

## KENTSEL SU SUNUMUNDA BİR YÖNETİM ARACI OLARAK SU TALEP TAHMİNİ\*

*Recep AKDAĞ<sup>†</sup>*

### Özet

Su talebi, evsel, ticari, resmi kurum ve endüstriyel tüketim gruplarının ihtiyaç duyduğu su miktarı olarak tanımlanabilir. Su talebi üzerinde; nüfus, istihdam, ekonomik döngüler, teknoloji, hava koşulları, fiyat ve koruma programları gibi çeşitli faktörler önemli etkilere sahiptirler. Bu etkilerin artmasında yerel nüfus artışı, küresel ısınma, kentsel yeşil alan miktarındaki değişim, endüstriyel büyüme ve yaşam standartlarındaki ilerleme gibi çeşitli faktörler giderek önem kazanmaktadır. Bununla birlikte, su talebi üzerinde tüketicilerin su kullanım davranışları oldukça büyük öneme sahiptir.

Günümüzde birçok ülke için su azlığı (kıtlığı), temel bir problem haline gelmiştir. Bu nedenle, su yönetiminde verimlilik sağlamak için su politikaları ve alışkanlıkların gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bu durum ayrıca, su sistemlerinin daha iyi planlanmasını ve tasarımını, daha etkin işletimini ve yönetimini gündeme getirmiştir. Bunun içinde doğru su talep tahmini anahtar konumdur. Su talep tahmini genellikle kısa, orta ve uzun dönem şeklinde planlanır. Tahmin dönemleri kullanım amaçlarına, tahmin modeli tiplerine ve farklı güvenilirlik seviyelerine göre değişiklik göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Su, Su Talebi, Su Talep Tahmini.

**JEL Kodları:** C53, E27, Q21, Q25.

## WATER DEMAND FORECAST AS A TOOL OF MANAGEMENT IN THE URBAN WATER SERVICES

### Abstract

Water demand can be defined as, the amount of water, needed by domestic, commercial, official institutions and industrial consumers. There are various factors such as population, employment situation, economic cycles, technology, weather conditions, water price and water saving programs which have important effects on the water demand. Local population growth, global warming change in the urban green spaces, industrial growth and improving living standards are increasingly becoming important in the growth of these effects. Besides, water usage behaviours of consumers have a great importance on the water demand.

Nowadays, water scarcity has become a major problem for many countries. Therefore, it is necessary to review water policies and habits for an efficient water management. This also has brought into agenda a better planning and design and more efficient operation and management of the water systems. Hence, the accurate water demand forecasting is the key factor. Water demand forecasting is generally planning as short, medium and long term. Forecasting time intervals vary according to aims of usage, types of forecasting models and varying reliability levels.

**Key Words:** Water, Water Demand, Water Demand Forecasting.

**JEL Codes:** C53, E27, Q21, Q25

\* Bu çalışma, yazarın “Yapay Sınır Ağları Yöntemiyle Diyarbakır İli Kent Merkezi İçme Suyu Talep Tahmini Uygulaması” adlı doktora tezinden türetilmiştir.

<sup>†</sup> Dr., DİSKİ Genel Müdürlüğü, r\_akdag@hotmail.com, Peyas Mah. 460. Sk. Halil Akgül Sitesi A Blok Kat:8/27 Kayapınar / DİYARBAKIR

## GİRİŞ

Günümüzde su kaynaklarının kirletilmesi sonucunda yenilenememesi, artan dünya nüfusu, hızlı kentleşme, suyun israfı ve verimli kullanılmaması, artan ticari ve endüstriyel faaliyetler gibi birçok nedenden dolayı bir su krizi ile karşı karşıya gelinmektedir. Su, giderek uluslararası stratejik bir konu haline dönüşmektedir. Büyüyen bu kriz karşısında özellikle kentlerde suya olan talep artmakta, su temini ile ilgili görevli kuruluşlar bu talebe yanıt vermede bir hayli zorlanmaktadır. Ülkemizde de zaman zaman başta İstanbul ve Ankara olmak üzere kimi kentlerde yaşanan su kaynaklarındaki azalma, alarm verici boyutlara gelmekte ve kent sakinlerini endişelendirmektedir.

Su talebi, hane içi ve hane dışı (evsel olmayan) kullanımlardan oluşmaktadır. Diğer bir ifadeyle su talebi, toplumda üretim, ticaret, kamu ve evsel tüketim gibi çok çeşitli kesimlerin aktivitelerinde gereksinim duydukları bir ihtiyacı temsil etmektedir. Bu ihtiyacın karşılanması için de, su talebinin bilinmesi, anlaşılması ve gelecek için tahminlerin yapılarak gerekli önlemlerin alınması zorunlu hale gelmektedir.

Kentsel su sunumu (arzu), genellikle suyun bir su havzasından, kaynaktan veya baraj gölünden alınması, isale (iletim) hattı ile ulaştırılması, arıtılması (her zaman gerekli olmayabilir), şehir şebekesi ve servis borularıyla tüketicilere ulaştırılması aşamalarından oluşmaktadır. Kuşkusuz bütün bu aşamalar içinde belirli bir bilgi ve teknoloji, iletişim, bina, makine, teçhizat vb. öğelerden oluşan bir sistemin olması gerekmektedir. Dünyanın birçok yerinde ve ülkemizde de su sunumu, su temini ve dağıtımını ile görevli kamu kuruluşlarınca (genellikle yerel yönetimler) yerine getirilmektedir. Bu kuruluşlar için su talebinin nicelik ve nitelik bilgisi, mevcut suyun yeterliliği, ihtiyaç duyulan suyun temini, gerekli tesislerin belirlenmesi, şebeke ve altyapı yatırımları ve gerekli insan kaynağına karar verilmesi konularında yönlendirici nitelikte olabilmektedir. Ayrıca, su talebinin gelecek dönemlerde nasıl bir seyir izleyeceği ile ilgili tahminlerin yapılması, kentlerin sürdürülebilir gelişimleri için de oldukça önemli bir konudur.

Bu çalışmada, kentsel su sunumunda, su talep tahmininin kavramsal olarak ortaya konulması amaçlanmıştır. Bunun için de su talebi nedir? Su talebini etkileyen ana faktörler nelerdir ve etki dereceleri nedir? sorularına cevap aranmış, su talep tahminine duyulan ihtiyaç ve sağlayacağı faydalar analiz edilmiş, tahmin periyoduna göre kısa, orta ve uzun vadeli su talep tahminleri açıklanmaya çalışılmış ve son olarak ta su talep tahmininde kullanılan yöntemler ve bu konuda yapılan çalışmalar hakkında özet bilgiler verilmiştir.

## I. SU TALEBİ

Su talebi, belirli bir zaman periyodu içinde kent sakinlerinin ihtiyaç duyduğu su miktarını ifade eder. Bu anlamıyla su üretimi ile eşdeğer bir kavramdır ve olası su kayıp miktarını da içermektedir. Böylelikle su talebi, tüketicinin su talep miktarı  $q$  ile  $x_1, x_2, \dots, x_k$  açıklayıcı değişkenleri arasındaki genel fonksiyonel ilişki şeklinde ifade edilebilir. Bu ilişki,  $f(\dots)$  matematiksel fonksiyonu ile aşağıdaki gibi sembolize edilebilir (Billings ve Jones, 2008: 4):

$$q = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$$

Bu fonksiyonel eşitlikte su talebi veya tüketicilerin satın aldığı su miktarı ile temel faktörlerin sayısı ( $x_k$ ) arasında düzenli nicel ilişkiler bulunmaktadır. Su talebini birçok değişken etkilemekte ve bunların çoğu iklimsel ve sosyo-ekonomik değişkenler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu alandaki çalışmalar göstermiştir ki, iklimsel değişkenler su talebi üzerinde kısa dönemli mevsimsel değişimleri, sosyo-ekonomik değişkenler ise uzun dönemli etkileri meydana

getirmektedir (Adamowski, 2008: 121). Su talebi, su hizmeti verilen alandaki tüketicilerin tipi ve sayısına ve bir dereceye kadar da dağıtım şebekesindeki kaçak düzeyine bağlıdır. Bu nedenle, su talebi bireysel ve tüketici gruplarının yaşam biçimlerinden açıkça etkilendiğinden dolayı, talep süreçleri genellikle ardışık gün ve haftalar arasındaki benzerlikler ile güçlü döngüsel bir model sergilemektedir (Jowitt ve Xu, 1992: 107).

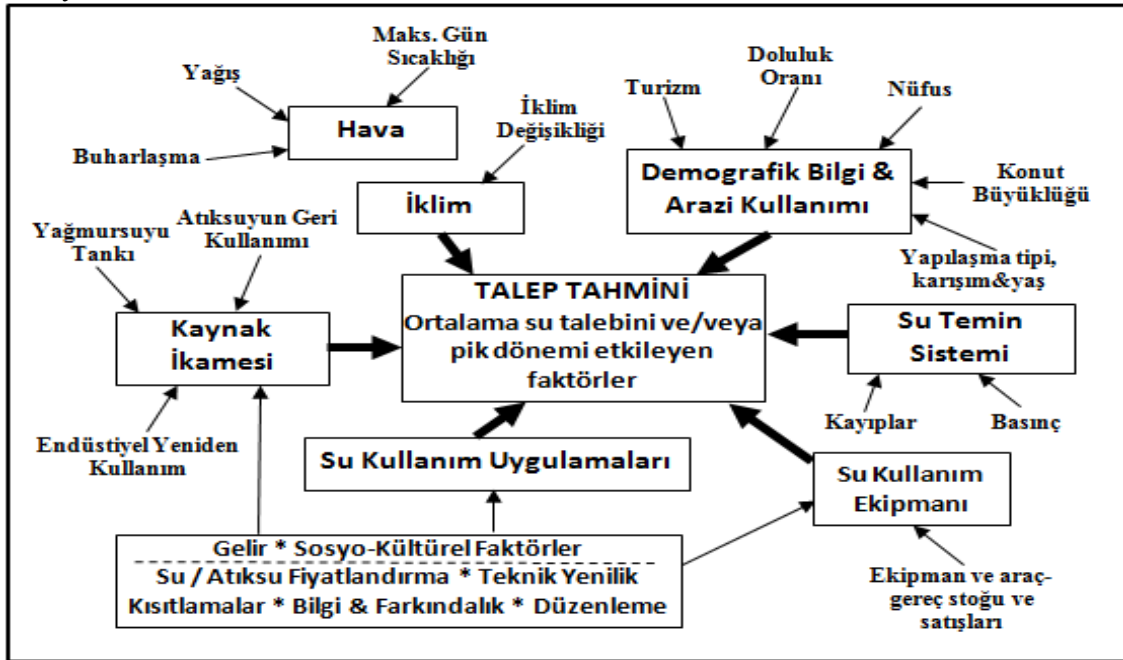
Su temini, fiziksel hidroloji kuralları ve mühendislik prensipleriyle çalışan, nispeten kolayca üstesinden gelinebilecek bir konu olmasına karşın su talebi, yer ve zamana göre sürekli değişen, zorlamayla olmayacak, insan ihtiyaçlarına ve davranışına bağlı değişkenlere dayanmaktadır (Brooks, 1997: 1). Su talebine, mühendisler ve su kuruluşlarındaki uygulayıcılar genellikle toplam sistem değerlerine ve bunların nasıl hareket ettiğine vurgu yapma eğilimindedirler. Sosyal bilimciler özellikle ekonomistler ise bir zaman dilimini baz alarak bazı tüketici gruplarının su kullanımını yönlendiren ilişkileri, fonksiyonel olarak araştıran istatistiksel regresyonlar üzerinde odaklanmışlardır (Billings ve Jones, 2008: 5).

## II. SU TALEBİNİ ETKİLEYEN ANA FAKTÖRLER

Su talebini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler, Şekil 1.'deki gibi sınıflandırılabilirler. Şekildeki su talebini etkileyen faktörlerden bazıları, talebi doğrudan etkilemekte ve bunların etki düzeyi, talep tahmini yapılmasında ve talep yönetimi programı geliştirilmesinde önemli bir ilgi alanı oluşturmaktadır (White vd., 2003: 15).

Su talebini etkileyen faktörler için aşağıdaki gibi bir sınıflandırma yapılabilir:

- 1- Birey ve toplumsal özellikler: Su kullanım alışkanlığı, nüfus artış hızı, gelir düzeyi, enflasyon durumu, yapılaşma biçimi, konut büyüklüğü gibi faktörler.
- 2- Temin edilen suyun özellikleri: Suyun kalitesi, şebeke basıncı, su fiyatı gibi faktörler.
- 3- Dış faktörler: Hava sıcaklığı, nem oranı, yağış sıklığı, iklim değişikliği gibi su tüketimine yön veren faktörler.



Şekil 1. Su Talebini Doğrudan ve Dolaylı Etkileyen Faktörler

Kaynak: White vd., 2003: 15.

Su talebi üzerinde; nüfus, istihdam, ekonomik döngüler, teknoloji, hava ve iklim, fiyat ve koruma programları gibi çeşitli faktörler önemli bir etkiye sahiptir (Billings ve Jones, 2008: 9). Bu etkilerin artmasında yerel nüfus artışı, küresel ısınma, kentsel yeşil alan miktarındaki değişim, endüstriyel büyüme/genişleme ve yaşam standartlarındaki değişim gibi çeşitli faktörlerin rolü giderek önem kazanmaktadır (Wu ve Zhou, 2010: 174). Ayrıca şu da unutulmamalıdır ki, su talebi üzerinde tüketicilerin su kullanım davranışları oldukça büyük öneme sahiptir. Tüketicilerin bazıları su kullanırken finansal gerekçelerden, bazıları bilgi ediniminden, bazıları ise sosyal faktörlerden etkilenirler. Öyle ki, bu faktörler tüketicilerin su kullanım araç-gereçleri seçiminde de belirleyici olabilmektedir (White vd., 2003: 19). Bu faktörlerden finansal gerekçelere suyun fiyatı, bilgi edinimine eğitim bilinçlendirme kampanyaları, sosyal faktörlere ise dini inanca dayalı olarak suyun ekonomik kullanılması örnekleri verilebilir.

### III. SU TALEP TAHMİNİ

Günümüzde gittikçe artan sayıda ülke için su azlığı veya kıtlığı, temel bir problem haline gelmiştir. Şüphesiz ki su problemi, tüketilirken önlem alınmasında çok dikkatli olmayı ve özenle yönetilmeyi hak eden bir konudur. Bununla birlikte, su yönetiminde verimlilik sağlamak için su politikaları ve alışkanlıkların gözden geçirilmesi gerekmektedir (Wu ve Zhou, 2010:172). Bu durum, mevcut su sistemlerinin daha iyi planlanması ve tasarımı ile daha etkin işletimi ve yönetimini gündeme getirmiştir. Dolayısıyla, bir su sisteminin daha iyi planlanması, tasarımı, işletimi ve yönetiminde doğru su talep tahmini anahtar bir konumdur (Jain vd., 2001: 299).

Su talep tahmini gelecekteki su ihtiyacını ön görmek için kullanılan bir yöntem olarak tanımlanabilir (Froukh, 2001: 364). Bu süreç sonunda elde edilen tahminler, bir kentteki su otoritesinin aşağıdakilere benzer soruları cevaplamalarını kolaylaştırmaktadır (Billings ve Jones, 2008: 1):

- Gelecekteki su ihtiyacına cevap verilebilmesi için ne kadar ilave su temini ve depolama hacmi gereklidir?
- Pik su kullanımının karşılanması için ne kadar büyüklükte veya kapasitede arıtma tesisi ve su temin sistemi tasarlanmalıdır?
- Beklenmeyen hava koşullarının neden olduğu acil su ihtiyacı veya kısa süreli su temini problemlerinin giderilebilmesi için su kullanımında kısıtlamaya gidilme olasılığı nedir?
- Su koruma politikaları ve programlarının gelecek su kullanımı üzerinde olası etkileri neler olacaktır?
- Su temin maliyetleri ve fiyatındaki artışla birlikte su kullanımı ve kuruluş gelirleri nasıl etkilenecektir?
- Su kullanımındaki artışa cevap vermede talep yönetiminin durumu ve kısıtları nelerdir?

Su talep tahmini yapılırken birçok su kuruluşu, öngörülen nüfus ile kişi başına düşen su tüketiminin çarpılması gibi basit tahmin tekniklerini kullanır. Bu yöntemler analistin kişi başına günlük su tüketim miktarını belirleme yeteneğine ve genelde diğer kurumlarca hesaplanan nüfus tahminlerinin doğruluğuna bağlı olarak değişmektedir (Billings ve Jones, 2008: 1).

Kentsel su temin kuruluşları, bir yandan su talebindeki değişimlere cevap vermeye çalışırken diğer yandan da maliyetleri minimize etmek için talepteki değişime cevap vermede sık sık çeşitli düzenlemeler yapmaya ihtiyaç duymaktadırlar. Talep, genellikle mevsime bağlı olarak aylık, haftalık ve günlük bazda değişmektedir. Bu değişimin temelinde evsel, ticari ve endüstriyel faaliyetler olduğu gibi hava koşullarının etkisiyle hafta sonu ve tatil alışkanlıkları bulunmaktadır. Talep tahminini işletmeciler genelde bu faktörlerden yola çıkarak kendi bilgi ve deneyimlerine göre yapmakta ve bunu yaparken de daha önceki gün ve saat tüketimler, tatil dönemleri, hafta içi/sonu günleri, önemli günler, hava durumu vb. faktörleri dikkate almaktadırlar (Zhou vd., 2002: 189).

Günümüzde büyük kuruluşlar, planlama sürecinde daha fazla bilgi ve daha iyi tahminler sağlamasından dolayı, tüketici kategorilerine göre su tüketim değerlerini analiz etmektedirler. Bu çok yönlü yöntemler genellikle, bir bölge veya topluluğun genişleme ve davranışını belirleyen evsel, ticari, resmi kurum ve endüstriyel kullanıcıların dinamikleri üzerine yoğunlaşırlar (Billings ve Jones, 2008: 2).

Su talebi tahmin metodolojisi seçiminde üç temel kritere dikkat etmek gerekir: bunlar, planlama amacı, mevcut veriler ve eldeki kaynaklardır (Davis, 2003: 1). Bir su temin kuruluşunun tahminleme için seçtiği yöntemler, tahmin işlemine ayrılan kaynaklara, analistin teknik bilgi ve deneyimine ve eldeki veriye bağlıdır. Genellikle, kuruluş yönetiminin süreçte sorumluluğu arttığından ve deneyim kazandığından dolayı zaman içerisinde tahminlerin kapsamlılığı ve kalitesi de artmaktadır (Billings ve Jones, 2008: 10). Bu durum, bir bakıma kuruluş yönetiminin bu konuya verdiği önemin de göstergesi olmaktadır.

Toplam su kullanımı genellikle temel ve mevsimsel tüketim olmak üzere ikiye ayrılır. Temel tüketim, toplam tüketimin hava koşullarına duyarlı olmayan kısmını, yani kış aylarındaki su tüketimini ifade eder. Temel tüketim genellikle tüketici davranışındaki değişime karşı daha az duyarlıdır ve su tesisat malzemelerinde yeni bir dizaynın yapılması ile azalabilmektedir. Temel tüketimi tahmin etmek için kullanılan yöntemler su hizmeti verilen nüfus, dağıtım sistemine bağlantı sayısı, su fiyatı ve hane geliri gibi bağımsız değişkenlere dayalı zamansal ilişkileri içerirler. Mevsimsel tüketim ise genellikle, biri yılın tümü üzerindeki uzun dönem değişimi, diğeri ise kısa dönem değişimi ifade eden iki bileşene ayrılır ve toplam tüketimin hava koşullarına karşı hassas olan kısmını ifade eder. Hava koşulları, kentsel su tüketimini günlük, haftalık ve aylık olarak etkiler. Hava koşulları ile su tüketimi arasındaki ilişki, bu etkilerden yararlanılarak geliştirilmektedir (Zhou vd., 2002: 191-193).

Su talep tahmini, sistem optimizasyonuna önemli katkılarda bulunur. Hassasiyetle geliştirilen kısa ve uzun dönemli talep modelleri, su hizmeti sunan kuruluş yöneticilerinin en az maliyetle su temin etmelerine yardımcı olur (Billings ve Jones, 2008: 6). Özellikle enerji fiyatlarındaki artışlar, bu kuruluşların yüksek kalitede ve makul bir fiyatta su temin etmeleri için işlemlerini optimize etmelerini gerekli kılar. İşlemlerin optimizasyonu, bu kuruluşların toplam işletme maliyetlerinin %25-30 gibi yüksek oranda tasarruf edilmesine yardımcı olur. Herhangi bir su dağıtım sistemi işletiminin optimizasyonunda önemli bir hedefte elektriksel güç tüketimini asgariye indirmektir (Ghiassi vd., 2008: 138-140). Etkin bir su dağıtım sistemi işletiminde, genellikle bir sonraki günün pompalama programı belirlenirken gün içindeki düşük elektrik tarifesi avantajından yararlanmak için talep tahminine ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin pompa çalışma programı yapılırken, her günün başında sonraki güne dair kısa dönem talep tahminine ihtiyaç duyulur. Buna göre gerçekleşen değer ile tahmin arasındaki sapmayı hesaplayarak, sürekli güncellenip uyarlanabilen bir talep tahminleme süreci geliştirilebilir. Oldukça değişken olan su talebine yanıt vermede, pompa ve vana kontrol ayarlarının kısa ve düzenli aralıklarla yeniden optimize edilmesi gereklidir. Bundan dolayı da bir alternatif yaklaşım olarak, talepteki değişimlere hızlı cevap verilebilir ve su dağıtım sisteminin optimale yakın kontrolü sağlanabilir (Alvisi vd., 2007: 39-40).

Su talebinin tahmin edilmesi, ekonomi ve iklim koşulları gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmekte ve gelecekteki su ihtiyacının belirlenmesinde önemli katkılar sunmaktadır. İklim değişikliğinin yoğun bir şekilde hissedildiği bir dönemde, su tüketiminin tahmin edilmesi ve modellenmesi, su temini ve dağıtım sisteminin tasarımı ve işletimi için oldukça büyük önem taşımaktadır (Fırat vd., 2008: 449).

Genellikle ucuz bir şekilde fiyatlandırılmasına karşın, su değerli bir kaynaktır ve onun paylaşımı bazen çatışma konusu olabilmektedir. Doğru su talep tahminleri, su hizmeti sunan kuruluşlara, su kullanımı için güvenilir bir zemin oluşturmakta ve çatışmayı azaltma imkanı vermektedir (Billings ve Jones, 2008: 5).

Su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde su talep tahmini zorunlu bir ihtiyaç haline gelmektedir. Örneğin Suudi Arabistan su kıtlığının yoğun olduğu kurak bir ülkedir. Kalıcı veya sürekliliği olan nehir ve göller bulunmamakta ve bunun sonucunda ülkenin yenilenebilir su kaynağı

kişi başına sadece 95 m<sup>3</sup> ile sınırlı kalmaktadır. Kişi başı su miktarının 1.000 m<sup>3</sup>'ün altına inildiğinde su kıtlığı olduğu genel kabulüne göre bu değer oldukça düşük seviyededir. Bu durum, artan nüfus ile birlikte ülke yönetimini su talebinin yarısını karşılamak için deniz suyunun arıtılmasına (desalination) zorlamaktadır. Ancak bu işlem ciddi maliyetli ve zaman alıcı bir süreçtir. Bu nedenle yetkililer ve politika yapıcılar evsel su temininde kıtlığın önüne geçmek ve kalkınma planlarında uygun yatırımları gerçekleştirmek için uzun dönemli gerçekçi tahminlere ihtiyaç duymaktadırlar (Ajbar ve Ali, 2012: 342). Su talep tahminleri, merkezi ve yerel su kuruluşlarına su kaynaklarının korunması ve verimli kullanımı için gerekli planların oluşturulması aşmasında da yön verici nitelikte olabilmektedir.

Kentsel gelişim programları değerlendirilmesinde de su en önemli faktörlerden biridir. Kentsel planlama ve sürdürülebilir kalkınma kararlarının çoğu, önemli oranda su talep tahminine ihtiyaç duyar. Su kaynaklarının optimum kullanımı ve sürdürülebilirliği ile tarımsal projeler gibi çevre planlamada birçok önemli karar, su talebi analizine ve tahminine dayanmaktadır. (Nasseri vd., 2011: 7387).

#### IV. TAHMİN PERİYODUNA GÖRE SU TALEP TAHMİNLERİ

Talep tahminleri genellikle tahminlerin kapsadığı zaman aralığına göre sınıflandırılmaktadır (Kobu, 1998: 80). Su talep tahmini genellikle kısa, orta ve uzun dönem şeklinde planlanır. Genel olarak tahmin dönemleri kullanım amaçlarına, tahmin modeli tiplerine ve farklı güvenilirlik seviyelerine göre değişiklik gösterir. Tahmin tipi, tahmin dönemleri ile başlıca uygulama alanları Tablo 1'de gösterilmiştir. Tablo 1'de görüldüğü gibi su talep tahminlerinin dönemlere göre farklı uygulama alanları bulunmaktadır (Billings ve Jones, 2008: 7).

Kentsel su talebinin kısa ve uzun dönem tahmini, su altyapı hizmetlerinin sistem planlama, tasarım ve kaynak yönetimi için temel oluşturur. Kısa dönem tahmini, mevcut su temin sistemlerinin verimli bir şekilde işletilmesi ve yönetimi için faydalı uzun dönemli tahmin ise sistem planlama, tasarım ve kaynak yönetimi için önemlidir (Billings ve Jones, 2008: 7). Ne var ki tahmin modeli iklim değişikliği, ekonomik gelişim, nüfus artışı, göç ve tüketicilerin davranış biçimleriyle ilgili faktörleri aynı anda dikkate alması gerektiğinden istenen sonucu her zaman elde etmek zor olabilmektedir (Qi ve Chang, 2011: 1628).

**Tablo 1. Su Talep Tahminleri ve Başlıca Uygulama Alanları**

Tahmin Tipi	Tahmin Dönemi	Uygulamalar
Uzun Dönem	On yıl ve üstü, 10-30 yıl	Sistem kapasite büyüklüğünü belirleme, ham su temini
Orta Dönem	On yıla kadar, 3-10 yıl	İşleme ve dağıtım sistemi büyüklüğünü, ilerleme adımlarını hazırlama, yatırımlar, su ücretlerini düzenleme
Kısa Dönem	Yıllık, 1-2 yıl	Bütçeleme, program izleme ve değerlendirme, gelir tahmini
Çok Kısa Dönem	Saatlik, günlük, haftalık, 2 haftaya kadar	Optimize etme, sistem operasyonlarını yönetme,

		pompalama
--	--	-----------

**Kaynak:** Billings ve Jones, 2008: 7.

Su hizmeti sunan kuruluşlar gelecekteki su ihtiyaçlarını planlamak üzere uzun dönemli tahmin modellerini kullanmaktadırlar. Nüfus artışı, endüstrileşme ve diğer sosyo-ekonomik faktörlerden dolayı, su temin sistemleri baskı altında olduğundan, su kuruluşları mevcut su temin sistemlerinin yönetim ve işletmesini optimize etmek durumundadırlar. Buna ek olarak su kuruluşlarının, yüksek maliyetli tesislerin tasarımından kaçınmak için pik su talebi tahminlerini geliştirmeleri gerekmektedir (Jain ve Ormsbee, 2002: 64).

**Uzun Dönem Su Talep Tahmini:** Uzun dönem su talep tahminleri, on yıl veya daha fazla süreli kimi zaman 30 yıla kadar olan tahmin dönemlerinde yapılır. Bu talep döneminin uzunluğu, yeni su tesisleri geliştirmek için geçen zamana göre değişmektedir. Böyle yatırımlar, sermaye yoğunudur ve içilebilir su için sermaye çıkış oranları, genellikle tarımda veya üretim işletmelerinde kullanılan sudan daha yüksektir.

Tahminleme çalışmalarında bilindiği gibi, tahmin döneminin uzunluğu arttıkça tahmin hatalarının artışı da doğru orantılıdır. Tahmin dönemi uzadığı için artan tahmin hataları, su kuruluşlarını iki taraflı risklerle karşı karşıya getirmektedir. Eğer kuruluş büyük tesisler inşa ederse, artan kapasite için tüketici sayısının ön görülenden daha azı sermaye maliyetlerini üstlenmek zorunda kalacaktır. Bu ise daha yüksek ücretler ve giderler olarak kuruluşa mali yük getirecektir. Diğer taraftan, eğer uzun dönemli kapasite planlaması yetersiz şekilde yapılırsa, su sıkıntılarının yaşanması kaçınılmaz olacaktır. Bu kapsamda birçok analist, su kuruluşunun gelişim planı için seçilen projeler ile su talep tahminleri ve bunların olası hatalarını ilişkilendirmeyi önermektedir. Genellikle, su kuruluşlarına yüksek birim maliyetleri olan, ancak düşük toplam sermaye maliyetlerine sahip olan modüler, esnek ve küçük çaplı projeler önerilmektedir. Bundan dolayı, planlama dönemiyle ilgili olası tahmin hatalarının değerlendirilmesi önem kazanmaktadır. Böylece uzun dönemli su talep tahmini, planlama faaliyetlerinde finansal ve diğer risklerin analizinde destekleyici rol oynayabilmektedir (Billings ve Jones, 2008: 6-7).

**Orta Dönem Su Talep Tahminleri:** Bu tahminler 3–10 yıllık zaman dilimini kapsamaktadır. Genellikle su dağıtım ve arıtma sistemlerinin planlama adımları ile su tarifesinin düzenlenmesi süreçlerinde rol oynarlar. Orta dönem su talep tahminleri, sabit veya yavaş değişim gösteren tüketici özelliklerinin, su tüketimi üzerindeki değişim etkileri üzerine yoğunlaşırlar. Bu zaman dilimindeki talep değişiklikleri, hava sıcaklığı döngüsü, tüketici özellikleri ve ticari faaliyetlere bağlı olarak değişmektedir (Billings ve Jones, 2008: 7).

**Kısa Dönem Su Talep Tahminleri:** Kentlerdeki su sisteminin daha iyi performans göstermesi için kısa dönem su talep tahminlerine ihtiyaç duyulur. Bu tahminlerin doğru belirlenmesi su yöneticilerine önemli katkılarda bulunur. (Jain vd., 2001: 300). Kısa dönem su talep tahminleri, bütçe ve finans yönetimiyle beraber su sisteminin işletimini destekler. Tahmin dönemleri çoğunlukla bir yıl olmakla beraber bir ay kadar kısa olabilmektedir. Kısa dönemdeki tahmin hataları, öncelikle hava şartlarının ve insan davranışının önceden kestirilememesinin yol açtığı doğal değişkenlikten kaynaklanmaktadır. Buradaki nedenler veya etkiler kısa dönem tahmin yöntemleriyle etkin bir şekilde belirlenebilir ve analiz edilebilir (Billings ve Jones, 2008: 7).

Kısa dönem su tahmin modelleri aşağıdaki üç olguya bağlı olarak geliştirilebilir (Maidment vd.,1985: 425):

- Toplam kentsel su tüketimi, temel ve mevsimsel tüketimden oluşur. Temel tüketim, toplam tüketimin kış aylarındaki ortalama tüketim olan ve hava koşullarından etkilenmeyen kısmını oluştururken, mevsimsel tüketim ise kış aylarının dışındaki aylarda olan ve hava koşullarına bağlı olan tüketimi oluşturur.

- Mevsimsel tüketim, yağış olmadığında yıl içinde sıcaklık koşullarına bağlı olarak tipik bir yol izler.

- Mevsimsel tüketimde zamanla giderek azalmanın dışında yağıştan dolayı ani bir düşüş gözlenir.

**Çok Kısa Dönem Su Talep Tahminleri:** Günlük veya haftalık olan bu tahmin modelleri, günümüzde ileri tahmin yöntemleriyle geliştirilmektedir. Günlük işletme proseslerinin optimizasyonunu hedefleyen su kullanım tahminleri geliştirmek için bu yöntemlerde, genellikle birkaç günlük veya haftalık hava tahminlerini kullanılır. Bu tahmin modelleri ayrıca, bakım-onarım çizelgelerinin planlanmasında da yardımcı olur (Billings ve Jones, 2008: 8).

Günlük su talep tahminleri, su temin sistemlerinin optimum yönetimi, işletimi, ve su azlığının yönetim uygulamaları için gereklidir. Ayrıca enerji tüketimini asgariye indirmek, destekleyici unsurların temin edileceği zamanı belirlemek ve kısa dönem koruma önlemlerini geliştirmek için de kullanılabilir (Jain ve Ormsbee, 2002: 651).

Su talebinin saatlik olarak tahmin edilmesi, su kuruluşlarına aşağıda belirtilen konularda katkılar sağlayabilir (Herrera vd., 2010: 141):

- Su yöneticilerine, optimal düzenlemelerin belirlenmesi ve tahmin edilen su talebinin temin edilmesi için pompalama şemaları oluşturma olanağı sağlar. Böylelikle daha düşük pompalama yapılarak enerji verimliliğinin artırılmasına imkan tanır.

- Temin edilen suda belirli bir standart elde etmek için uygun su kaynaklarının kombinasyonun seçilmesinde rol oynar.

- Mevcut ve tahmin edilen talep (debi ölçümleri) arasındaki karşılaştırma, noktasal şebeke hatalarının (su sızıntıları ve boru patlaklarının) yerini belirlemede yardım edebilir. Bu amaçla bir erken uyarı sistemi kurulmasına katkıda bulunabilir.

## V. SU TALEP TAHMİNİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER VE LİTERATÜRDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Su talep tahmini ile ilgili çalışmalar incelendiğinde birçok farklı yöntemin kullanıldığı görülmektedir. Bu yöntemler; regresyon analizi, zaman serileri analizi, yapay zeka teknikleri ve hibrid yaklaşımlar olmak üzere dört ana başlıkta gruplanabilir. Su talep tahmini ile ilgili literatür analizinde bu yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar, başlıklar halinde aşağıda özetlenmiştir (Qi ve Chang, 2011: 1629-1632):

### V.I. Regresyon Analizi ile Yapılan Çalışmalar

Su talep tahmini ile ilgili literatüre bakıldığında, ilk çalışmaların regresyon analizi ile yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmaların başında, Howe ve Linaweaver'in (1967) yaptığı çalışma gelmektedir. Bu çalışmada, birçok şehirde kesitsel verilerden regresyon analiziyle tahmin edilen parametrelerle konut su talebi modelleri oluşturulmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlar evsel talepte, fiyat değişkeninin görece olarak elastik olmadığını ortaya koymuştur. Ardından 1979 yılında Cassuto ve Ryan'nın yaptığı çalışmada, California'nın Oakland bölgesinde uzun dönem su koruma programları, gelir ve maliyetin bağımsız değişken olarak kullanıldığı regresyon modelinde konut elastikiyeti tahmin edilmiştir. Maidment vd., (1985) ise Florida, Pennsylvania ve Texas'daki



dokuz şehirden günlük su tüketim verilerini kullanan bir regresyon modeli geliştirmişlerdir. Bu modelle yağış ve hava sıcaklığı değişkenlerindeki kısa dönem kullanım değişimi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Billings ve Agthe, (1998) Arizona'nın Tucson şehrinde kısa dönem su talebini tahmin etmek için temel ortalama aylık yaklaşımıyla regresyon analizi ve zaman serileri uzay yöntemini karşılaştırmışlardır. 2007 yılında Babel vd. regresyon modeli ile sosyo-ekonomik karakteristikler, iklimsel faktörler, kamu su politikaları ve stratejilerinin tanımlandığı çok değişkenli ekonometrik faktörlere dayalı olarak evsel su talep tahmini yapmışlardır.

## V.II. Zaman Serileri Analizi ile Yapılan Çalışmalar

Su talep tahminlerinin yapılmasında kullanılan yöntemlerden biri de zaman serileri analizidir. Zaman serileri analizi ile su talep tahmini çalışmaları 1981 yılında Hansen ve Narayanan ile başlamıştır. Hansen ve Narayanan çok değişkenli zaman serileri modeli ile aylık su talep tahmini yapmışlardır. Bu çalışmada, su fiyatı, ortalama sıcaklık, toplam yağış ve gündüz saatleri oranı, bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Ardından, Maidment vd., (1985) günlük kentsel su tüketim tahmini için hava sıcaklığı ve yağış miktarları verilerinden yararlanarak Box ve Jenkins modeli ile kısa dönemli tahmin yapmışlardır. Jowitt ve Xu, (1992) günlük su talep tahmini için otoregresiv yapılar ile üstel ağırlıklı ortalamanın kombinasyonunu kullanan bir zaman serisi analizi geliştirmişlerdir. Molino vd., (1996) kısa dönemli su talep tahmini için otoregresiv hareketli ortalama kullanan su tüketiminin zamansal gelişim modelini oluşturmuşlardır. Zhou vd., (2002) Avustralya'nın Melbourne kentinde günlük su tüketimini belirlemek için mevsimsel ve iklimsel değişkenler arasındaki korelasyonu da dikkate alarak yaptıkları çalışmada, zaman serileri modeli kullanmış ve başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Caiado, (2007) çok aşamalı su talep tahmini ve kentsel su talep modelleme için tekil ve bileşik tek değişkenli zaman serisi modellerinin (üstel düzeltme, ARIMA-Autoregressive Integrated Moving Average- ve genelleştirilmiş koşullu otoregresiv) tahmin doğruluğunu karşılaştırmışlardır.

## V.III. Yapay Zeka Teknikleri ile Yapılan Çalışmalar

Son yıllarda su talep tahmini ile ilgili yapılan çalışmalarda problem durumunun karmaşıklığının artması sebebiyle yeni ve zeki teknikler kullanılmaya başlanmıştır. Literatüre bakıldığında, yapay zeka teknikleri içerisinde su talep tahmini alanında en çok Yapay Sinir Ağları (YSA)'nın kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmalardan ilki, Jain vd.'nin (2001) yaptığı çalışmadır. Bu çalışmada, su talebini etkilediği düşünülen fiziksel faktörlerle ilgili verilerden yararlanılarak, YSA ile iki tip model geliştirilmiştir. Bunlardan biri sadece tek gizli katmanlı, diğeri ise iki gizli katmanlıdır. Çalışmada geliştirilen bu iki model, geleneksel regresyon modeli ve zaman serileri analiz metodu ile karşılaştırılmış, en iyi sonucu iki gizli katmanlı YSA modelinin verdiği sonucuna varılmıştır. Ardından, Jain ve Ormsbee, (2002) regresyon analizi, zaman serileri ve YSA modellerini kısa dönemli su talep tahmini analizinde kullanarak modellerin performanslarını karşılaştırmışlardır. Liu vd., (2003) tarafından yapılan çalışmada, Çin'de Weinan kenti için üç katmanlı yapay sinir ağları modeli tasarlanmış ve tasarlanan modelde su fiyatlandırması, hane halkı geliri, hane halkı büyüklüğüne ait veriler, modelin giriş değişkenleri olarak kullanılmıştır. Bougadis vd., (2005) kısa dönemli su talep tahmini için bir yapay sinir ağı modeli geliştirmişlerdir. Bu çalışmada yağış miktarları, hava sıcaklığı ve geçmiş zamanlardaki su talebi giriş verisi olarak kullanılmıştır. Çalışma sonunda, YSA'nın regresyon ve zaman serilerine göre daha tutarlı ve gerçeğe yakın sonuçlar ürettiğini ileri sürülmüştür. Msiza vd.'leri, (2007) Güney Afrika'da Gauteng Province'de kısa ve uzun dönemli tahminler için karma bir model tasarlamışlardır. Ghiassi vd., (2008) tarafından yapılan çalışmada, kentsel su talep tahmini için geleneksel geri yayımlı modelden farklı bir YSA modeli geliştirilmiş ve bu yeni yöntem ARIMA yöntemi ve diğer geleneksel YSA metotları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçta geliştirilen karma modelin daha iyi performans gösterdiği ve modelin daha az parametre ile daha iyi sonuçlar ürettiği ileri sürülmüştür. Herrera vd., (2010) ise yaptıkları çalışmada, saatlik su talebini tahmin etmek için YSA yöntemini

kullanmış ve sonuçlarını regresyon modelinin ürettiği sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Çalışma sonunda farklı modellerle karşılaştırılan YSA modelinin en uygun sonuçları ürettiği ileri sürülmüştür. Campisi-Pinto vd., (2012) kentsel su talep tahmini için geri yayımlı YSA modeli geliştirmişlerdir. Bu modele ek olarak bağı olmayan YSA ile doğrusal çoklu regresyon modellerini kullanmışlardır. Sonuç olarak ta daha kesin sonuçlar almak için YSA eğitim setinin varyansının azaltılmasını önermişlerdir.

Su talep tahmini alanında YSA'nın dışındaki tekniklerin kullanıldığı çalışmalar ise şöyledir: Altunkaynak vd.'leri, (2005) Takagi Sugeno (TS) bulanık mantık yaklaşımı ile 1995-2004 yılları arasındaki su tüketim değerlerinden aylık tahminler elde etmişlerdir. Ayrıca yazarlar bu modelin, olasılıklı modelleme ve tahminleme için uygun olan Markov ve ARIMA modellerinden daha yaygın kullanım alanı bulacağını ileri sürmüşlerdir. Diğer bir çalışma ise Athanasiadis vd.'leri, (2005) karar vericilerin politika belirlemelerine destek olmak amacıyla ve su fiyatlandırma politikalarını değerlendirmeleri için hibrid yapıda olan DAWN modelini geliştirmişlerdir. Çalışma sonunda DAWN, karar vericilere su talebi yönetiminde bilgilendirme ve eğitim politikası uygulamanın sonuçlarını anlamada yardımcı olacak bir model olarak önerilmektedir. Fırat vd.'leri, (2008) tasarladıkları Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Mantık (USBM) modeli ile ekonomik ve iklim şartları gibi faktörleri de dikkate alarak, aylık su tüketimi tahmini yapmışlardır. Aynı veri seti çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve USBM modelinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

#### **V.IV. Hibrid Yaklaşım Dayalı Yapılan Çalışmalar**

Farklı yöntemlerin bir arada kullanılmasıyla daha iyi sonuçlar alınabileceği hibrid yaklaşımına dayalı çalışmaların su talep tahmini alanında da kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmalarda genellikle YSA ile farklı yöntemlerin birlikte kullanılarak hibrid modeller geliştirilmiştir. Hibrid modeller ile yapılan çalışmalar ise kısaca şöyle özetlenebilir: Wu ve Zhou, (2010) kentsel alanlarda yıllık su talebini tahmin etmek için hibrid bir model geliştirmişlerdir. Bu model, trend bileşenlerini simule etmek için çoklu doğrusal regresyon yöntemini ve yine trend ve döngüsel bileşenleri hesaplamak için de Hodrick-Prescott filtresi kullanmıştır. Yurdusev vd., (2009) yaptıkları çalışmada kentsel su talep tahmini için genelleştirilmiş regresyon sinir ağı önermişlerdir. Bu çalışmada, doğru ve güvenilir su tüketim tahminleri üreten YSA teknikleri ile regresyon analizi kombine edilmiştir.

## **SONUÇ**

Su kaynaklarının giderek azaldığı ve buna bağlı olarak özellikle büyük kentlerde su sıkıntısının yaşandığı günümüzde su talebinin anlaşılması ve geleceğe yönelik talep tahminlerinin yapılması giderek zorunlu hale gelmektedir. Bu nedenle merkezi ve yerel su kuruluşlarının geleceğe yönelik su talep tahminlerinde bulunmaları ve buna göre gerekli önlemleri almaları yaşanabilecek sıkıntıların önlenmesinde büyük rol oynayacaktır. Ayrıca, su talep tahminlerinin yapılması öncesinde/sürecinde su talebini oluşturan sosyo-ekonomik ve iklimsel faktörlerin çok iyi analiz edilmesi ve anlaşılması, elde edilecek tahminlerin doğruluğunun önemli ölçüde artmasını sağlayacaktır.

Su talep tahminleri, genellikle temel ve mevsimsel tüketim üzerine yoğunlaşmaktadır. Bunun nedeninin temel ve mevsimsel tüketim ile tüketici davranışı arasındaki karşılıklı etkileşim olduğu söylenebilir. Dolayısıyla, yerel su kuruluşlarının su talep tahminlerini yaparken temel ve mevsimsel tüketim ile tüketici davranışı arasındaki ilişkileri araştıran çalışmalar yapmaları, gerek tüketici davranışının anlaşılmasına, gerekse de isabetli tahminlerin yapılmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

Ülkemizdeki merkezi ve yerel su kuruluşları için su talep tahminleri, gelecekteki su talebinin belirlenmesi ve gerekli tesislerin tasarımı, yatırım ihtiyaçlarının tespiti, mevcut su temin ve şebeke sistemlerinin optimum düzeyde işletilmesi, su fiyatının düzenlenmesi, iş gücünün planlanması, bütçeleme, maliyetlerin düşürülmesi, su talebinin yönetilmesi ve su koruma programlarının oluşturulması vb. alanlarında bir yönetim aracı olarak değerlendirilebilir. Böylelikle, su talebine uygun olarak yatırımların yapılmasıyla kaynak israfının da önüne geçilmiş olacaktır.

Su talep tahminleri genellikle kısa, orta ve uzun dönem şeklinde planlanır. Genel olarak tahmin dönemleri kullanım amaçlarına, tahmin modeli tiplerine ve farklı güvenilirlik seviyelerine göre değişiklik göstermektedir. Bu nedenle su talep tahmini çalışmalarının planlama ile elde edilecek çıktılara/hedeflere uygun olarak yapılması, tahmin dönemlerinin ve yöntemlerin buna göre seçilmesi, tahmin başarısının ve alınacak kararların doğruluğunun artmasında önemli rol oynayacaktır.

Su talep tahmini ile ilgili literatüre bakıldığında, ülkemizde bu alanda yapılan çalışmaların oldukça az olduğu görülmektedir. Ülkemizdeki akademisyen ve araştırmacılar, su talebinin anlaşılması, farklı yöntemlerle su talep tahminlerinin yapılması ve karşılaştırılması, talep tahminlerinin uygulanması ve sonuçlarının değerlendirilmesi, merkezi ve yerel su kuruluşlarıyla birlikte ortak projelerin geliştirilmesi gibi konularda çalışmalar yapabilirler. Yapılacak bu çalışmalar, öncelikle suyun daha verimli ve ekonomik yönetilmesinde, su kuruluşlarının yaşanabilecek su sıkıntılarına yönelik strateji geliştirmelerinde, su talebinin yönetilmesi ve tasarrufunun sağlanmasında, bu alandaki literatüre katkı sağlanmasında büyük rol üstlenecektir.

## KAYNAKÇA

- Adamowski, Jan Franklin (2008). Peak Daily Water Demand Forecast Modeling Using Artificial Neural Networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 134, 119-128.
- Ajbar, Abdel Hamid ve Ali, Emad (2012). Water Demand Prediction for Touristic Mecca City in Saudi Arabia Using Neural Networks. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 6, 342-346.
- Altunkaynak, Abdüsselam, Özger, Mehmet ve Çakmakçı, Mehmet (2005). Water Consumption Prediction of Istanbul City by Using Fuzzy Logic Approach, *Water Resources Management*, 19, 641-654.
- Alvisi, Stefano, Franchini, Marco, Marinelli, Alberto (2007). A Short-Term, Pattern-Based Model for Water-Demand Forecasting. *Journal of Hydroinformatics*, 9, 39-50.
- Athanasiadis, Ioannis N., Mentis Alexandros K., Mitkas, Pericles A., Mylopoulos, Yiannis A. (2005). A Hybrid Agent-Based Model for Estimating Residential Water Demand. *Simulation*, 81, 175-187.
- Babel, M. S., Gupta, A. D., Pradhan, P. (2007). A Multivariate Econometric Approach for Domestic Water Demand Modeling: An Application to Kathmandu, Nepal, *Water Resources Management*, 21, 573-589.
- Billings, R. Bruce ve Agthe, Donald E. (1998). State-Space Versus Multiple Regression for Forecasting Urban Water Demand, *Journal of Water Resources Planning and Management*, March-April, 113-117.
- Billings, R. Bruce, Jones, Clive V. (2008). *Forecasting Urban Water Demand*, Denver: American Water Works Association.

- Bougadis, John, Adamowski, Kaz ve Diduch, Roman (2005). Short-Term Municipal Water Demand Forecasting, *Hydrological Processes*, 19, 137–148.
- Brooks, David B. (1997). *Management of Water Demand in Africa and the Middle East: Current Practices and Future Needs*, Brooks, David B., Rached, Eglal ve Saade, Maurice (Ed.). Introduction: Water Demand and Water Markets (1-10). Ottawa: International Development Research Centre.
- Caiado, Jorge (2007). *Forecasting Water Consumption in Spain Using Univariate Time Series Models*, Proceedings of IEEE Spanish Computational Intelligence Society, 415-423.
- Campisi-Pinto, Salvatore, Adamowski, Jan, Oron, Gideon (2012). Forecasting Urban Water Demand Via Wavelet-Denoising and Neural Network Models. Case Study: City of Syracuse, Italy, *Water Resource Management*, 26, 3539–3558.
- Cassuto, A. E., Ryan, S. (1979). Effect of Price on The Residential Demand for Water within an Agency, *Journal of the American Water Resources Association*, 15, 345-353.
- Davis, William Y. (2003). *Water Demand Forecast Methodology for California Water Planning Areas-Work Plan and Model Review*, California Bay-Delta Authority, California.
- Firat, Mahmut, Yurdusev, M. Ali, Mermer, Mutlu (2008). Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Aylık Su Tüketiminin Tahmini, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 23, 449-457.
- Froukh, M. Luay (2001). Decision-Support System for Domestic Water Demand Forecasting and Management, *Water Resources Management*, 15, 363–382.
- Ghiassi, M., Zimbra, David K., Saidane, H. (2008). Urban Water Demand Forecasting with a Dynamic Artificial Neural Network Model, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 134, 138-146.
- Hansen, R. D. ve Narayanan, R. (1981). Monthly Time Series Model of Municipal Water Demand. *Water Resources Bulletin*, 17, 578-585.
- Herrera Manuel, Torgo Luis, Izquierdo Joaquin, Perez-Garcia Rafael (2010). Predictive Models for Forecasting Hourly Urban Water Demand, *Journal of Hidrology*, 141-150.
- Howe, C. W. ve Linaweaver, F. P. (1967). The Impact of Price on Residential Water Demand and Its Relation to Systems Design, *Water Resources Research*, 3, 13-22.
- Jain, Ashu ve Ormsbee, Lindell E. (2002). Short-Term Water Demand Forecast Modeling Techniques-Conventional Methods Versus AI, *American Water Works Association Journal*, 94, 64-72.
- Jain, Ashu, Varshney, Ashish Kumar, Joshi, Umesh Chandra (2001). Short-Term Water Demand Forecast Modelling at IIT Kanpur Using Artificial Neural Networks, *Water Resources Management*, 15, 299-321.
- Jowitt, Paul W. ve Xu, Chengchao (1992). Demand Forecasting for Water Distribution Systems, *Civil Engineering System*, 9, 105-121.
- Kobu, Bülent (1998). *Üretim Yönetimi* (10. Baskı). İstanbul: Avcıol Basın Yayın.
- Liu, Junguo, Savenije, Hubert H.G. ve Xu, Jianxin (2003). Forecast of Water Demand in Weinan City in China Using WDF-ANN Model, *Physics and Chemistry of the Earth*, 28, 219-224.
- Maidment, David R., Miaou, Shaw-Pin, Crawford, Melba M. (1985). Transfer Function Models of Daily Urban Water Use, *Water Resources Research*, 21, 425–432.
- Molino, B., Rasulo, G. ve Tagliatela, L. (1996). Forecast Model of Water Consumption for Naples, *Water Resources Management*, 10, 321-332.

- Msiza, Ishmael S., Nelwamondo, Fulufhelo V. ve Marwala, Tshilidzi (2007). *Water Demand Forecasting Using Multi-layer Perceptron and Radial Basis Functions*, Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks, Orlando, Florida, USA. August, 12-17.
- Nasseri, Mohsen, Moeini, Ali, Tabesh, Massoud (2011). Forecasting Monthly Urban Water Demand Using Extended Kalman Filter and Genetic Programming, *Expert Systems with Applications*, 38, 7387–7395.
- Qi, Cheng ve Chang, Ni-Bin (2011). System Dynamics Modeling for Municipal Water Demand Estimation in an Urban Region Under Uncertain Economic Impacts, *Journal of Environmental Management*, 92, 1628-1641.
- White, Stuart, Robinson, Jim, Cordell, Dana, Jho, Meenakshi, Milne, Geoff (2003). *Urban Water Demand Forecasting and Demand Management: Research Needs Review and Recommendations*, Australia: Water Services Association of Australia.
- Wu, Li ve Zhou, Huicheng (2010). Urban Water Demand Forecasting Based on HP Filter and Fuzzy Neural Network, *Journal of Hydroinformatics*, 12, 172-184.
- Yurdusev, Mehmet Ali, Firat, Mahmut, Mermer, Mutlu, Turan, Mustafa Erkan (2009). Water Use Prediction by Radial and Feed-forward Neural Nets, *Water Management*, 162, 179-188.
- Zhou, S. L., McMahon, T. A., Walton, A., Lewis, J. (2002). Forecasting Operational Demand for an Urban Water Supply Zone, *Journal of Hydrology*, 259, 189-202.