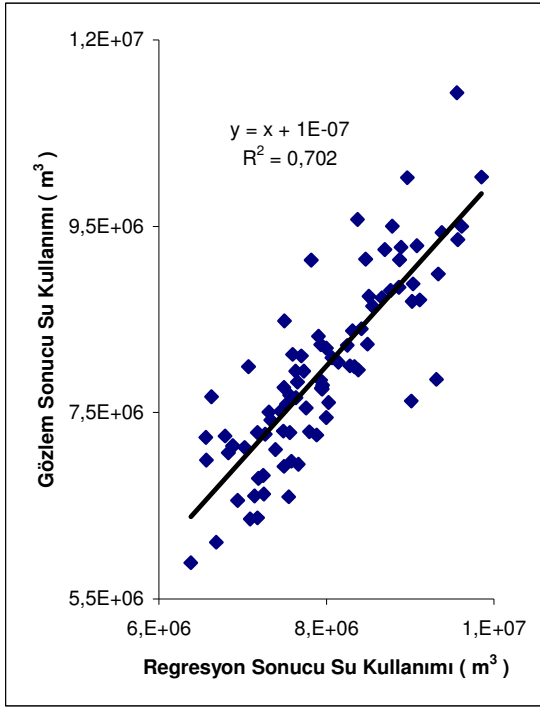


(a)

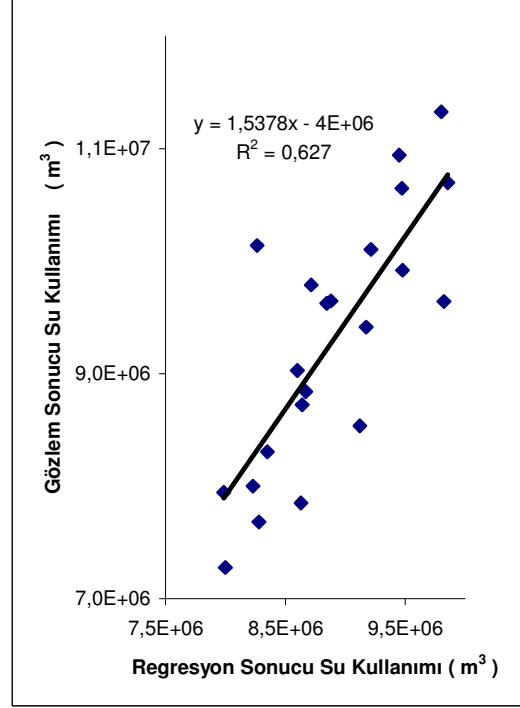


(b)

Şekil E.4.24. M24 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri

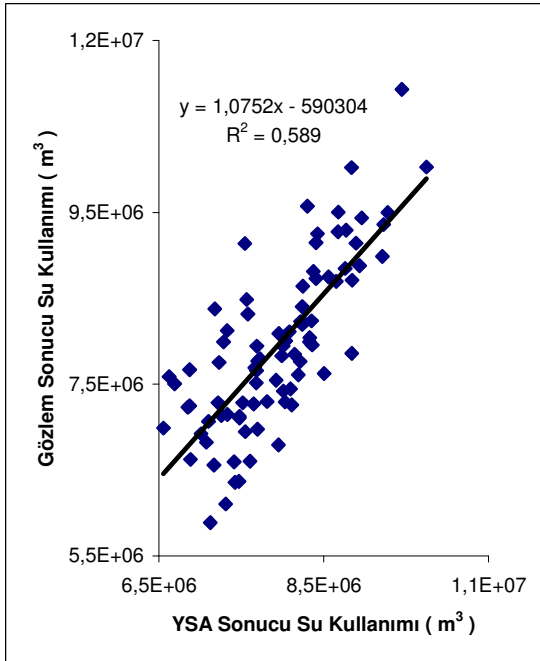


(a)

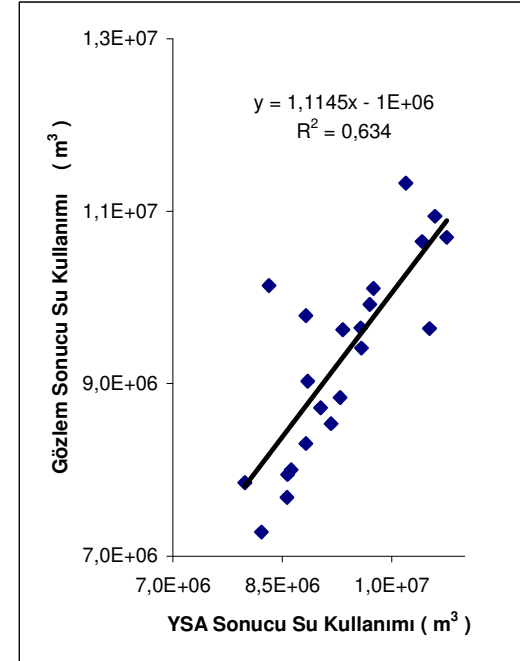


(b)

Şekil E.4.25. M25 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri

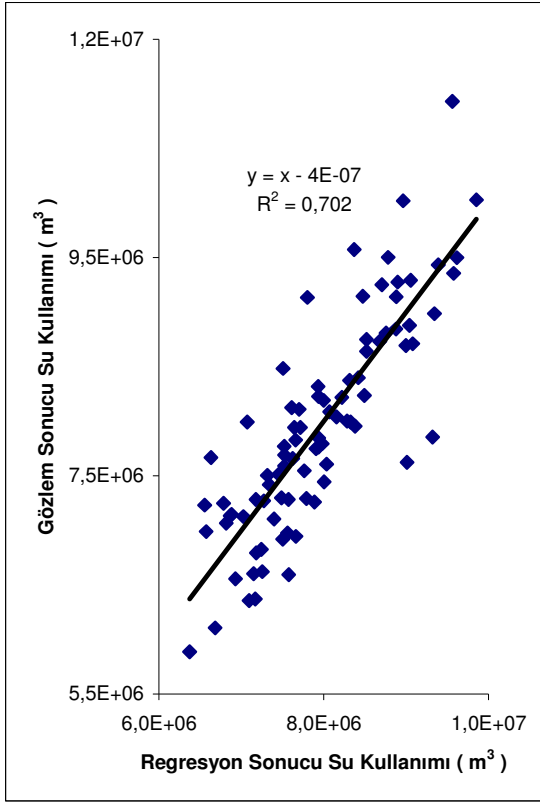


(a)

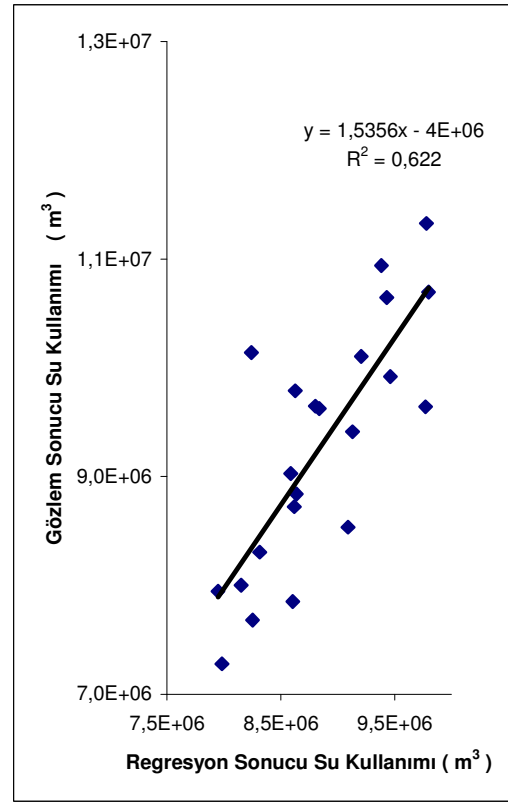


(b)

Şekil E.4.26. M25 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri

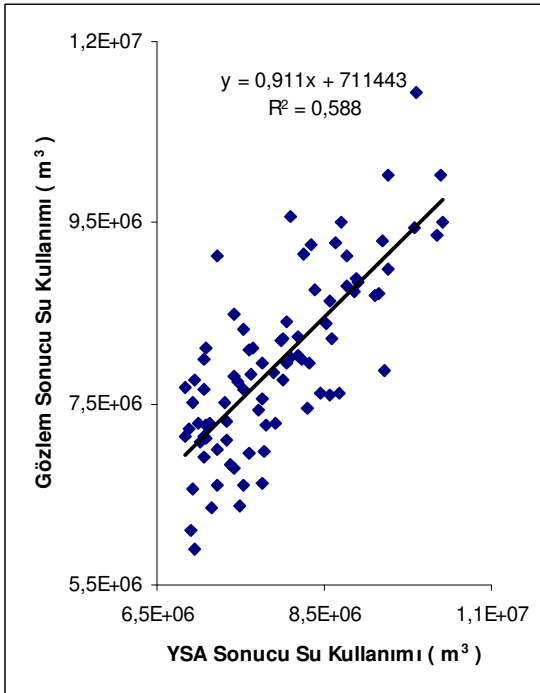


(a)

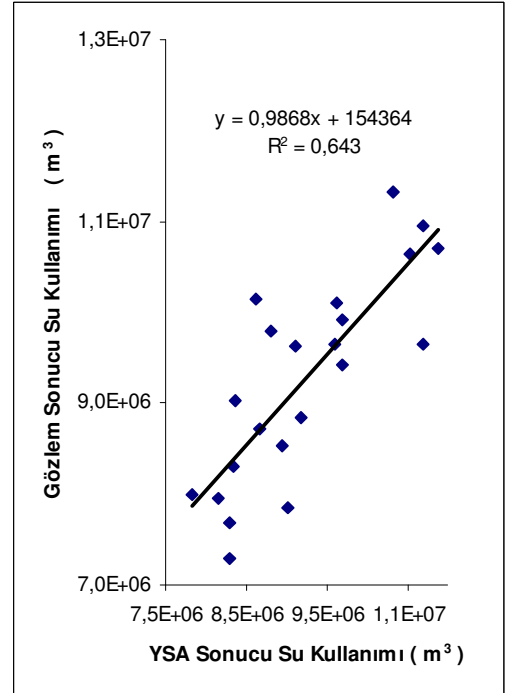


(b)

Şekil E.4.27. M26 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri

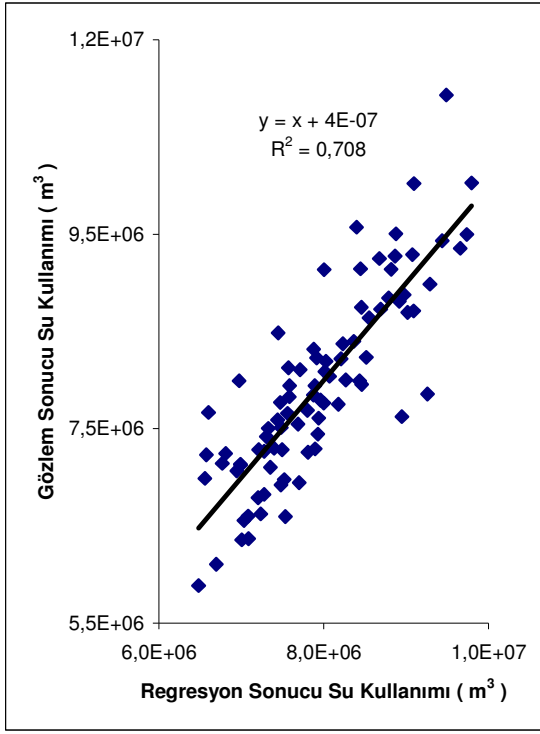


(a)

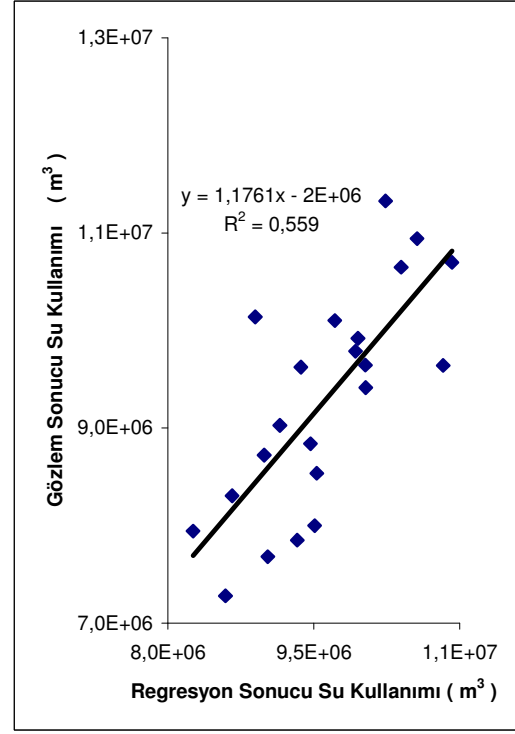


(b)

Şekil E.4.28. M26 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri

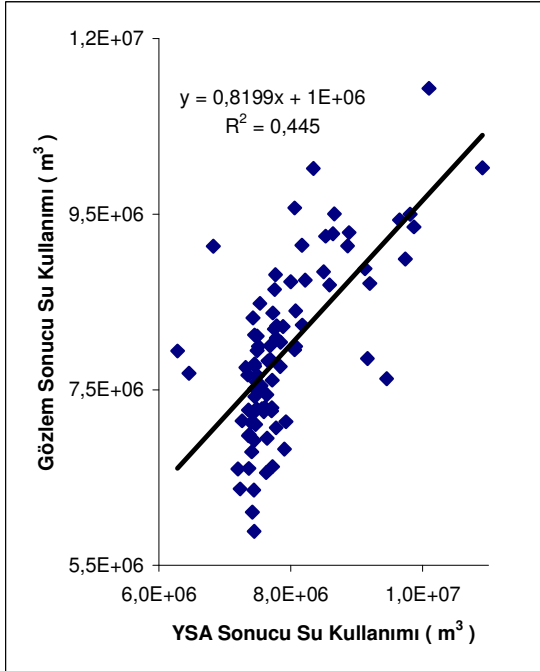


(a)

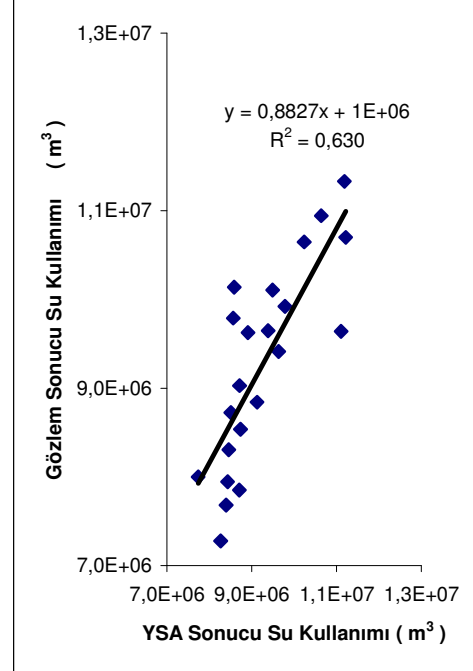


(b)

Şekil E.4.29. M27 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri

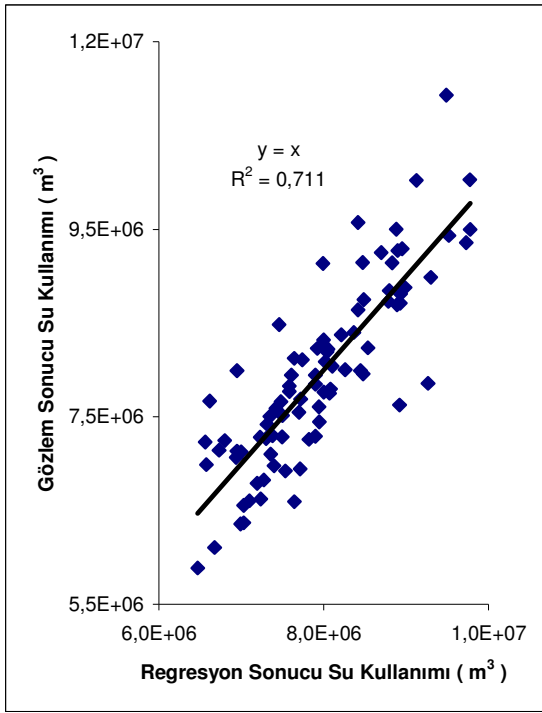


(a)

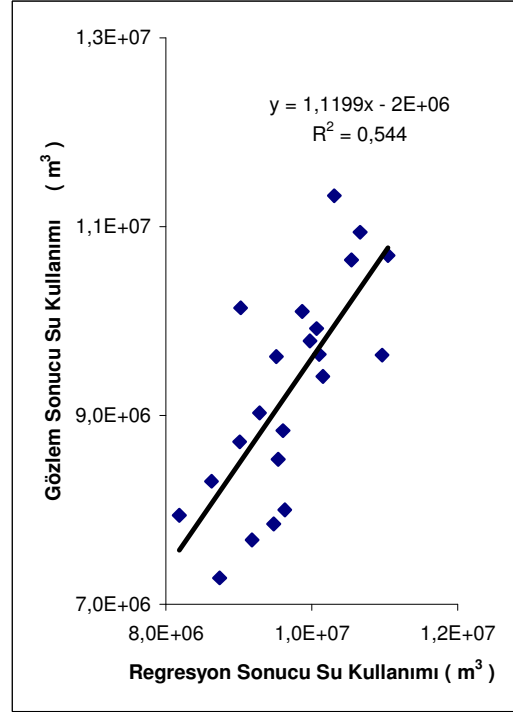


(b)

Şekil E.4.30. M27 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri

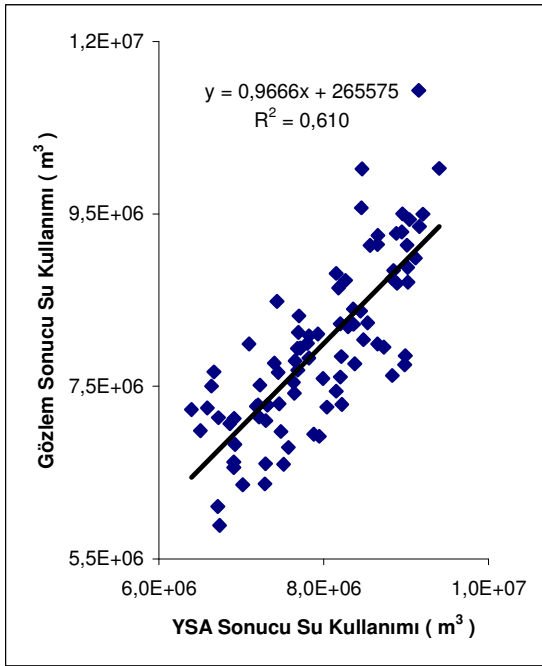


(a)

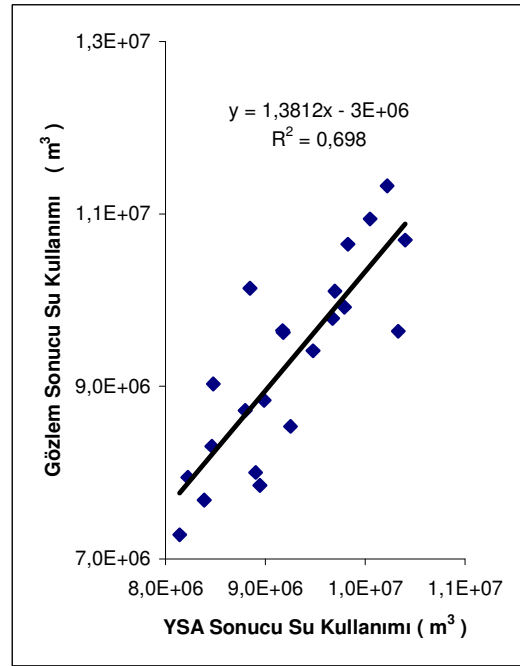


(b)

Şekil E.4.31. M28 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için regresyon saçılma grafikleri



(a)



(b)

Şekil E.4.32. M28 Modeline ait (a) eğitim ve (b) test setleri için YSA saçılma grafikleri