

196018

**BARAJLARIN AKTİF HAZNE HACMI  
BULUNMASINDA SU İHTİYAÇLARININ  
BELİRLENMESİ VE BURSA  
BARAJLARINDA UYGULANMASI**

**Mehmet Tözün BİNGÖL**  
**Yüksek Lisans Tezi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**İnşaat Mühendisliği**  
**Anabilim Dalı**  
**Ocak - 2003**

**Anadolu Üniversitesi**  
**Merkez Kütüphane**

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Mehmet Tözün Bingöl'ün Barajların aktif hazne hacmi bulunmasında su ihtiyaçlarının belirlenmesi ve Bursa barajlarında uygulanması başlıklı İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans tezi 21/01/2003 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

|                      | Adı-Soyadı                    | İmza |
|----------------------|-------------------------------|------|
| Üye ( Tez Danışmanı) | : Yrd. Doç. Dr. Recep BAKIŞ   |      |
| Üye                  | : Prof. Dr. Mehmet BİLGİN     |      |
| Üye                  | : Yrd. Doç. Dr. M. Ufuk TURAN |      |

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun  
22.01.2003 tarih ve ...3/2..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü  
Prof. Dr. Orhan ÖZER  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
AÜDÜTE

Anadolu Üniversitesi  
Merkez Kütüphane

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BARAJLARIN AKTİF HAZNE HACMİ BULUNMASINDA SU İHTİYAÇLARININ BELİRLENMESİ VE BURSA BARAJLARINDA UYGULANMASI

MEHMET TÖZÜN BİNGÖL

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç.Dr.Recep BAKIŞ  
2002, 80 Sayfa

Bu tezde, barajların inşa edilmiş amaçlarına göre su ihtiyaçlarının belirlenerek aktif hazne hacimlerinin bulunması ele alınmıştır. İçme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyaçları, sulama suyu ihtiyaçları, hidroelektrik enerji suyu ihtiyaçları incelenerek hedef yıldaki ihtiyaçların karşılanması için baraj aktif hazne hacmi bulunması gösterilmiştir. Baraj aktif hazne hacminin bulunması için debi gidiş çizgisi metodu ve debi toplam çizgisi metodu kullanılmıştır. Son bölümde Bursa şehrinin 2040 yılındaki su ihtiyaçları ve bu ihtiyaçların karşılanması için yapılması gereken barajların aktif hazne hacimleri araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Barajlar, Su İhtiyaçları, Aktif Hazne Hacmi

## **ABSTRACT**

**Master of Science Thesis**

### **THE DETERMINATION OF WATER REQUIRED TO FIND ACTIVE VOLUME OF RESERVOIR OF DAMS AND ITS APPLICATION IN BURSA DAMS**

**MEHMET TÖZÜN BİNGÖL**

**Anadolu University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Civil Engineering Program**

**Supervisor: Assit. Prof.Dr. Recep BAKIŞ  
2002, 80 Pages**

**In this thesis, active volume of reservoir was studied by determining the water needs according to the purpose of construction. The way of finding active reservoir volume of a dam to fulfill the requirements of the targeted year was exhibited by examining the water needs for drinking, use and industry, for irrigation and hydroelectrical energy production. The discharge running line and the discharge total line methods were employed in order to find the active reservoir volume of a dam. Finally, the active reservoir volume of dams needed to be built for satisfying the water requirements of Bursa in 2040 was investigated.**

**Keywords: Dams, Water Needs, Active Volume Reservoir**

## TEŞEKKÜR

Bu tezde bana yardımcı olan D.S.İ. Bursa Bölge Müdürlüğü personeline ve özellikle İnşaat mühendisi Gürkan Uray'a teşekkür ederim.

Ayrıca tezi hazırlamamda beni yönlendiren ve önemli katkılarda bulunan Prof.Dr. Mehmet Bilgin ve danışmanım Yrd.Doç.Dr. Recep Bakış'a teşekkürü bir borç bilirim.

Mehmet Tözün Bingöl  
İnşaat Mühendisi

# İÇİNDEKİLER

|  |      |
|--|------|
| ÖZET.....  | i    |
| ABSTRACT .....   | ii   |
| TEŞEKKÜR .....   | iii  |
| İÇİNDEKİLER .....  | iv   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....   | vi   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....  | vii  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                              | viii |
| <br>   |      |
| 1.GİRİŞ .....  | 1    |
| <br>   |      |
| 2. SU İHTİYAÇLARININ BELİRLENMESİ .....                          | 5    |
| 2.1. Sulama Suyu İhtiyaçları.....                                | 5    |
| 2.1.1. Blaney-Cridle metodu ile bitki ihtiyaçları tayini.....    | 9    |
| 2.1.2. Sulama barajlarında işletme çalışması.....                | 11   |
| 2.1.3. Türkiye’de Sulama .....                                   | 12   |
| 2.2. Hidroelektrik Enerji Üretimi Su İhtiyaçları.....            | 14   |
| 2.2.1. Enerji amaçlı barajların işletme çalışması .....          | 16   |
| 2.2.2. Türkiye’de hidroelektrik enerji potansiyeli.....          | 17   |
| 2.3. İçme, Kullanma ve Endüstri Su ihtiyaçları.....              | 18   |
| 2.3.1. Gelecekteki nüfus tahmin metotları.....                   | 19   |
| 2.3.2. Yerleşim yerinin gelecekteki su ihtiyacı hesabı.....      | 22   |
| 2.3.3.İçme ve kullanma amaçlı barajlarda işletme çalışması.....  | 23   |
| 2.3.4. Türkiye’de içme kullanma ve endüstri su ihtiyaçları ..... | 25   |
| 2.4. Su Kayıpları .....  | 26   |
| 2.5. Çok Amaçlı Barajlar.....                                    | 28   |
| <br>   |      |
| 3. BARAJ HAZNE HACMİNİN TAYİNİ.....                              | 30   |
| 3.1. Baraj Hazne Kısımları .....                                 | 31   |
| 3.1.1. Baraj Ölü Hacmi .....                                     | 32   |
| 3.1.2. Taşkın Hacmi.....   | 32   |
| 3.2. Baraj Aktif Hazne Hacminin Bulunması.....                   | 33   |

|   |    |
|---|----|
| 3.2.1. Debi gidiş çizgisi metodu.....                             | 33 |
| 3.2.2. Debi toplam çizgisi metodu .....                           | 35 |
| 4. İNCELEME BÖLGESİ VE SU POTANSİYELİ.....                        | 38 |
| 4.1. İklim ve Su Kaynakları.....                                  | 39 |
| 4.1.1. İklim özellikleri.....                                     | 39 |
| 4.1.2. Su kaynakları.....   | 40 |
| 4.1.3. Sulardan yararlanma şekilleri ve su hakları.....           | 43 |
| 4.2. Gelecekteki Nüfus ve Su İhtiyaçları.....                     | 44 |
| 4.2.1. Su ihtiyaçlarının aylık değişimi ve pik faktörler .....    | 48 |
| 4.3. Su İhtiyaçlarının Karşlanması .....                          | 49 |
| 4.3.1. Alternatiflerin karşılaştırılması .....                    | 57 |
| 4.4. Su İhtiyaçlarının Karşılanaacağı Tesisler .....              | 58 |
| 4.4.1. Yeraltısuyu tesisleri .....                                | 58 |
| 4.4.2. Selahattin Saygı (Doğancı I) barajının özellikleri.....    | 59 |
| 4.4.3. Nilüfer (Doğancı II) barajının özellikleri .....           | 60 |
| 4.4.4. Gölbaşı barajının özellikleri.....                         | 60 |
| 4.4.5. Çınarcık barajının özellikleri .....                       | 61 |
| 4.5. Ekonomik Analiz.....   | 62 |
| 4.5.1. Tesis maliyetleri ve yıllık giderler.....                  | 62 |
| 4.5.2. Gelir gider oranı .....                                    | 64 |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....   | 65 |
| 6. KAYNAKLAR .....  | 67 |
| 7. EKLER.....   | 69 |
| 7.1. Çeşitli Düzenleme Oranlarına Göre Hazne Hacmi Bulunması..... | 69 |
| 7.2. Maliyet ve Ekonomi .....                                     | 78 |
| 7.2.1. Tesis ve Yatırım Bedeli .....                              | 78 |
| 7.2.2. Fayda .....  | 78 |
| 7.2.3. Giderler .....   | 78 |
| 7.2.4. Rantabilite.....   | 79 |
| 7.3. Bursa Barajlarının kroki gösterimi.....                      | 80 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|  |    |
|--|----|
| 2.1. Haftalık yük eğrisi   | 15 |
| 2.2. Grafik metoduyla gelecekteki nüfus tayini                               | 20 |
| 3.1. Bir haznenin kısımları  | 31 |
| 3.2. Debi gidiş çizgisi ile aktif hacim tayini                               | 34 |
| 3.3. Debi toplam çizgisi metodu ile aktif hacim tayini                       | 37 |
| 4.1. Etüt sahasının Türkiye'deki yeri  | 38 |
| 4.2. Bursa şehri su ihtiyaç eğrisi   | 47 |
| 4.3. Birinci alternatife göre su ihtiyaçlarının karşılanması                 | 50 |
| 4.4. İkinci alternatife göre su ihtiyaçlarının karşılanması                  | 52 |
| 4.5. Üçüncü alternatife göre su ihtiyaçlarının karşılanması                  | 54 |
| 4.6. Dördüncü alternatife göre su ihtiyaçlarının karşılanması                | 56 |
| 7.1. Değirmendere çayının ve sulama suyu ihtiyacının zaman içindeki dağılımı | 70 |
| 7.2. Bursa barajlarının kroki gösterimi                                      | 80 |



## ÇİZELGELER DİZİNİ

|   |    |
|---|----|
| 2.1. Sıcaklığa bağlı iklimatik katsayılar( $k_t$ )                        | 11 |
| 2.2. Sulama amaçlı barajda işletme çalışması                              | 12 |
| 2.3. Türkiye’de kullanılan aylık yağış-etkili yağış bağıntısı             | 13 |
| 2.4. Türkiye’de hidroelektrik enerji potansiyeli                          | 18 |
| 2.5. Bazı endüstri dallarında su kullanımı                                | 23 |
| 2.6. Hazne işletme çalışması  | 24 |
| 2.7. Türkiye’de içme, kullanma ve endüstri su tüketimi                    | 26 |
| 4.1. Bursa ve çayırköy ovaları yeraltı suyu bilançosu                     | 42 |
| 4.2. Proje sahasının gelecekteki nüfus tahminleri                         | 45 |
| 4.3. Proje sahası su ihtiyacının aylık ve yıllık değişimi                 | 49 |
| 4.4. Yıllara göre Bursa ili su ihtiyacının karşılanması                   | 58 |
| 4.5. Su ihtiyaçlarının karşılanacağı tesislerin maliyeti                  | 62 |
| 4.6. Yıllık giderler  | 63 |
| 4.7. Dönemlere göre gelir ve giderler                                     | 64 |
| 7.1. Kayapa gölet yerinde Değirmendere çayının getirdiği aylık su miktarı | 70 |
| 7.2. Biber ve patlıcanın sulama suyu ihtiyacının % olarak dağılımı        | 70 |
| 7.3. Yıllık su ihtiyacı dağılımı tablosu( $k=0,95$ )                      | 71 |
| 7.4. Hazne hacmi araştırması( $k=0,95$ )                                  | 72 |
| 7.5. Yıllık su ihtiyacı dağılımı tablosu( $k=0,90$ )                      | 75 |
| 7.6. Hazne hacmi araştırması( $k=0,90$ )                                  | 76 |
| 7.7. Kayapa barajı tesis ve yatırım bedeli                                | 78 |
| 7.8. İşletme ve bakım giderleri   | 78 |
| 7.9. Çeşitli düzenleme oranlarına göre ekonomik hazne hacimleri           | 79 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- u** : Aylık bitki ihtiyacı (mm)
- k** : Bitki türlerine göre değişen aylık ampirik ihtiyaç katsayısı
- f** : Bitki aylık su ihtiyacı faktörü
- K<sub>m</sub>** :Büyüme mevsimi için ampirik su ihtiyacı katsayısı
- F<sub>m</sub>** : Büyüme mevsimi için su ihtiyacı faktörlerinin toplamı
- p** : Enlem derecesine göre aylık güneşlenme oranı
- t** : Aylık ortalama sıcaklık (C°)
- k<sub>c</sub>** : Bitki büyüme devresi katsayısı
- k<sub>t</sub>** : Sıcaklığa bağlı klimatik özellikleri yansıtan katsayı
- Q** : Yıllık ortalama akış (m<sup>3</sup>)
- H** : Düşü mesafesi (m)
- e** : Yüzde olarak genel türbin randımanı
- P** : Toplam gücü (kw)
- n** : Bütün kayıpları ve randımanı
- K<sub>a</sub>** : Aritmetik artış hızı
- N<sub>2</sub>** : Son nüfus sayımında tespit edilen nüfus
- N<sub>1</sub>** : Son nüfus sayımından önceki sayımda tespit edilen nüfus
- N<sub>g</sub>** : Gelecekteki nüfus
- K<sub>g</sub>** : Nüfus artış oranı
- N** : Kentin hedef yıldaki nüfusu
- q** : Hedef yıldaki nüfusun kişi başına ortalama ihtiyacı (lt/gün-kişi)
- X** : Yağış miktarı (m<sup>3</sup>/ay)
- Q<sub>g</sub>** : Göle giren yüzeysel akımı (m<sup>3</sup>/ay)
- Q<sub>y</sub>** : Göle giren veya çıkan yeraltı suyu akımı (m<sup>3</sup>/ay)
- E** : Buharlaşma miktarı (m<sup>3</sup>/ay)
- Q<sub>ç</sub>** : Gölden çıkan yüzeysel akımı (m<sup>3</sup>/ay)
- D** : Depo edilen su hacmindeki değişme (m<sup>3</sup>/ay)

## 1.GİRİŞ

İnsanların su gereksinimleri ile akarsuların doğal akımları zamansal bir uyum içinde değildir. Çok yüksek nehir akımları, akarsu vadileri boyunca insanların yaşam ve yaşantılarını tehlikeye soktuğu gibi kurak dönemlerde de onları sık sık su kısıntısı ile karşı karşıya bırakmaktadır. Yine yıl boyunca değişmeyen düzenli akımı olan bir akarsu bile insanların su gereksinimlerini tamamen karşılayamaz. Özet olarak akarsuların uygun olmayan yerel dağılımları, mevcut olan suyun kullanımını kısıtlamaktadır. Suyun zaman boyutu için ötelenmesinde esas yöntem, su depolamasıdır ve bu nedenle barajlara ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece, doğanın belirlediği akarsu düzeni toplumun ihtiyacına göre yeniden düzenlenir [1]. Bir barajın ilk amacı; yüzeysel su akışlarını düzenlemektir. Su depolama yapısının kapasitesi, onun işletim politikası ile birlikte belirlenir ve kapasite belli bir süre sonraki ihtiyaçlar için nehir akışlarını depolayabilmelidir [2]. Ancak barajlar maliyeti yüksek yatırımlardır. Bu nedenle yapımı düşünülen bir barajdan optimum faydayı elde edecek en uygun boyutun belirlenmesi için işletme çalışmaları yapılır. İşletme çalışmaları, gözlemlerin uzunluğu ve doğruluğu oranında güvenilir sonuçlar verecektir [3].

Bir işletme çalışmasının, akımın çok düşük olduğu bir kritik devre yerine uzun süreye ilişkin gözlemlere, uzatılmış verilere veya uzun süreli bir sentetik akım dizisine dayandırılması gerekir. İşletme çalışmaları yıllık, aylık, haftalık, günlük veya daha kısa zaman aralıklarına ilişkin verilerle yapılabilir. Yıllık değerlerle yapılacak hesaplamalar çok kaba sonuçlar verir. Hazne kapasitesi belirlemede, aylık verilerle yapılacak bir işletme çalışması yeterli olmaktadır [4].

Baraj haznelerinin işletme çalışmaları yapılış amaçlarına göre değişir. Su kullanma amaçlı ( içme suyu, sulama, enerji vb.) bir barajda kurak mevsim için haznede su bulunması istenirken, taşkın kontrolü amaçlı barajlarda gelebilecek taşkınlar için haznede büyük boş hacim bulunması arzu edilir. Birincisindeki istek ikincisindekinin tersidir. İşletme çalışması yapılarak su kullanma amaçlı barajlarda maksimum işletme seviyesinin bulunması

amaçlanırken, taşkın kontrolü amaçlı barajlarda minimum işletme seviyesi belirlenir. Bunlardan başka işletme çalışması ile;

1. Hazne hacminin yeterli büyüklükte ve ekonomik olup olmadığı anlaşılır.

2. Savaklanacak su miktarı belirlenir.

3. Haznenin dolup boşalacağı aylar belirlenir.

İşletme çalışması en elverişsiz durum dikkate alınarak yapılır. Bu elverişsiz durum taşkın kontrol haznelerinde en sulak yıl, su kullanma haznelerinde en kurak yıldır.

Barajlar bir veya birkaç amaca hizmet etmek üzere yapılırlar. Tek amaçlı barajlar, sadece bir amaç için düşünülen depolamalardır. Mesela; sadece enerji üretmek, sadece sulama yapmak, bir yerin sadece içme veya endüstri suyunu sağlamak, bir yeri taşkından korumak veya yeraltı suyunu beslemek gibi. Çok amaçlı barajlar ise, birden fazla amaca hizmet etmek üzere planlanmış depolama tesisleridir. Mesela; hem enerji üretimi hem de sulamayı bir arada yapan barajlar gibi. Genelde barajlar çok amaçlı olarak inşa edilerek optimum fayda sağlanır.

Düzenleme periyoduna göre barajlar, mevsimlik düzenleme yapanlar ve uzun vadeli düzenleme yapanlar olmak üzere iki kısma ayrılır. Asgari yıllık akımı, proje ihtiyacını karşılayan fakat bazı aylardaki sarfiyatları proje ihtiyacını karşılamayan akarsuların fazla aylardaki sarfiyatlarını, eksik sarfiyatlı ayların eksikliğini karşılamak üzere biriktirme gayesi için planlanan barajlar mevsimlik düzenleme yapan barajlardır. Bunların aktif hacmi her sene dolar ve boşalır. Akarsuyun, uzun yıllar ortalama akışı proje ihtiyacını karşıladığı halde bazı yıllarda gelen su miktarının proje ihtiyacından az olması halinde fazla akışı olan yılların fazla sularının az akışı olan yılların eksikliğini telafi için kısmen veya tamamen biriktirmek şeklinde planlanan barajlar ise uzun vadeli düzenleme yapan barajlardır [3].

Barajdan ekonomik ömrü boyunca optimum faydayı sağlamak, gelecekteki su ihtiyaçlarının doğru olarak belirlenmesine bağlıdır. Bu çalışma ile sulama, enerji, içme, kullanma ve endüstri vb. su ihtiyaçlarının

belirlenmesi bunun yardımı ile baraj aktif hazne hacminin bulunması amaçlanmıştır.

Uzun yıllar boyunca gözlemleri olan akarsular üzerinde yapılacak hazne yapılarının, yaş yıllardan kurak yıllara su aktaracağı ve yıllar arası düzenlemeyi sağlayacağı düşünüldüğünde bu hazneleme yapılarının, büyük hacimli çıkacağı şüphesizdir. Göz önüne alınan uzun periyottaki  $Q=f(t)$  akarsu debileri fonksiyonunun, ihtiyaçların zaman içindeki değişimini belirleyen  $Q_i=f(t)$  fonksiyonunu karşılaştırılarak elde edilecek hazne hacminin ekonomik olması hayli güçtür.

Genel olarak akarsu potansiyelini ifade eden  $Q=f(t)$  fonksiyonunun tamamından uzun periyot boyunca yararlanma düşünülemez. Ortalama yıllık su potansiyelinin belli bir yüzdesinden yararlanılarak ihtiyaçların karşılanması düşünülür. Uygulamada yıllık ortalama suyun % 80 ile % 95'inden yararlanılarak, ihtiyaçların karşılanması düşünülür. Bu ifade regülasyon oranını olarak adlandırılır ve % R olarak gösterilir. Regülasyon oranının yapılacak incelemelerle en uygun olanı seçilebilir.

Sonuç olarak, yıllık ortalama ihtiyaçlarımız için kullanabileceğimiz su miktarı, yıllık ortalama su potansiyelinin % R olarak uygunluğu araştırılacaktır. ( $Q_{IT}=R \times Q_T$ )

Uygun regülasyon oranı bulunduktan sonra, bazı yıllarda ihtiyaç debilerinin azaltılması su kısıntısı yapılarak daha ekonomik hazne hacminin bulunması mümkün olur. Ancak ihtiyaç debilerinin, içme ve kullanma suyu temini için kullanılması halinde, bu kısıtlama oldukça sınırlı kalacaktır.

Bu çalışmada, Bursa ilinin içme ve kullanma suyu ihtiyaçlarını karşılayacak, hazne hacminin araştırılması söz konusu olduğundan,  $Q_i$  debilerinde önemli bir kısıntı söz konusu olamayacaktır. Ayrıca, içme ve kullanma suyu ihtiyaçlarının karşılanacağı en önemli su kaynağı olan Nilüfer çayına ait gözlemler oldukça kısa süreli olduğundan, böyle bir inceleme önemli bir ekonomi temin etmeyecektir.

Bundan başka, akarsuya ait gözlemlerin kısa süreli olması nedeniyle, akarsu akımlarının bir matematik model kullanılarak, sentetik olarak

üretilmeside çok yararlı ve anlamlı olmayacaktır. Bu nedenle sentetik akış serileri üretilerek, bir hazne hacmi çalışması yapılmayacaktır.

Konu ile ilgili genel bilgiler verildikten sonra Bursa barajlarındaki uygulamaları anlatılmıştır. Ekler bölümünde Bursa ili Nilüfer ilçesinde ki Kayapa barajının çeşitli düzenleme oranlarına göre hazne hacmi araştırılmıştır.

Toplam beş bölümden oluşan bu çalışmada, girişten sonra gelen bölümlerde literatür özeti verilerek konuya ilişkin kaynaklar gözden geçirilmiştir. Son bölümde ise incelemelerden elde edilen sonuçlar ve öneriler verilmiştir.

## 2. SU İHTİYAÇLARININ BELİRLENMESİ

Su ihtiyacının bulunmasında genel olarak iki düşünceden hareket edilir. Bunlar mahalli ihtiyaçların karşılanması için su gereksinimlerinin saptanması yani bölgesel planlama ve ulusal ihtiyaçların karşılanması için su gereksinimlerinin saptanmasıdır [5].

Her iki düşüncenin ışığı altında su ihtiyaçlarını şöyle sıralayabiliriz.

1. Sulama suyu ihtiyaçları
2. Enerji üretimi için gerekli su
3. İçme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyaçları
4. Mesire yerlerinin oluşması için gerekli su

Bunlardan başka, ihtiyaçlarımızın karşılanmasında kullanılan su, akarsuya hemen dönmeyecekse, aşağıdaki maddelerinde ihtiyaç olarak dikkate alınması gerekir.

5. Akarsuyun baraj mansabında yaşayanlar için belli bir miktar suyun verilmesi

6. Akarsudaki yabani hayatın devamı için gerekli su

7. Akarsu üzerinde su ulaşımı yapılıyorsa bunun sağlanması için gerekli su

Ayrıca, baraj aktif hazne hacmi hesapları ileri etüt safhasında yapılıyorsa su kayıplarının da adeta bir su ihtiyacı gibi alınması gerekir. Bunlar;

8. Baraj gölünden buharlaşabilecek su miktarı
9. Baraj gölünden sızmalarla kaybedilen su
10. Baraj gövdesinden ve temelinden sızan sular

### 2.1. Sulama Suyu İhtiyaçları

Sulama suyu temini için planlanacak bir barajda, gözönünde bulundurulması gereken en önemli faktör tüketilecek su miktarıdır. Bu miktara çeşitli faktörler etki eder. Bunların başında proje sahasının büyüklüğü gelir. Su kaynağının sınırlayıcı bir faktör olduğu durumlarda birim alanda tüketilecek su miktarı projenin büyüklüğünü tayin eder. Geniş toprak kaynakları olan bölgelerde su, genellikle son derece sınırlı miktarda mevcuttur. Birim alanda tüketilecek su miktarında sağlanacak ekonomi daha geniş alanlara su

sağlanmasını mümkün kılacağından bu husus ülke ekonomisini geniş ölçüde etkilemiş olacaktır. Suyun bol, tarıma elverişli toprak kaynağının sınırlı olduğu durumlarda ise sulama suyu ihtiyacı havzada mevcut su potansiyelindeki azalmayı tayin edecektir.

Sulama suyu ihtiyaçları proje ömrü içinde kritik kurak yıllar boyunca maksatları karşılayacak bir seviyede tutulmak zorundadır. İhtiyaçlar, sıcaklıkların normalin üzerinde olduğu yıllarda genellikle normal ve yağışlı yıllardakinden fazla olur. Sulama suyu ihtiyacı meteorolojik faktörlerin değişkenliği nedeniyle zaman içinde önemli farklılıklar gösterir. Bu yüzden proje ihtiyaçlarının zamanın belirli bir yüzdesinde, karşılanacak şekilde hesaplanması gerekir [3].

Sulama amaçlı barajların sulayacağı alan ve bu alan için haznelenmesi gereken su miktarı planlama aşamasında belirlenir. İşletmeye açıldıktan sonra, sulama alanları, çiftçi, bitki ve sulama şebekesinin gelişmesine bağlı olarak geliştirilir ve sonunda projedeki hedefe ulaşılır [6].

Belirli bir bitkinin sulama suyu ihtiyacının belirlenebilmesi için, bitkinin tükettiği su miktarının ve bu miktarın yağışlarla karşılanan kısmının (etkili yağış) bilinmesi gerekir. İkisi arasındaki fark, bitki su tüketiminin sulama suyu ile karşılanması gereken miktarını verir [7].

Bitki su tüketimi evapotranspirasyon ile eş anlamlı olarak ifade edilir. Evapotranspirasyon, toprak yüzeyinden buharlaşma (evaporasyon) ile bitki yapraklarından olan terleme (transpirasyon) yoluyla atmosfere verilen toplam su miktarıdır. Sulama uygulamalarında evaporasyon ve transpirasyon birlikte ölçülür yada tahmin edilir. Bitki su tüketimini etkileyen unsurlar; iklim, toprak ve bitki faktörleri olmak üzere üç grupta incelenebilir. Bunlardan iklim unsurları, solar radyasyon, sıcaklık, hava nemi, rüzgar, güneşlenme süresi ve gündüz saatleridir. Topraktaki nem durumu, üst toprak katmanının işlenmesi, ve toprağın bitki ile örtülü olması bitki su tüketimini etkileyen toprak faktörleridir. Önemli bitki faktörleri ise bitki cinsi, gelişme devresi ve büyüme mevsiminin uzunluğudur [7].

Su ihtiyaçlarını etkileyen diğer bir faktör sulama metodudur. Bitki cinsi, suyun toprak üzerinde kalma süresini tayin eder. Meselâ çeltik üretiminde



tavalar yapmak suretiyle suyun uzun bir süre toprağın üzerinde kalması sağlanır. Metodların hepsinde suyun mümkün mertebe az miktarda harcanmasına çalışılır. Su ekonomisi yönünden yağmurlama usulü en etkin metoddur.

Yüzeysel toprağın çok geçirimli olduğu hallerde sulama suyunu yeraltı suyuna ulaştırmak mümkün olabilir. Bu şekilde yeraltı suyu seviyesi yükselir ve kapilarite ile bitkilerin kök derinliği bölgesine gerekli nem temin edilmiş olur [3].

Kış aylarında yağışın düşük olduğu bölgelerde toprak suyun tamamını tutabilir. Dolayısıyla yağışın tamamını etkili varsaymak mümkün olabilir. Yağışlı kışlar geçiren bölgelerde toprak üst tabakalarının tam doygun hale gelmesi mümkün olabilir. Bu gibi durumlarda sulama uygulaması o şekilde ayarlanır ki, sulama mevsimi sonunda topraktaki nemin tamamı tüketilmiş olur. Bu şekilde kış mevsimi boyunca toprak yağışlarla su tutan bir hazne gibi kapasitesinin tamamını ertesi yılki sulamaya kadar kullanır ve böylece yağışlardan azami fayda sağlanmış olur. Toprağın su tutma kapasitesi, derinliğe ve yapısal özelliklerine bağlıdır. Kumlu bir toprağın su tutma kapasitesi % 20 olabilirken killi topraklarda bu değer % 50' ye kadar ulaşabilir. Toprak üst tabakalarında çeşitli bitkilerin kök derinliklerine kadar hazır vaziyette bulundurulacak suya bitki su tüketimi hesaplarında bir kaynak gözüyle bakmak mümkündür.

Kıştan arta kalan bu su, büyüme mevsiminin ilk aylarında tüketilmeye başlanır ve eksilme oldukça yüzeysel sulamayla takviye edilerek büyüme boyunca bitkiye ihtiyacı olduğu su sağlanır. Kıştan arta kalan bu su, daha çok yıllık bitkiler ile ilkbahar başlangıç ve ortalarında ekilen bitkiler için faydalı olur. Dolayısıyla bu tür bitkiler için, toplam su ihtiyacında bir ölçüde azalma olur. İlkbahar sonu ve yaz başlangıcında ekilen bitkiler için kıştan arta kalan su etkili değildir [8].

Bitkilerin su ihtiyacını etkileyen önemli faktörlerden biride sıcaklıktır. Bir yerdeki uzun süreli sıcaklık değerleri güneş ışınmasının bir ölçüsü olarak diğer meteorolojik şartlara oranla su ihtiyacını daha geniş ölçüde etkiler. Beklenmeyen düşük sıcaklıklar bitki büyümesini geciktirici bir rol

oyarken çok yüksek sıcaklıklar solma sonucunu doğurur. Bitkilerde terleme yoluyla kayıplar, yaprak alanı ve bitkilerin fizyolojik ihtiyaçları yanında sıcaklıkla da önemli ölçüde değişimler gösterir. Buharlaşma ve terleme havanın kuru olduğu günlerde hızlanırken nemli günlerde azalır. Büyüme döneminde ortalama nem oranının düşük olduğu dönemlerde bitkiler tarafından tüketilecek suyun fazla olacağı kesindir.

Büyüme mevsimi bitki cinsine ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. Her bitki için büyüme mevsimi ölçümler sonucu tayin edilir. Büyüme belli başlı üç safha gösterir. Birinci safha bitki örtüsünün teşekkül ettiği fişkırtma dönemidir. Bu dönemde su ihtiyaçları küçük bir değerden maksimum değerine yakın bir değere birden bire yükselir. İkinci safha maksimum bitki örtüsü dönemidir. Bu devrede toprakta yeterli su bulunabildiği takdirde bitki, ihtiyacının tamamını veya buna yakın bir miktarını tüketebilir. Üçüncü safha bitki olgunlaşma dönemidir. Bu dönemde bitki ihtiyaçları azalmaya başlar[3].

Uygulamada bitki su tüketimi değerlerinin elde edilmesinde yaygın olarak potansiyel ve referans bitki su tüketimi deyimleri kullanılmaktadır. Potansiyel bitki su tüketiminde, önce yalnızca iklim unsurlarının etkili olduğu bir potansiyel bitki su tüketimi tanımlanmakta ve potansiyel bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılacak ampirik eşitlikler geliştirilmektedir. Sonra potansiyel bitki su tüketim değerleri, bitki cinsi ve bitki gelişme devresinin fonksiyonu olan bitki katsayıları ile düzeltilerek bitki su tüketimi değerleri elde edilmektedir. Referans bitki su tüketiminde ise önce belirli koşulları taşıyan referans bir bitki alınmakta ve bu bitkiye ilişkin su tüketiminin tahmininde kullanılacak ampirik eşitlikler geliştirilmektedir. Daha sonra, bu eşitliklerin diğer bitkilere ilişkin su tüketiminin tahmininde kullanılabilmesi için bitki cinsi ve bitki gelişme devresinin fonksiyonu olan bitki katsayıları ile düzeltilmektedir [7].

Bitki su tüketiminin saptanmasında kullanılan yöntemler, doğrudan ölçme yöntemleri ve iklim verilerinden tahmin yöntemleri olmak üzere iki grupta incelenebilir. Doğrudan ölçme yöntemleri, tank ve lizimetreler, tarla deneme parselleri, toprakta nem azalmasının denetimi ve havzaya giren ve çıkan akışın ölçülmesi olmak üzere dört grup altında toplanır. Bu yöntemler

bitki su tüketiminin doğrudan tarlada ölçülerek saptanmasında sağlıklı sonuçlar vermelerine karşılık hem oldukça pahalı hem de zaman alıcıdır. İklim verilerinden yararlanarak bitki su tüketiminin tahmininde kullanılabilir çok sayıda eşitlik geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları birkaç iklim unsurunun dikkate alınmasıyla geliştirilen çözümleri kolay eşitliklerdir. Bazıları ise oldukça karmaşıktır. Geliştirilen bu eşitliklerin çoğu referans bitki su tüketimini belirlemek içindir. Bu yöntemlerden bazıları Blaney-Cridle, Thornt-Waite, Solar radyasyon, Penman, A sınıfı buharlaşma kabı yöntemleridir. Bu yöntemlerden bitki su tüketiminin tahmininde, yaygın olarak kullanılan Blaney-Cridle yöntemidir [9].

### 2.1.1. Blaney-Cridle metodu ile bitki ihtiyaçları tayini

Bu yöntemle bitkinin normal büyüme mevsimi süresince ortalama aylık sıcaklık ile güneşlenme saatleri arasındaki korelasyon ve geliştirilmiş bazı katsayılar kullanılarak bitki su tüketimi bulunur [6].

Blaney-Cridle metodu mevsimlik su ihtiyacının hesabında genellikle yeterli bir yaklaşım sağlamaktadır. Bununla beraber, sulama sisteminin, dağıtım sisteminin ve bilhassa sulama barajının boyutlandırılmasında proje sahasının su ihtiyaçlarının daha küçük aralıklar için tayin edilmesi gereği vardır. Bu aralık 5 gün ile 30 gün arasında değişebilir. Bu yöntemle bitki büyümesinin çeşitli devrelerinde farklı oranlarda suya ihtiyacı olduğu gözönüne alınarak önce büyüme mevsimini oluşturan kısa periyotlardaki iklimik katsayıları doğrudan doğruya etkileyen ortalama hava sıcaklığının kullanılması öngörülmüştür. Daha sonra büyüme safhasının ihtiyaçlara etkisini yansıtmak üzere çeşitli katsayıların kullanılması sağlanmıştır. Böylece bitkinin net sulama ihtiyaçları hesaplanır.

Aylık su ihtiyacı hesabında aylık ortalama sıcaklık, aylık gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı ile çarpılarak aylık su ihtiyacı faktörü bulunur. Burada yapılan kabul yeterli miktarda su mevcut olduğu takdirde bitki su ihtiyacının doğrudan doğruya bu faktörle değişeceği hususudur [3].

Büyüme mevsimindeki su ihtiyacı,

$$u = k \times f \quad U = \sum k \times f = K_m \times F_m \quad (2-1)$$

formülüyle verilir.

Burada; u, aylık bitki ihtiyacını (mm)

k, bitki türlerine göre değişen aylık ampirik ihtiyaç katsayısını

f, bitki aylık su ihtiyacı faktörünü

$K_m$ , büyüme mevsimi için ampirik su ihtiyacı katsayısı

$F_m$ , büyüme mevsimi için su ihtiyacı faktörlerinin toplamını göstermektedir.

Bitki aylık su ihtiyacı faktörü (f) ile bitki türlerine göre değişen aylık ampirik bitki ihtiyacı katsayısının (k) hesaplanması için geliştirilmiş formüller vardır.

Bitki aylık su ihtiyacı faktörü,

$$F = p \frac{45,7 \times t + 813}{100} \quad (2-2)$$

formülüyle verilir.

Burada; t, aylık ortalama sıcaklığı ( $C^\circ$ )

p, enlem derecesine göre aylık güneşlenme oranını göstermektedir.

Aylık ampirik bitki ihtiyacı katsayısı ise,

$$k = k_c \times k_t \quad (2-3)$$

formülüyle verilir.

Burada;  $k_c$ , bitki büyüme devresi katsayılarını

$k_t$ , sıcaklığa bağlı iklimik özellikleri yansıtan katsayıları göstermektedir.

Bitki büyüme devresi katsayıları ( $k_c$ ) güvenilir araştırmalar sonucu her bitki için tespit edilmiştir. Bu katsayıların zamana karşı noktalanması ile elde edilen eğriler yeterli veri olmayan yerlerdeki sulama suyu ihtiyaçlarının hesabında kullanılır. Bu değerler istenilen zaman aralığı için bulunabileceğinden büyüme devresi içindeki aydan kısa zaman aralıkları için hesapların yapılması imkanı doğar [8].

Sıcaklığa bağlı iklimik özellikleri yansıtan katsayılar Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Sıcaklığa bağlı klimatik katsayılar ( $k_t$ )

| Aylık ortalama sıcaklık (C°) | $k_t$ değeri | Aylık ortalama sıcaklık (C°) | $k_t$ değeri | Aylık ortalama sıcaklık (C°) | $k_t$ değeri |
|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
| 2                            | 0,302        | 11                           | 0,581        | 20                           | 0,860        |
| 3                            | 0,303        | 12                           | 0,612        | 21                           | 0,891        |
| 4                            | 0,364        | 13                           | 0,643        | 22                           | 0,922        |
| 5                            | 0,395        | 14                           | 0,674        | 23                           | 0,953        |
| 6                            | 0,426        | 15                           | 0,705        | 24                           | 0,984        |
| 7                            | 0,457        | 16                           | 0,736        | 25                           | 1,015        |
| 8                            | 0,488        | 17                           | 0,767        | 26                           | 1,046        |
| 9                            | 0,519        | 18                           | 0,798        | 27                           | 1,077        |
| 10                           | 0,550        | 19                           | 0,829        | 28                           | 1,108        |

Blaney-Cridle metodu oldukça geniş bir alan için geçerlidir. Bu metodla hesaplanan bitki su ihtiyaçları, bitkilerden maksimum verimi alabilmek için toprağa verilmesi gerekli su miktarını verir. Bitkilere ihtiyacı olduğu bu suyu verebilmek için barajdan itibaren kanallarda ve sulama sisteminde çeşitli yollardan meydana gelebilecek kayıplarında hesaba katılması gerekir.

### 2.1.2. Sulama barajlarında işletme çalışması

Sulamada depolama ihtiyacı, sulama mevsiminde akarsuyun debisinin, her zaman ihtiyaç debisini karşılayamaması halinde ortaya çıkar. Şayet akarsuyun debisi her zaman hesaplanan proje ihtiyacına eşit veya fazla ise, sulama maksadı için depolama ihtiyacı yok demektir.

Akarsuda, sulama suyu ihtiyacına göre su eksikliği iki şekilde belirir. Bunlardan birincisi akarsuyun yıllık akışı, sulamanın bir mevsimdeki ihtiyacı ve depodaki kayıp değerlerinin toplamına eşit veya fazla, fakat debisi bazı aylarda ihtiyaçtan az bazı aylarda çoktur. Bu durumda yıldan yıla su aktarılması söz konusu değildir. Sorun, seçilen bir kritik yıl içinde ihtiyaçtan fazla gelen suların gerekli miktarının, ihtiyacın fazla olduğu aylardaki ihtiyaç eksikliğini karşılamak üzere depolaması şeklindedir. Bu tip barajlar, mevsimlik regülasyon yapan barajlardır. İkinci durum ise, akarsudan gelen ortalama yıllık su hacminin, sulama suyu yıllık ihtiyacına ve kayıplar toplamına eşit veya daha fazla olması, fakat herhangi bir yıl veya arka arkaya birkaç yılda gelen suyun sulama suyu yıllık ihtiyacına ve kayıplar toplamından az olması halinde, ihtiyaçtan fazla gelen yıllardaki fazla suyun, ihtiyacın fazla olduğu

Çizelge 2.2. Sulama amaçlı barajda işletme çalışması

| Aylar      | Yıl |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|            | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Gelen su   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Çekilen su |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Fark       |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Kayıplar   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Toplam     |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Hazne      |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Kot        |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

senelerde kullanılmak üzere depolanmasıdır. Bu tip barajlara devre regülasyonu yapan barajlar denir.

İşletme çalışmaları için önce hazırlık çalışması yapılır. Bunlar üç başlık altında toplanır.

Yalnız sulama için barajdan gelen su, çekilen su, hazne hacmi, buharlaşma ve sızmanın değerleri aylık hacim şeklinde ifade edilir.

Düşeyde hazne kotları yatayda yılın ayları belirtilmek üzere buharlaşma değerleri için bir cetvel düzenlenir.

Haznenin hacim alan eğrileri çizilir.

Hazırlık çalışmasından sonra bazı kabuller yapılır. Bunlar:

Haznenin kritik devre başlangıcı olan ayda dolu olduğu.

İşletme çalışması esnasında haznenin en düşük kotunun ölü hacmin üst kotu olması gerektiği.

Kritik periyot sonunda eldeki gözlemlerle haznenin tekrar dolması gerektiği kabulleridir [3].

Bütün bu hazırlık çalışması ve kabuller yapıldıktan sonra eldeki verilerle bir tablo hazırlanır ve çalışmalar bu tablo yardımıyla sürdürülür.

### 2.1.3. Türkiye’de Sulama

Ülkemizin büyük bir bölümünde kurak ve yarı kurak bir iklim egemendir. Bu yüzden tarımsal üretimimiz önemli ölçüde hava koşullarına bağlıdır. Bu durumda ülkemizde toprak kaynaklarından en iyi biçimde yararlanma ve tarımda üretimin artırılması için sağlanan tohum, gübre, ilaç, makine gibi girdilerin en iyi biçimde değerlendirilmesinde en güçlü unsur sulama olmaktadır [10].

Türkiye’de yıllık ortalama yağış 643 mm olup, bu değer yılda ortalama 501 milyar m<sup>3</sup> suya denk gelmektedir. Bu suyun 274 milyar m<sup>3</sup>’ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m<sup>3</sup>’lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m<sup>3</sup>’lük kısmı ise, akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m<sup>3</sup>’lük suyun 28 milyar m<sup>3</sup>’ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca, komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m<sup>3</sup> su ile ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 milyar m<sup>3</sup> olmaktadır [11].

Ülkemizde su ihtiyaçlarını etkileyen en önemli faktörler yağışın miktarı, şiddeti ve sulama metodudur. Toprağa düşen suyun sadece bir kısmı bitki tarafından kullanılabilir. Bu miktara etkili yağış denir. Ülkemizde toplam aylık yağışın ne kadarının etkili yağış olduğu çizelge 2.3’de verilmiştir. Günlük yağışın 10 mm’den az değerleri genellikle buharlaşma yoluyla kaybolmaktadır. Ayrıca sulama metodu olarak ülkemizde en yaygın olarak arklar ve drenaj kanalları kullanılmaktadır [3].

Ülkemizin teknik ve ekonomik olarak sulanabilir toprak kaynağı olan 8,5 milyon hektar alanın 4,604 milyon hektarı yani, % 54’lük bir kısmı sulanabilmektedir. Sulanabilir alanlar için tüketilen suyun bir kısmı, yeraltı suyundan büyük bir kısmı da barajlardan karşılanmaktadır. 2,2 milyar m<sup>3</sup> yeraltı suyundan 23,1 milyar m<sup>3</sup> su sulama barajlarından olmak üzere toplam 25,3 milyar m<sup>3</sup> su sulama için kullanılmaktadır. Bu miktar sektörel bazda tüketilen su miktarının % 75’ine denk gelmektedir. Sulama ihtiyaçlarının tam olarak karşılanmasını sağlamak için D.S.İ. tarafından yapılan çalışmalarda 2030 yılı hedef seçilmiş, bu yıla kadar inşa edilerek sulamaya açılması planlanan barajlarla birlikte sulama suyu tüketiminin 71,5 milyar m<sup>3</sup>’e ulaşması beklenmektedir [11].

Çizelge 2.3. Türkiye’de kullanılan aylık yağış-etkili yağış bağıntısı

| Toplam aylık yağış (mm) | Etkili aylık yağış (mm) |
|-------------------------|-------------------------|
| 25                      | 22,5                    |
| 50                      | 45,0                    |
| 100                     | 60,0                    |
| 125                     | 75,0                    |
| 150 ve fazla            | 85,0                    |

## 2.2. Hidroelektrik Enerji Üretimi Su İhtiyaçları

Baraj yapımının bir diğer önemli amacı, elektrik enerjisi üretmektir. Hidroelektrik tesisler suyun potansiyel enerjisini elektrik enerjisi haline çeviren tesislerdir. Enerji amaçlı barajların büyük bir kısmı, aynı zamanda sulama amaçlıdır. Sulama amaçlı olan hidroelektrik santralli barajların öncelikle sulama suyunu karşılaması gerekir. Su, türbinlerden geçtikten sonra sulamaya verileceğinden, bu tür santrallerdeki enerji üretimleri sulama suyuna bağlı olarak yapılmalıdır. Bu nedenle, enerji üretim ihtiyaçları belirlenirken öncelikle hidrolojik su geliri tahmini, sonrada sulama suyu ihtiyaçları dikkate alınır [6].

Hidroelektrik enerji üreten barajlarda üretilen enerji; düşü, debi ve türbin randımanlarının fonksiyonudur. Planlanan enerji miktarının elde edilmesi ve akarsularının hidroelektrik potansiyellerinin yaklaşık hesabında bu üç etken birlikte düşünülür.

Toplam elektrik enerjisi,

$$E = 0,004 \times Q \times H \times e \quad (2-4)$$

formülüyle verilir.

Burada; Q, yıllık ortalama akışı ( $10^6 \text{ m}^3$ )

H, düşü mesafesini (m)

e, yüzde olarak genel türbin randımanını(verimi) göstermektedir.

Planlamada, hidroelektrik enerjinin en ekonomik yollardan nasıl elde edileceği esas sorundur. Aynı toplam enerjiyi üretmek üzere çeşitli tesisler tasarlanabilir. Yük talebini zamanın tamamında karşılayabilecek şekilde bir enerji biçiminde üretmek ana gayedir [3].

Bir enerji tesisini tek başına düşünmek, çoğu zaman yanlış sonuçlara götürür. Bugün için, ayrılabilir bir yük pazarına hizmet etmek üzere planlanmış bir tesis zaman içinde pazar şartlarının değişmesi ile daha geniş bir sistemin bir ünitesi olma zorunluluğunun ortaya çıkması halinde, yanlış boyutlandırılmış bir tesis durumuna düşer. Enerji tesisinin planlamasında önce bir kapasite tasarlanır ve akarsuyun su yönünden kritik periyotlarında söz konusu tesisin durumu incelenir. Daha sonra, bu periyot süresince sabit bir şekilde verilebilecek debiler hesaplanır. Rasat süresince gözlenmiş en



kritik döneme göre güvenilir enerji miktarının tayin edilmesi, bazı hallerde düşük değerlere ulaşılmasına sebep olur. Güvenilir enerji kapasitesi derken; bunun derecesinin de tarif edilmesi gerekir. Rasat süresince gözlenmiş kritik periyot % 1 ihtimal ile gerçekleşecekse, güvenilirlik % 99 olacak demektir.

Suyun enerjiye dönüşümü,

$$Q = \frac{P}{13,3 \times n \times H} \quad (2-5)$$

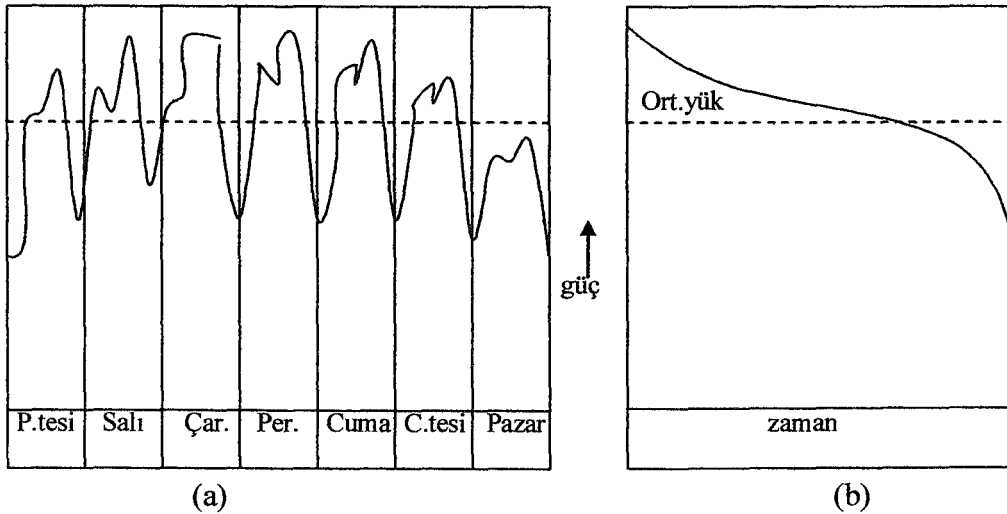
formülüyle verilir.

Burada; P, toplam gücü (kW)

n, bütün kayıpları ve randımanı

H, net düşü mesafesini (m) ifade etmektedir.

Üretilen enerji, kurulu güç ile sürekli bir biçimde üretilebilecek en küçük güç arasında değişir. İşletme çalışmalarında zaman olarak genellikle ay alındığından, günlük enerji talebinin ortalama değerinin ay boyunca sabit kaldığı kabul edilerek hesaplara geçilir. Yük talebinin mevsimlik değişimlerini göz önünde bulundurmak için aylık talepler, yük eğrisinden alınarak işletme çalışmaları yapılır. Ortalama yükün, pik yüke oranı yük faktörü adını alır. Normal olarak günlük yük faktörü haftalıktan, haftalık aylıktan ve aylık yıllıktan daha büyüktür. Haftalık yük talep eğrisine bir örnek şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. a) Haftalık yük eğrisi  
b) Haftalık yük süreklilik eğrisi

Suyun enerjiye dönüşümünde kullanılan net düşü, rezervuar seviyesi ile türbin arasındaki mesafedir. Su, bu mesafeden düşürülerek türbinin çalışması sağlanmaktadır. Bütün kayıpları ve randıman hassas hesapları için rezervuar şartlarına uygun olarak değişken değer alınabilir. Sistemin genel randımanı, işletme şartlarının proje kabullerine uygunluğu ölçüsünde geniş bir aralıkta değerler alır. Maksimum türbin randımanı ideal şartlarda % 90 değerinin üzerine çıkarılabilirken çok düşük su seviyelerinde ve küçük vana açıklıklarında bu randıman % 50'nin altına düşebilir. İlk çalışmalarda sabit olarak toplam % 80 randıman alınarak hesaplar yürütülür. Rezervuar seviyesi düşerken, randımanda düşer. Aynı enerjiyi üretmek için türbinlerden geçmesi gereken su miktarı artar. Minimum seviye olarak tariflenmiş bu değer, en fazla türbinin tam savaklama kapasitesi kadar olabilir ve normal şartlarda enerjinin maksimum su ihtiyacına denk gelir [3].

### **2.2.1. Enerji amaçlı barajların işletme çalışması**

Enerji amaçlı barajların işletme çalışmalarına başlamadan önce belirli bir zaman için akarsuya ait akış gözlemlerinin elde edilmesi gerekir. Çalışmalar, eldeki gözlem sonuçlarının yeterli ve doğru olması ile yakından ilgilidir. Daha sonra işletme çalışması için hazırlık çalışmaları yapılır [6]. Yapılan çalışmalar:

1. Projede kullanılacak türbin karakteristikleri için çeşitli çözümler düşünülüp her alternatif türbin için güç, debi, yükseklik değerlerinin belirlenmesi gerekir. Bu değerler belirlendikten sonra gelecekteki ihtiyaçlar ve maliyet düşünülerek en uygun türbin seçilecektir.

2. Genellikle barajlarda ölü hacim, barajın ekonomik ömrü boyunca gelecek sürüntü maddesi miktarına göre seçilir. Yalnız enerji barajlarında bu seviyeye türbin randımanı da etki etmektedir. Bu etki şöyle olmaktadır. Maksimum su seviyesi yarıdan az bir değere düştüğü zaman türbin randımanında büyük düşme olur. Ayrıca, türbine giren kum taneleri de türbine zarar verir. Bunun için ölü hacmin belirlenmesinde türbin faktörü de dikkate alınmalıdır.

3. Göl yüzeyinden çeşitli aylarda meydana gelecek buharlaşmayı bulmak için her kottaki buharlaşma bir tablo halinde hazırlanır.

4. Gölün maksimum ve minimum seviyeleri arasındaki kullanılacak hacmi, çeşitli kotlarda hesaplanır.

5. Barajda maksimum ve minimum seviye arasında  $1 \text{ m}^3/\text{sn}$  suyun düşürülmesiyle elde edilecek güç bulunur. Bu güç bulunurken kabul edilen yükseklik, düşürülen kot ile talveg kotu arasındaki farkın bir metre eksigidir.

Bütün bu hazırlık çalışmaları bittikten sonra kritik periyot ve kritik periyot dışı işletme çalışmaları yürütülür.

Gözlem süresi içinde ortalama su potansiyelini arka arkaya getirmeyen en uzun periyot kritik periyot olarak kabul edilir. Kritik periyot içinde aylık ortalama gücün aydan aya sabit kalacağı ve kritik periyot başında haznenin dolu olduğu ve periyot sonunda tekrar dolu kalacağı kabulleri yapılır. Sonra ortalama bir güç seçilir ve bu gücü ortalama olarak her ay verecek şekilde su seviyesine bağlı değişik debilerin santralden çekildiği kabul edilir. Eğer kritik periyot sonunda hazne tam dolarsa yani, ilk çalışmaya başladığımız seviyenin ne altında kalır nede fazla su savaklanırsa seçilen ortalama güç uygundur denir. Aksi takdirde başka bir ortalama güç seçilerek aynı hesaplar tekrarlanır ve sonuca çeşitli denemeler yapmak suretiyle ulaşılır. Kritik periyodun dışında yıllık akışlar kritik periyottaki yıllık akışlardan genellikle fazladır. Bu nedenle, kritik periyot dışındaki hazne seviyesinin en düşük değeri, kritik periyodun hazne seviyelerinin en yüksekisinin altına düşmez. Bu durum hazne için emniyetli bir durumdur [3].

### **2.2.2. Türkiye’de hidroelektrik enerji potansiyeli**

Ülkemizin brüt teorik hidroelektrik enerji potansiyeli yılda 433000 GWh’ dır. Bu değer akarsuların gözlenmiş akımlarının ortalaması ile yine ortalama düşüleri esas alınarak bulunmuştur. Yalnızca teknik hususlar göz önüne alındığında brüt potansiyelin yarısının değerlendirilebileceği, bununda yılda 216000 GWh enerjiye karşılık geldiği kabul edilmiştir[12].

Teknik yönden 216000 GWh olan enerji potansiyelinin bugünkü koşullarda ekonomik olarak değerlendirilebilir miktarı ise 123385 GWh’dır. Diğer bir ifadeyle, brüt potansiyelin ancak % 28,5’i, veya teknik potansiyelin

Çizelge 2.4. Türkiye’de hidroelektrik enerji potansiyeli

| Hidroelektrik santral projelerinin durumu | Hidroelektrik santral sayısı | Toplam kurulu güç (MW) | Ortalama yıllık üretimi (GWh) |
|---|------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| İşletmede olan                            | 125                          | 11588                  | 42200                         |
| İnşaatı devam eden                        | 33                           | 3938                   | 12580                         |
| İnşasına geçilemeyen                      | 360                          | 20805                  | 73939                         |
| Toplam potansiyel                         | 493                          | 34862                  | 123385                        |

% 57,1’inin ekonomik olarak değerlendirilmesi bugünkü imkanlar çerçevesinde mümkün olabilmektedir. Türkiye’nin 433000 GWh olan brüt teorik hidroelektrik potansiyeli, dünya hidroelektrik potansiyelinin % 1’ine , 123385 GWh’lık ekonomik yapılabilir potansiyeli ise Avrupa potansiyelinin yaklaşık % 14’üne denk gelmektedir.

Ülkemizde, 2002 yılı itibariyle işletmede olan 100 hidroelektrik santralden yıllık 42200 GWh elektrik üretilmektedir. İnşaatı devam eden 33 adet hidroelektrik santralin bitirilmesiyle elde edilecek yıllık 12580 GWh’lık enerjiyle birlikte hidroelektrik santrallerden sağlanan enerji, yıllık toplam 50000 GWh’a ulaşacaktır. Türkiye’de hidroelektrik enerji potansiyeli çizelge 2.4’ gösterilmektedir [11].

### 2.3. İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu ihtiyaçları

İnsanların su ihtiyaçları çeşitli faktörlere göre değişir. Bu faktörler, nüfus, hayat standardı, iklim, o bölgedeki ticari ve sanayi faaliyetlerinin tipi, su kalitesi, su fiyatı ve su kayıplarıdır [13].

Hiç şüphesiz bu faktörlerden en önemlisi, nüfus faktörüdür. Bir yerleşim yerinin nüfusu arttıkça, su ihtiyacı da artar. Bu nedenle, su ihtiyacının tespitinde geleneksel olarak en çok kullanılan değişken yerleşim yerinin nüfusedir.

Hayat standardı yüksek toplumlarda suya ödenebilen para artmakta, buna bağlı olarak’ta su sarfiyatı artmaktadır. Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan bir araştırmada, binanın piyasa değeri, içinde oturanların hayat

standardını belirleyen endeks olarak kabul edilmiş ve su tüketiminin bu endeks ile yüksek bir korelasyon gösterdiği bulunmuştur [14].

Sıcak ve kurak iklimlerde yağışlı ve serin yerlere oranla daha fazla su kullanılır. Sıcak ve kurak iklimlerde daha fazla banyo yapmak, çim ve bahçe sulamak, yüzme havuzları gibi nedenlerden su kullanımını artmaktadır.

İnsanların ihtiyacına ilaveten, yerleşim yerinde endüstrinin mevcudiyeti ve niteliği su ihtiyacını önemli ölçüde artıran bir faktördür. Örneğin şeker endüstrisinde pancar toprak ve çamurdan yıkanarak temizlenir ve şeker imalinde büyük miktarda su kullanılır. Ayrıca su, endüstride soğutma suyu olarak ta kullanılmaktadır [15].

Suyun kalitesi ve fiyatı da su ihtiyacına etki eden faktörlerdendir. Getirilen su temiz, lezzetli, içme ve yemek pişirme maksatları için kullanılabilir olduğu oranda konutsal su tüketimi artar. Suyun sertliğinin düşük ve serin olması istenir. Ayrıca, su fiyatı ne kadar düşük ise, su tüketimi, o derece yüksektir. Su fiyat tarifesi, su tüketimini kontrol içinde kullanılmaktadır. Belli bir değerden fazla su tüketilmesi halinde suyun birim fiyatı artırılmakta, böylece su tüketimin belirli değerler arasında kalması sağlanmaktadır.

Su kayıpları, suyun şebekedeki borulardan yüksek işletme basıncı veya şebekenin eskiliği nedeniyle borulardan sızması şeklinde olur. Bu durum, suyun kullanılmadan yeraltına sızmasını sağlayarak sarfiyatı artırır [13].

Toplam su ihtiyacının belirlenmesinde, kişi başına tüketim ve gelecekteki nüfusunun tahmini önemli, yer tutar. Bir yerleşim yerinin belirli bir süre sonraki su ihtiyacının hesaplanabilmesi, bu faktörler hakkında esaslı bir çalışmayla mümkündür. Bir yerleşim merkezine getirilen su; içme suyu, kullanma suyu, endüstri suyu, yangın suyu, park ve bahçe sulama suyu, kanalizasyon ve sanayi artıklarını atma suyu olarak kullanılır [16].

### **2.3.1. Gelecekteki nüfus tahmin metodları**

Su ihtiyaçlarının belirlenmesinde, ortalama 30 yıl sonraki nüfusun hesaplanıp baraj hacminin boyutlandırılmasında bu nüfusun ihtiyaçlarının göz önüne alınması gerekir. Bu sürenin uzun tutulması ön yatırım miktarını artırır. Kısa tutulması ise tesisin bir süre sonra yetersiz hale gelmesini

sağlar. Çeşitli nüfus tahmin metodları vardır. Bunlardan en çok kullanılanları aşağıda verilmiştir.

1. Grafik metod: Bu tahminde, halihazır nüfusa daha önceki bir tarihte ulaşmış benzer özellikli bir şehrin, nüfus artış grafiğinden faydalanılır. Önce nüfus-yıl grafiği çizilir. Nüfusu hesaplanacak kent ile benzer özellikli şehrin nüfusu aynı grafik üzerinde gösterilir. Grafik incelenerek gelecekteki nüfus araştırılır. Benzer özellikli iki şehirden birinin geçmişteki nüfus artışı diğerinin gelecekteki nüfus artışına benzemeyebilir. Nüfus artışına tesir eden faktörler zamanla değişebilmektedir.

Şekil 2.2'te bugünkü nüfusu  $N$  olan B şehrinin nüfus artışı gösterilmiştir. Benzer karakterdeki A şehrinin nüfus artış grafiği de aynı şekil üzerinde gösterilir. B şehrinin  $Y_1$  yılında ulaştığı  $N$  nüfusuna, A şehri  $Y_0$  yılında ulaşmış bulunmaktadır. B şehrinin  $Y_1$  yılından sonraki nüfus artışı, A şehrinin  $Y_0$  yılından sonraki artışına uyacağı kabul edilirse, B şehrinin gelecekteki nüfus artış eğrisi A şehrine ait eğrinin  $Y_0$  yılından sonraki kısmının  $Y_1$  yılına paralel kaydırılması ile elde edilir. Bu ötelemeden sonra eğrinin tümü göz önüne alınarak muhtemel artış eğrisi çizilir [15].

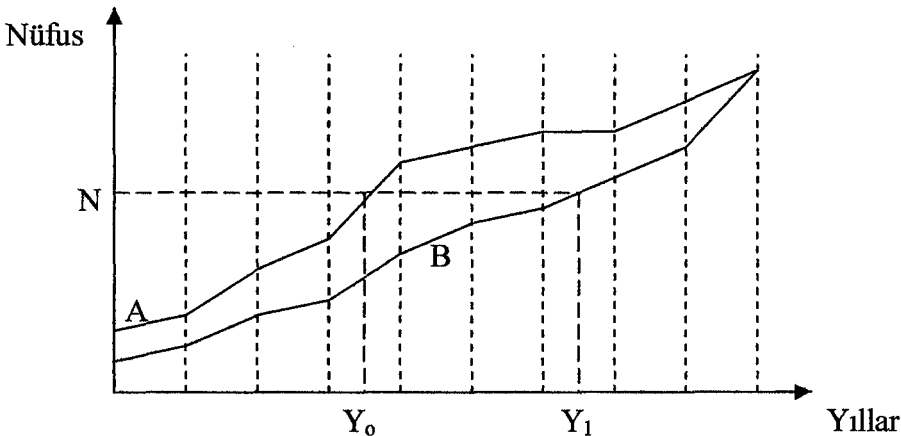
2. Aritmetik artış metodu: Gelecekteki nüfusun tespitinde nüfus artış hızının lineer olduğu kabulü ile yapılan hesap metodudur [17].

Aritmetik artış hızı,

$$K_a = \frac{N_2 - N_1}{t} \quad (2-6)$$

formülüyle verilir.

Burada;  $N_2$ , son nüfus sayımında tespit edilen nüfusu



Şekil 2.2. Grafik metodla gelecekteki nüfus tayini

$N_1$ , son nüfus sayımından önceki sayımda tespit edilen nüfusu  
 $t$ , bu iki nüfus sayımı arasında yıl olarak geçen süreyi gösterir.  
Aritmetik artış hızı bulunduktan sonra gelecekteki nüfus hesaplanabilir.  
Gelecekteki nüfus,

$$N_g = N_1 + K_a (t_g - t_1) \quad (2-7)$$

formülüyle verilir.

Burada;  $N_1$ , son nüfus sayımından önceki sayımda tespit edilen nüfusu  
 $K_a$ , aritmetik artış hızını  
 $t_g$ , gelecekteki nüfusu tahmin edilen yılı  
 $t_1$ , eski nüfus sayımının yapıldığı yılı göstermektedir.

3. Geometrik artış metodu: Ülkemizde, iller bankası tarafından hazırlanan şehir ve kasabaların içme suyu ve kanalizasyon projelerinin yapılması hakkında yönetmelikte geometrik artış metodunun kullanılması tavsiye edilmiştir. Bu metodta önce nüfus artış oranı bulunur. Daha sonra gelecekteki nüfus hesaplanır [18].

Nüfus artış oranı,

$$K_g = \left( \sqrt[a]{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right) \times 100 \quad (2-8)$$

formülüyle verilir.

Burada;  $N_y$ , son sayıma göre tespit edilen nüfusu  
 $N_e$ , daha önceki nüfus sayımında tespit edilen nüfusu  
 $a$ , hesapta göz önünde bulundurulmuş nüfus sayım yılları arasındaki farkı göstermektedir.

Bulunan geometrik nüfus artış oranı  $K_g > 3$  çıkarsa  $K_g = 3$ ;  $K_g < 1$  ise  $K_g = 1$ ;  $1 < K_g < 3$  ise hesaplama bulunan değer aynen alınır. Bu değer bulunduğundan sonra gelecekteki nüfus hesaplanabilir.

Gelecekteki nüfus,

$$N_g = N_y \left( 1 + \frac{K_g}{100} \right)^n \quad (2-9)$$

formülüyle verilir.

Burada;  $n$ , son nüfus sayımından nüfusu hesaplanacak tarihe kadar geçecek yıl adedini göstermektedir.

Bu metotlardan başka lineer ve logaritmik olarak yapılan korelasyonlar, sıra büyüklük yöntemi, ara artışlara göre yapılan nüfus tahmin metotları mevcuttur.

### 2.3.2. Yerleşim yerinin gelecekteki su ihtiyacı hesabı

Bir kentin veya kasabanın en az 30 yıl sonraki su ihtiyaçları içme ve kullanma ihtiyacı, endüstri su ihtiyacı, özel ihtiyaçlar ve su kayıplarından oluşur. Bu ihtiyaçlar için sarfedilen su miktarları çeşitli ülkelere göre farklılık gösterir. İnsanların içme ve kullanma ihtiyacını tam olarak karşılayabilmek için önce hedef yıldaki nüfusun tahmini gerekir. Tahmin edilen bu nüfus için kişi başına günlük ihtiyaç belirlenir. Bu ihtiyaçlar hayat standardı, iklim ve diğer faktörlere göre her ülke tarafından belirlenmiştir [13].

Kentin hedef yıldaki günlük ortalama ihtiyacı, (lt/sn) olarak

$$Q = \frac{Nxq}{86400} \quad (2-10)$$

formülüyle verilir.

Burada; N, kentin hedef yıldaki nüfusunu

q, hedef yıldaki nüfusa karşılık gelen kişi başına ortalama ihtiyacı (lt/gün-kişi) göstermektedir.

Endüstriyel su kullanımı endüstri sektörü tiplerine, imalat şekline, su fiyatına bağlı olarak büyük değişimler gösterir. Endüstride su, büyük ölçüde soğutma amaçlı kullanılır. Soğutma suyunun gerektiğinde çeşitli metotlarla azaltılması mümkün olabilmektedir. Mesela; suni bir rezervuar veya havuz yardımıyla suyun tekrar dolaşımını temin suretiyle önemli bir ekonomi sağlanabilir. Diğer bir yol, soğutma kuleleri inşa etmektir. Bu şekilde alınan tedbirlerle bazı endüstri dallarında kullanılması gerekli suyun 1/10 oranında düşürülmesi mümkün olmaktadır. Tuzlu suların veya düşük kaliteli suların soğutma suyu olarak kullanılmasını temin eden çözümlerde mevcuttur. Bu şekilde iyi kaliteli suların daha önemli amaçlara ayrılması mümkün olur. Suyun bugün için bol olduğu bölgelerde dahi gelecekte endüstri gelişmelerine paralel olarak su tüketiminin artacağı düşünülerek suyun bugünden bilinçli bir şekilde kullanılma gereği ortaya çıkar.



Çizelge 2.5. Bazı endüstri dallarında su kullanımı [14]

| Endüstriyel sektör | İmalat birimi | Su kullanımı (lt/birim) |           |
|--------------------|---------------|-------------------------|-----------|
|                    |               | Alt sınır               | Üst sınır |
| Otomobil           | Adet          | 6000                    | 40000     |
| Pamuklu giyim      | 1 kg          | 170                     | 850       |
| Kağıt              | 1 ton         | 7560                    | 378000    |
| Yünlü giyim        | 1 ton         | -                       | 529200    |
| Sentetik lastik    | 1 ton         | -                       | 2750000   |
| Şeker üretimi      | 1 kg          | 25                      | 50        |
| Konserve           | Adet          | 11                      | 945       |
| Süt ürünleri       | 1 kg süt      | 3                       | 20        |
| Meşrubat           | 1 lt          | 10                      | 30        |
| Mezbaha            | 1 kg et       | 5                       | 30        |
| Alüminyum          | Ton           | 211680                  | 1340000   |
| Bakır              | Ton           | -                       | 56700     |
| Petrol             | Varil         | 3024                    | 11340     |
| Çelik              | Ton           | 5670                    | 189000    |

Termik enerji üretiminde de önemli su tüketimleri söz konusudur. Kullanılan bu suyun yaklaşık olarak tamamı termik santrallerde su buharının yoğunlaştırılmasında yani soğutma amaçlı kullanılır.

Genel olarak endüstri su ihtiyacı, ağır ve orta endüstri bölgelerinde 0,50 ile 0,85 lt/sn/ha; küçük sanayi kollarının yer aldığı bölgelerde 0,35 ile 0,50 lt/sn/ha mertebesinde olmaktadır [13].

### 2.3.3. İçme ve kullanma suyu amaçlı barajlarda işletme çalışması

İçme ve kullanma suyu amaçlı barajların işletme çalışması tekniği, sulama suyu amaçlı barajların işletme çalışmasına benzer. Su sarfiyatı, mevsimlere, haftanın günlerine ve hatta günün saatlerine göre değişim gösterir. Yerleşim bölgesi ne kadar küçük ise genel olarak su ihtiyacındaki değişmelerde, o derece büyüktür [3].

İçme suyu projelerinde önemli olan diğer pik faktörler, maksimum günlük ihtiyaç ve maksimum saatlik ihtiyaçtır. Maksimum günlük ihtiyaç bir yıl içerisinde en çok su ihtiyacı duyulan gün boyunca gelen debidir. Genelde maksimum günlük ihtiyaç, günlük ortalama ihtiyacın 1,5 katı alınarak bulunur. Maksimum saatlik su ihtiyacı debisi ise bir yıl içinde en çok suya ihtiyaç duyulan saatte gelen debidir. Maksimum saatlik su ihtiyacı, maksimum günlük ihtiyacın olduğu gün içinde olur ve genelde maksimum günlük ihtiyacın 1,5 katı alınarak bulunur [19].

İçme ve kullanma suyu amaçlı barajlarda hazne işletme çalışması, diğer su kullanma amaçlı barajlarda olduğu gibi çeşitli kabuller yapılarak ve tablo düzenlenerek yapılır [5]. Yapılan kabuller:

1. Haznenin çalışma başlangıcında dolu olduğu.
2. İnceleme sadece bir periyot için yapılmayıp, düzenli bir periyot bulununcaya kadar araştırmanın sürdürüleceği.
3. Hazne hacmi araştırması sonunda bulunan düzenli bir periyotta, kabul edilen ekonomik hazne hacmi en az bir kere dolmalı ve en az bir kere boşalmalıdır. Ancak, bu sayede bulunan hazne hacminin en ekonomik olduğu varsayılacaktır.

Bu kabuller yapıldıktan sonra, Çizelge 2.6'da gösterildiği gibi bir tablo hazırlanarak çalışmalar yürütülür.

Bu çizelgede, ilk beş sütun sırasıyla; aylar, yağış, buharlaşma, gelen su ve ihtiyaç miktarını göstermektedir. 6. sütuna yaklaşık hazne hacmi değişikliği yazılır ve gelen sudan ihtiyaç miktarı çıkarılarak bulunur. 7. sütun, ay başındaki hazne hacmidir ve aktif hacme eşittir. 8. sütun, ay sonundaki yaklaşık hacmidir ve yaklaşık hazne hacmi değişikliği ile ay başı hacminin cebrik toplamıdır. Yaklaşık hacim yardımı ile hacim-yüzey diyagramından yaklaşık su kotu ve göl alanı bulunarak 9. ve 10. sütunlar doldurulur. 11. ve 12. sütunlar, yağış ve buharlaşma hacimleridir. 2. ve 3. sütunlardaki yağış ve buharlaşma yükseklikleri ile göl alanı çarpılarak bulunurlar. 13. sütuna sızma miktarı yazılır. 14. sütun, ay sonundaki hazne hacmidir ve yaklaşık hazne hacmi ile yağış hacmi toplanır, bundan buharlaşma ve sızma kayıpları çıkarılarak bulunur. 15. sütuna bu hacme karşı gelen su kotu hacim-yüzey diyagramından bulunarak yazılır. Bulunan ay sonu değeri, bir sonraki ayın başlangıcındaki hazne hacmi sütununa yazılarak işlemlere devam edilir. 16. sütuna hazne dolduktan sonraki fazlalıklar, yani savaklanan su miktarı yazılır. İşletme çalışması sonunda elde edilen hazne su seviyesi kotları düşeyde, zaman eksenini yatayda alınarak çizilen grafiğe hazne seviye gidiş

Çizelge 2.6. Hazne işletme çalışması [20]

| 1 | 2  | 3  | 4              | 5              | 6              | 7              | 8              | 9 | 10             | 11             | 12             | 13             | 14             | 15 | 16             |
|---|----|----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----|----------------|
|   | mm | mm | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m | m <sup>2</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m  | m <sup>3</sup> |
|   |    |    |                |                |                |                |                |   |                |                |                |                |                |    |                |

çizgisi denir. Aynı şekilde hazne hacimleri düşeyde, zaman eksenini yatayda çizilen grafiğe de hazne hacim gidiş çizgisi denir [20].

#### **2.3.4. Türkiye’de içme kullanma ve endüstri suyu ihtiyaçları**

Ülkemizde hızlı nüfus artışı ve buna paralel olarak artan içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyaçları dikkate alınarak gelecek yıllar için ihtiyaç tahminleri yapılmıştır. Bu çalışmalar Devlet Su İşleri, İller Bankası ve Köy Hizmetleri gibi kuruluşlar tarafından sürdürülmektedir.

Ülkemizin bugün için yaklaşık olarak yılda % 2 civarında olan nüfus artış hızının azalarak devam edeceği varsayılarak, proje hedef yılı olan 2030 yılında nüfusunun 110 milyona ulaşması beklenmektedir. Bu nüfusun büyük bir kısmının şehirlerde yaşayacağı kabul edilmiştir. Bugün için çalışan nüfusunun yarıya yakını tarımla uğraşan ülkemizin gelecek yıllarda bir sanayi toplumu olacağı ve endüstrinin gelişmesine paralel olarak bu alanda çalışan nüfusun her yıl giderek artacağı planlanmıştır.

Ayrıca, ülkemizde bugün için kişi başına 250 lt/gün/kişi olan içme ve kullanma suyu ihtiyacının ülkemizin sosyal refahının 2030 yılında bugünkü Avrupa ülkeleri seviyesine ulaşacağı tahmin edilerek, kişi başına içme ve kullanma suyu ihtiyacının 500 lt/gün/kişi’ye ulaşacağı kabul edilmiştir. Bunun yanında turizm sektörü içinde yaklaşık 5 milyar m<sup>3</sup> su ihtiyacı olacağı tahmin edilerek 2030 yılında içme ve kullanma suyu ihtiyacının 25,3 milyar m<sup>3</sup>’e ulaşacağı kabul edilmektedir [11].

Ülkemizde gelişen bir sektör olan endüstrinin 2030 yılına kadar yılda ortalama % 4 oranında bir büyüme göstereceği kabul edilmiştir. Bu kabule göre, endüstri suyu tüketiminin 4,1 milyar m<sup>3</sup>’ten 2030 yılında 13,2 milyar m<sup>3</sup>’e ulaşması beklenmektedir [11].

Böylece, Devlet Su İşleri tarafından belirlenen 2030 hedef yılı için artan nüfus ve gelişen sanayinin ihtiyacı olan içme, kullanma ve endüstri su miktarının 38,5 milyar m<sup>3</sup> olması beklenmektedir. Bu ihtiyacın karşılanması için öncelikle barajlardan ve yeraltı suyu kaynaklarından yararlanılması planlanmaktadır [11].

Devlet Su İşleri tarafından 11 adet kentin uzun dönemli içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik projeler inşa edilmiştir.

Çizelge 2.7. Türkiye’de içme kullanma ve endüstri su tüketimi

| Yıllar | İçme, kullanma suyu                           |                        | Endüstri suyu                                 |                        |                                 |
|--------|---|------------------------|---|------------------------|---------------------------------|
|        | Tüketilen su miktarı (milyon m <sup>3</sup> ) | Su tüketiminde yüzdesi | Tüketilen su miktarı (milyon m <sup>3</sup> ) | Su tüketiminde yüzdesi | Toplam (milyon m <sup>3</sup> ) |
| 1990   | 5141  | 17                     | 3443  | 11                     | 8584                            |
| 1996   | 5302  | 16                     | 3590  | 10                     | 8892                            |
| 2000   | 6400  | 15                     | 4100  | 10                     | 10500                           |
| 2030   | 25300   | 23                     | 13200   | 12                     | 38500                           |

Halen inşaatı devam eden projelerle 19 kentin daha uzun dönemli içme, kullanma ve endüstri su ihtiyaçları sağlanacaktır.

#### 2.4. Su Kayıpları

Su ihtiyaçlarının belirlenmesinde, kayıplarında ihtiyaç gibi ele alınıp incelenmesi gerekir. Su kayıplarını baraj gölünden buharlaşma ve sızma değerleri oluşturur [5].

Baraj gölünden yıllık buharlaşma kayıpları oldukça büyük miktarlara ulaşmaktadır. Su yüzeyinden buharlaşma miktarının tayin edilmesinde, çok sayıda etken faktör olmasından dolayı değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları; su dengesi yöntemi, ampirik formüller ve tava buharlaşma değerlerinden faydalanarak hesaplama yöntemleridir [9].

Buharlaşma tavelarından elde edilen ölçümlerden, serbest su yüzeyi buharlaşmalarına bir katsayı kullanarak geçmek geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Zemin üzerine veya içine yerleştirilmiş buharlaşma tavelarından buharlaşma, büyük ölçüde tava karakteristiklerine bağlıdır. Zemin üzerindeki tavelar yan cidarlardan ısı alış verişi gibi göllerde olmayan diğer tesirlere maruzdur. Toprağa batırılmış tavelar ise göllerden farklı sınır şartlarına sahiptir. Bunlardan başka, tavelar, göllerden çok daha az ısı depolaması özelliğine sahiptir. Bu yüzden tavadan ölçülen yıllık buharlaşmanın zaman içindeki değişimi gerçektekenden farklı bir durum gösterir. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak için tava katsayısı kullanılır. Kullanılan buharlaşma tavasını için tava katsayısı deneysel olarak hesaplanabilir. Gölü temsil edecek büyüklükteki bir buharlaşma tavasıyla milimetre cinsinden ölçülen buharlaşma miktarı, kap katsayısı ve kot bazındaki göl yüzey alanıyla çarpılarak hacim cinsinden baraj gölünden buharlaşan su miktarı bulunmaktadır [3].

En çok kullanılan A sınıfı buharlaşma tavelarında kap katsayısı 0,6 ile 0,8 arasında değişir. Yağışlı iklimlerde ve mevsimlerde tavadaki suyun sıcaklığı hava sıcaklığından büyük olduğundan bu katsayı 0,8 değerine çıkabilirken, sıcak ve kurak iklim bölgelerinde ve yaz aylarında hava sıcaklığı tavadaki suyun sıcaklığından büyük olduğundan bu katsayı 0,6 değerine düşebilir. Su ve hava sıcaklığının eşit olduğu hallerde, tava katsayısı 0,7 alınır. Tava buharlaşmasından baraj gölüne geçişi temsil eden bağıntılar grafik hale getirilir [9].

Göl yüzeyinden buharlaşma miktarının belirlenmesinde kullanılan bir diğer yol, su dengesi metodudur. Hacimsel metot veya hidrolojik metot olarak ta bilinen bu metot, herhangi bir akarsu havzasının su dengesine dayanır [21].

Su dengesi,

$$X + Q_g \pm Q_y = E + Q_\phi + D \quad (2-11)$$

formülüyle verilir.

Burada; X, yağış miktarını ( $m^3/ay$ )

$Q_g$ , göle giren yüzeysel akımı ( $m^3/ay$ )

$Q_y$ , göle giren veya çıkan yeraltı suyu akımı ( $m^3/ay$ )

E, buharlaşma miktarını ( $m^3/ay$ )

$Q_\phi$ , gölden çıkan yüzeysel akımı ( $m^3/ay$ )

D, depo edilen su hacmindeki değişmeyi ( $m^3/ay$ ) göstermektedir.

Baraj gölünü içine alan vadinin tabanında geçirimli tabakalar bulunuyorsa, sızma yolu ile önemli bir miktar su kaybı olabilir. Beklenen su kaybının büyüklüğü, ancak bir yer altı zemin araştırmasıyla izah edilebilir. Sızma, sadece baraj yerine mahsus değildir. Haznenin yamaçları ve tabanı suyun girişine ve etraftaki tepelerin altından zemin içinde hareketine müsaade edecek kadar geçirimli olduğu her yerde sızma yoluyla su kaybı olur [21].

Baraj gölünden sızma yoluyla kaybın en önemli kısmı, baraj gövdesinin altından alüvyondan olan kayıplardır. Bu kaybın baraj inşasından önce tahmin edilmesi jeolog ve proje mühendisinin müşterek bir çalışmasını gerektirir. Bu çalışmada İşletme çalışmalarında göz önünde bulundurmayı

gerektiren bir mertebede kaybın mevcudiyeti, jeolojik araştırmalar sırasında bulunabilir [3].

Dolgu barajlarda, özellikle; baraj gövdesinin altından sızma yolu ile kaybolacak su miktarının sağlıklı tahmini, zemin tabakalarının geçirgenliğinin sağlıklı bir şekilde belirlenmesine bağlıdır. Baraj altında tam geçirimsizlik sağlayacak bir sızdırmazlık perdesi duvarının yapılması, temel zemin etüdü sonunda karara bağlanır. Sızdırmazlık perdesi duvarı maliyetinin çok yüksek olması durumunda, bir miktar kayba müsaade edilmesi bir alternatif olarak düşünülebilir. Bu taktirde ise zemin tabakalarının geçirimsizliğinin gerçeği olarak belirlenmesi büyük önem taşıyacaktır [22].

Rezervuar havzasında muhtemel faylar, çatlaklar, alüvyon kalınlığı ve yamaç stabilitesi durumu etüd edilmelidir. Sahanın jeolojik olarak karstik bir formasyon içerip içermediği, yurdumuzda, özellikle araştırılması gereken bir durumdur. Böyle bir durum ortaya çıktığında su kaybının nasıl önleneceği detaylı olarak saptanmalıdır [22].

## **2.5. Çok Amaçlı Barajlar**

Barajlar, genelde birden fazla amaca hizmet etmek üzere inşa edilirler. Bir baraj enerji, içme-kullanma, sulama, taşkın koruma amaçlarının birine veya birkaçına birlikte hizmet edebilir. Çok amaçlı barajlarda, barajın hangi amaçları içerdiğine göre her bir amaca ayrılacak olan depolama miktarının ayarlanması gerekir. Bunu yapabilmek içinde barajın bölümlere ayrılması ana koşuldur [23]. Çok amaçlı baraj haznelerinde faydalı hacim, kabul edilen işletme planına göre ikiye ayrılabilir. Bir kısmı su ihtiyaçları için biriktirilen hacimdir. Diğer kısım ise taşkın kontrolüne ayrılır [21].

Barajda ihtiyaçı karşılayabilecek en düşük su düzeyini gösteren eğriye işletme eğrisi, olumsuz bir durum yaratmayacak maksimum düzeyi gösteren ikinci eğriye ise taşkın koruma eğrisi denir. Her baraj için işletme eğrileri mutlaka belirlenmelidir. Özellikle; kontrollü dolu savağı olan barajların taşkın koruma eğrisi çok önemlidir [6]. Çok amaçlı barajların işletimi de bu eğriler aracılığıyla yapılır. Bu eğriler, toplam depolamayı zamana karşı olmak üzere çeşitli kısımlara bölerler. Taşkın akışlarının büyüyüp tehlikeli olduğu aylar süresince barajın büyük bir kısmı, akım kontrolü için ayrılan taşkın emniyet

hacmine ayrılır. Elektrik güç talebi veya sulama gereksinimi arttığı zaman (genellikle yaz aylarında) hidroelektrik güç veya sulama için ayrılan koruma kısmı büyük bir pay alır. İdeal olanı, bir akarsu havzasındaki barajın net sosyal gereksinimleri en iyi karşılayabilecek bir biçimde düzenlenmesi ve işletilmesidir [23].

Taşkın amacı olmayan ve amaçları arasında enerji üretmede bulunan barajlarda, işletme sadece enerji amaçlı barajlardaki işletmenin aynısıdır. Çünkü, enerji için debi ile birlikte her ay ki su seviyesi önemli rol oynar. Bu bakımdan hem enerji hem de başka amacı olan barajlarda, hazne işletme çalışması tamamen hidroelektrik enerji üretimi amaçlı baraja göre yapılır. Burada sadece çekilen debi, tüm amaçlar için çekilen debilerin toplamı şeklinde olur. Ancak, üretilen güç için sadece enerjiye ayrılan debi dikkate alınır. Bu durum enerji dışındaki amaçlara ayrılan suyun santralden herhangi bir sebeple geçirilememesine aittir. Bu suların kısmen veya tamamen santralden geçirilebilmesi halinde, bu sular güç üretimde kullanılır. Enerji amacı dışındaki amaçlara ayrılan su, türbinlenecekse, bununla üretilen güç işletme çalışması için kabul edilen güce eşit veya büyükse, sözkonusu ay içinde enerji amacına ayrıca su tahsis edilmeyecek tarzda işletme çalışması yapılacaktır. Aksi takdirde, istenilen gücü elde edene kadar çekilen su artırılacaktır. Barajın amaçları içinde enerji üretimi yoksa, işletme çalışması sulama amaçlı barajlardaki esaslara göre yapılır. Çekilen debi, amaçlar için ihtiyaç olan debilerin toplamı olacaktır [3].

Barajın amaçları arasında taşkın kontrolü amacında varsa işletme çalışması sonucu bulunmuş en yüksek hazne seviyesine gerekli taşkın hacmine eşit veya büyük bir hacmin eklenmesi gerekecektir [3].

Yıl boyunca değişen baraj su seviyeleri, minimum su ihtiyacı için işletme eğrisi ve taşkın koruma eğrileri arasında olmalıdır. Bu iki eğri arasında öyle bir eğri vardır ki su seviyeleri bu eğriyi bütün yıl boyunca izleyebildiği sürece optimum fayda sağlanmış olur. Baraj işletmedeki amaçta bu optimum faydayı veren eğriyi izleyebilmektir [6].

### 3. BARAJ HAZNE HACMİ TAYİNİ

İçme, sulama yada hidroelektrik projesi tasarımında bunların gereksinimleri olan su, özellikle düşük akımlı dönemlerde karşılanamayabilir. Akarsular, yılın belirli zaman aralıklarında az yada çok su taşır. Az yağış alan dönemlerde su sıkıntısı olduğu gibi yağışlardan sonra taşkınlar olur ve akarsu kıyısı boyunca tehlike oluşturur. Barajlar, kurak dönemlerde kullanılmak üzere yüksek akımlı dönemlerdeki fazla suyu tutarak daha sonra kullanım için suyun korunmasını, fazla suyun depolanmasını sağlar. Ayrıca, yağışlı dönemlerde taşkın zararlarının önlenmesine yardımcı olur [24].

Akarsu üzerine yapılacak bir barajın bir yandan fazla suyu depo ederek gereksinim duyulan zamanlarda kullanılmasına olanak vermesi, diğer taraftan taşkın sularının çevreye zarar vermesini önlemesi istenir. Bundan başka, suyun belirli bir kota yükseltilerek yerçekimsel iletime ve böylelikle yerleşim yerlerine pompaj yapılmaksızın su verilmesine veya daha geniş bir arazinin sulanmasına olanak verir. Yine hidroelektrik amaçlı barajlarda su seviyesinin yüksekliği enerji potansiyelinin de büyümesini sağlar. Diğer taraftan, barajların su kalitesini ıslah etmek, balık üretimine olanak vermek, yeni ulaşım olanakları sağlamak gibi birçok yararları vardır. Bunun yanında, yerleşim yerleri ile tarım arazilerinin su altında kalması, mansapta ekolojik dengenin bozulması gibi zararları da vardır [25].

Akarsudan belirli bir su miktarını sürekli olarak olabilmek amacıyla yapılması gereken haznenin hacmini hesaplamak için değişik yollar vardır. Bunlar uzun süreli akım rasatlarına dayanırlar. Bunun için akarsuyun ortalama aylık debilerinin bilinmesi gerekir [21].

Akarsular üzerinde ardışık barajlar olabilir. Bu durumda, barajlar bağımlı ve bağımsız olmak üzere iki grupta toplanabilir. Bağımsız baraj, bir başka baraja bağımlı olmayarak işletilen barajdır. Bağımlı baraj ise diğer barajlara bağımlı olarak işletilmek üzere projelenir. Bağımlı barajlarda uzun süreli akım rasatlarına ek olarak üç belirli durum tanımlanabilir. Bunlar: 1. Baraja gelen akım, kısmen yada tamamen memba barajından bırakılan regüle edilmiş akıma bağlıdır. 2. Bağımlı baraj, membadaki barajla birlikte işletilir. 3. Bağımlı barajlardan bırakılacak su, bitişik su toplama

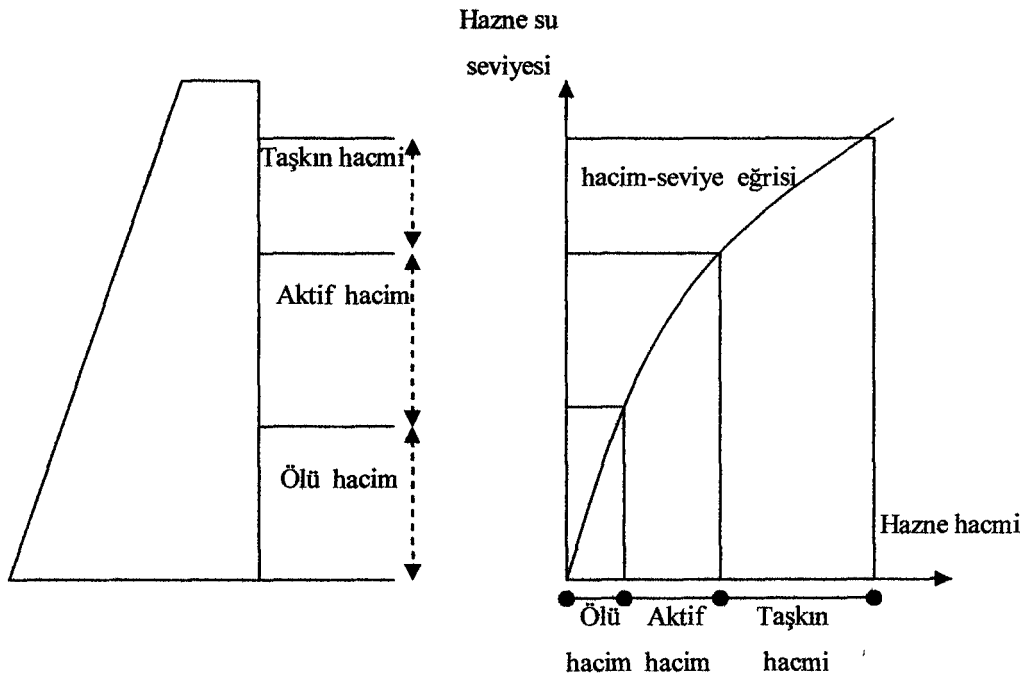


havzalarındaki barajların işletme programları ile uyumlu olacak şekilde düzenlenir [10].

### 3.1. Baraj Hazne Kısımları

İhtiyaç duyulan baraj hacmi, bu hacmi kullanım amacına bağlıdır. Hacim kullanımı ise biriktirilmesi gereken su hacmi, akarsuyun taşıdığı sediment miktarı ve bu maddelerin haznede çökelme durumu ve barajın karşılayabileceği en büyük taşkın debisi etkiler [25].

Bir haznenin toplam hacmi genel olarak üç kısma ayrılır. Bunlar: Minimum işletme kotunun altında kalan, gelen siltin birikmesi için ayrılan ve faydalanılmayan ölü hacim; minimum işletme kotunun üstündeki su kullanma (içme suyu, sulama, enerji v.b.) amacıyla ayrılan aktif hacim ve gelecek taşkın sularını tutabilmek için üstte bırakılan taşkın hacmidir. Bu kısımlardan taşkın hacmi, taşkın kontrol amaçlı olmayan barajlarda bulunmaz ve toplam hacim aktif hacim ile ölü hacimden oluşur [20]. Bu hacimlerin uygun şartlarda belirtilmesi, baraj yüksekliğinin bulunmasında esas olacaktır. Baraj yüksekliği ise yapının maliyetinde önemli bir yer tutar. Dolayısıyla hazne hacimlerinin uygun seçilmesi baraj maliyetlerinde ve su gereksinmelerinin giderilmesinde önemli bir faktördür [5].



Şekil 3.1. Bir haznenin kısımları

### 3.1.1. Baraj ölü hacmi

Barajın ekonomik ömrü boyunca, akarsuyun getireceği katı maddelerle dolacağı kabul edilen hacimdir. Bu hacmin belirlenebilmesi için, akarsu ve vadisinin katı madde hareketleri yönünden incelenmesi gerekir. Gerek gözlemlerle ve gerekse bazı teorik formüllerle belirli zamanlarda akarsuyun getirebileceği katı madde miktarını yaklaşık olarak bulmak mümkündür. Ölü hacim, baraj haznesine gelen kil, silt, kum, çakıl gibi katı maddelerin haznede çökerek kapasiteyi azaltmasını önlemek için kullanılır [5].

Baraj haznelerinde biriken katı madde, haznenin ekonomik ömrünü etkiler. Dünyada faaliyetinden bir yıl sonra, katı madde ile dolan baraj hazneleri mevcuttur. Barajların siltlenmesi olayı pek çok faktörün etkisi altındadır. Genel olarak, bu faktörler hazneye gelen katı madde miktarı, yığılan malzemenin özgül ağırlığı, haznenin tuzaklama oranı (barajda tutulan katı maddenin, baraja gelen katı madde miktarına oranı) ve tutulan maddelerin haznede dağılımı olarak dört ana bölüme ayrılabilir.

Hazneye gelen katı madde miktarı, havzanın büyüklüğüne, bitki örtüsüne, zemin cinsine ve akarsuyun debisine bağlıdır. Bir yılda havzanın birim alanından, belirli bir kontrol noktasına ulaşan katı madde miktarına o kesitin katı madde verimi denir ve bu büyüklük genellikle ton/km<sup>2</sup>/yıl olarak ifade edilir. Bir baraj haznesine gelen katı madde verimi, ölçüm ve gözlemlerle bulunacağı gibi benzer karakterli hidrolojik bölgelerde yapılan barajların ölü hacimlerinden yararlanılarak da bulunabilir.

Haznede yığılacak katı maddelerin dağılımı da planlama ve işletme açısından önemlidir. Dağılıma, katı madde parçacıklarının yapısı, hazneye giren ve çıkan su miktarları, haznenin biçimi ve büyüklüğü, haznenin işletilme biçimi etki etmektedir. Hazneye gelen parçacıklar hazne içindeki akıma göre yatay olarak suyun sürüklenme kuvveti, düşey olarak türbülans ve yer çekimi etkisi ile çökerek bir dağılım oluştururlar [20].

### 3.1.2. Taşkın hacmi

Baraj dolu savaklarının üst kotu, maksimum işletme kotu olarak alınır ve bu kot aktif hazne hacminin üst kotudur. Baraj bu kota kadar su ile dolu olduğu zaman, baraj gölüne akarsu tarafından getirilen taşkın suyunun

dolu savak tarafından akıtılabilmesi için mutlaka suyun bir miktar yükselmesi gerekecektir. Bu ise maksimum işletme seviyesi üzerinde bir hacmin gerekliliğini ortaya koyar. Baraj tam dolu olduğu zaman baraj gölüne girecek taşkın dalgasının, dolu savaklardan akıtılması incelendiğinde suyun dolu savak kotundan ne kadar yükselebileceği ve dolayısıyla bu yüksekliğe denk gelen hacmin ne olacağı anlaşılır. Taşkın sularının barajdan akıtılabilmesi için bırakılması gereken hacmin saptanmasında, dolu savak uzunluğu, mansaba güvenle bırakılabilecek maksimum debilerin miktarı, taşkın hidrografının şekli önemli rol oynayacaktır.

Proje kriterleri ve ekonomik çözümler sonucu belirlenecek taşkınların akıtılabilmesi için gerekli hacim, aktif hazne hacmi üzerine ilave edildikten sonra bulunacak kota, dalga yükseklikleri, depremten dolayı meydana gelebilecek kabarmalar ve hava payları ilave edilerek barajın kret kotu saptanır [5].

### **3.2. Baraj Aktif Hazne Hacminin Bulunması**

İhtiyaç duyulan suyun haznede biriktirilmesi için ayrılan hacme aktif depolama hacmi veya faydalı hacim adı verilir. Haznenin aktif hacmi belirlenirken akarsuyun akım değerleri ve ihtiyaç debileri bir arada değerlendirilir. Bu değerlendirmeler genellikle grafik veya tablolarla yapılır.

Akarsudaki akımın debisi, değişimi ve toplam miktarı en az 30 yıllık akım kayıtlarından değerlendirilir. Su ihtiyaçlarının belirlenmesinde, baraj yapma amacına göre o bölgenin, ülkenin veya komşularıyla birlikte ülkenin ihtiyaçları dikkate alınır. Çok amaçlı barajlarda, ihtiyaçlar zamana göre toplanarak toplam ihtiyaç debileri belirlenir. Fakat barajda suyun iki defa kullanılması, mesela; enerji üreterek baraj gölünden bırakılan suyun sulama için kullanılması söz konusu ise, toplam ihtiyaç debilerinin belirlenmesinde bu husus göz önüne alınmalıdır [20].

Aktif hacmin belirlenmesinde yaygın olarak iki yol kullanılır. Bunlar debi gidiş çizgisi ve debi toplam çizgisi metotlarıdır.

#### **3.2.1. Debi gidiş çizgisi metodu**

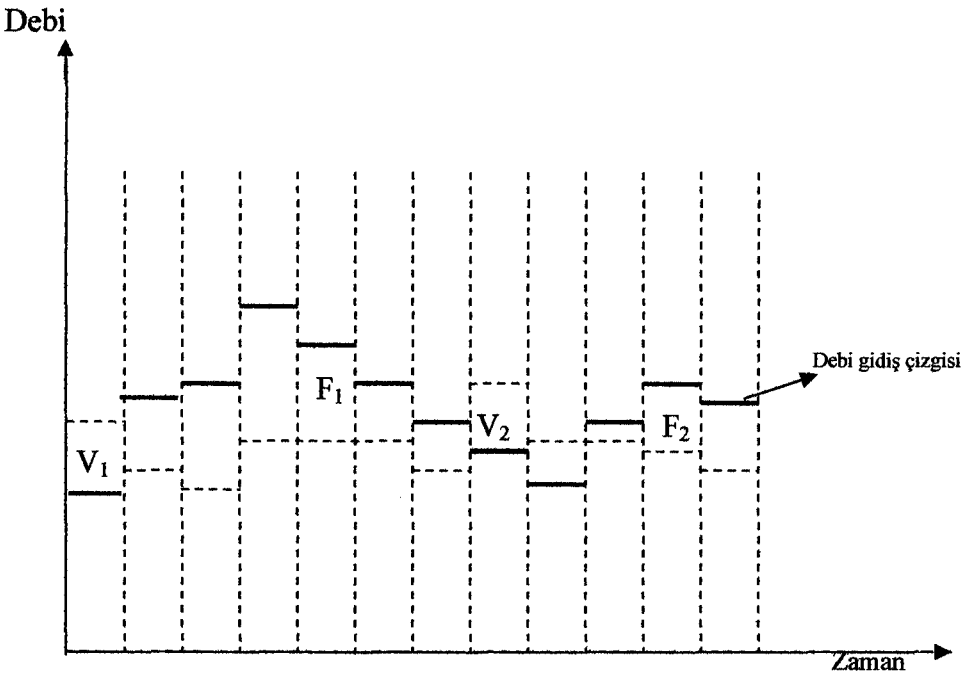
Akarsuyun ve ihtiyaçların belli bir periyot içindeki değerleri ile debi gidiş çizgileri çizilir ve bunlar birbirleriyle karşılaştırılır. Akarsuyun getirdiği

suların zaman içindeki dağılımı rasatlarla belirlenir. İhtiyaçlar ise barajın amacına göre Bölüm 2’de açıklanan çalışmalarla saptanır.

Akarsuyun ve ihtiyaçların debi gidiş çizgileri karşılaştırıldığında iki eğri arasında, iki farklı karakterde alanlar vardır. Bunlardan bir kısmı ihtiyaç çizgisinin üstünde kalan kısımlardır ve bunlar ihtiyaçtan fazla olan hacimleri gösterir. İhtiyaç çizgisinin altında kalan diğer kısımlar ise ihtiyaçtan eksik olan hacimleri gösterir. Şekil üzerinde gösterilen alanlardan fazla hacimler  $F$ , eksik hacimler  $V$  ile gösterilirse, incelenen süre için ortaya çıkan  $F_1, V_1, F_2, V_2$  gibi hacimler incelenerek hazne hacmi belirlenir. Şekil 3.2’de böyle bir karşılaştırma çalışması gösterilmiştir.

Debi gidiş çizgisi ile aktif hazne hacminin belirlenmesinde fazla hacimler ile eksik hacimler arasında üç durum söz konusudur.

1. Fazla hacimlerin toplamı, eksik hacimlerin toplamından büyük ise eksik hacimlerin en büyüğü hazne hacmi seçilir ve bu hacmin başlangıçta dolu olduğu kabul edildikten sonra bir işletme kontrolü yapılarak bu seçilen hacmin doğruluğu incelenir. Bu durumda belli bir miktar suyun kullanılmadan savaklanması söz konusudur [26].



Şekil 3.2. Debi gidiş çizgisi ile aktif hacim tayini [20]

2. Fazla hacimlerin toplamı, eksik hacimlerin toplamına eşit ise gelen bütün suyun kullanılması söz konusudur. Tam dengeleme denilen bu durumda arka arkaya gelen fazla ve eksik hacimlerin en büyüğü hazne hacmi seçilerek kontrol yapılır.

3. Fazla hacimlerin toplamı eksik hacimlerin toplamından az ise, ihtiyacı karşılayacak yeterli su yok demektir. Bu durumda fazla hacimlerin en büyüğü hazne hacmi seçilerek gelen sudan olabildiğince faydalanmaya çalışılır.

Hazne hacmi araştırması yapılırken aşağıdaki kabullerin yapılması gerekir.

1. İnceleme başlangıcında kabul edilen ekonomik hazne hacminin dolu olduğu;

2. İncelemelere, düzenli bir periyot buluncaya kadar devam edileceği;

3. Kabul edilen ekonomik hazne hacmi en az bir defa dolmalı ve en az bir defa boşalmalıdır. Ancak bu halde bulunan hazne hacminin ekonomik olduğu varsayılacaktır. Aksi halde, düzenli periyot içinde hazne dolmuyor yada boşalmıyorsa, hazne gereğinden büyük seçilmiş demektir.

4. Önemli bir kabul olmamakla beraber, hazne hacmi araştırmasına başlamadan önce hazne hacmi olarak, en büyük fazla hacim yada en büyük eksik hacimlerden birini seçerek işe başlamak kolaylık sağlar [5].

### **3.2.2. Debi toplam çizgisi metodu**

Birikmiş hacimler eğrisi veya Rippl diyagramı olarak bilinen bu metoda, akarsudan gelen su hacimleri belli bir tarih başlangıç alınarak aylık değerler şeklinde toplanır. Yatayda zaman, düşeyde toplanmış hacimler olmak üzere debi toplam çizgisi çizilir. Bu eğrinin herhangi bir noktasındaki teğetin eğimi o andaki akarsu debisini gösterir. Benzer şekilde ihtiyaç hacimleri de toplanarak aynı grafik üzerinde gösterilir.

Gelen su debi toplam çizgisine, ihtiyaç çizgisine paralel olacak şekilde teğetler çizilirse, bu teğetlerin değme noktaları, gelen su ve ihtiyaç debilerinin eşit olduğu zamanları gösterir. Birbiri ardınca gelen teğetlerin arasında kalan yükseklik farkları, fazlalık ve eksiklik hacimleri olarak ortaya çıkar. Her teğet noktası bir başlangıç olarak düşünülerek o noktadan sonra

gelen debiler ihtiyaçtan az ise eksik hacim ortaya çıkıyor demektir. Bu şekilde ihtiyaç fazlası ve eksik hacimler belirlendikten sonra hazne hacmi, debi gidiş çizgisi metoduyla anlatılan işlemlerle belirlenir. Genellikle tablo düzenlenerek hesaplar yürütülür. Ayrıca, uzun yıllar dikkate alındığında hesapların bilgisayarla yürütülmesi daha az zaman alır [20].

Akımın kaydedildiği zaman aralığı olarak genelde aylık değerler kullanılır. Zaman aralığı ne kadar küçükse, sonuç o derece kesindir. Aylık değerler yerine günlük değerlerin kullanılması zaman almasına rağmen daha doğru bir yaklaşım sağlar. Hazne hacminin debi toplam çizgisi metoduyla bulunmasına ait bir örnek şekil 3.3'te gösterilmiştir [21].

Debi toplam çizgisinin (Rippl metodu) su mühendisliğinde önemli bir yeri vardır. Bu metodunda, çeşitli eksiklikleri olmasına rağmen bu eksiklikler stokastik hidrolojik yöntemlerle giderilmiştir. Bu metodun eksiklikleri aşağıda verilmiştir [26].

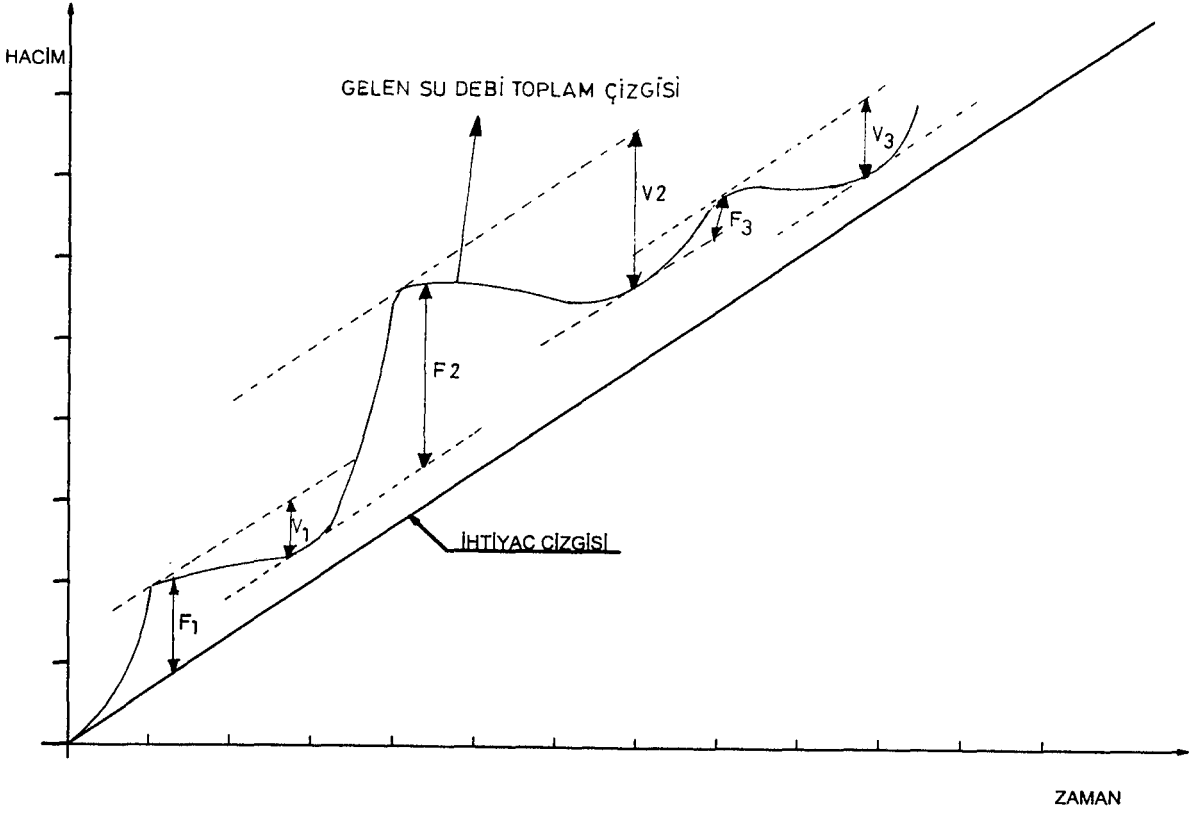
1. Rippl metodunun en önemli özelliği, esas alınan akış dizisinin uzunluğu arttıkça hesaplanan hazne hacmi de artar. Dolayısıyla bu yolla hazne hacminin bulunabilmesi için en azından planlanması düşünülen haznenin ömrüne eşit uzunlukta bir akış dizisi gerekir. Oysa dünya üzerindeki birçok akarsu havzalarında ve özellikle ülkemizde, uzun akış serilerinin bulunmadığı bir gerçektir.

2. Bir akarsuyun herhangi bir kesitindeki debi değeri, önceden kesinlikle bilinmediği için rasgele değişken bir özelliğe sahiptir. Rippl metodun da hazneye giriş debileri zamanın mutlak fonksiyonu olarak kabul edilir.

Uygulamada en çok kullanılan debi gidiş çizgisi ve debi toplam çizgisi metodlarından başka, baraj aktif haznesinin bulunmasında, ardışık pikler yöntemi ve ardışık farklar yöntemide kullanılabilir.

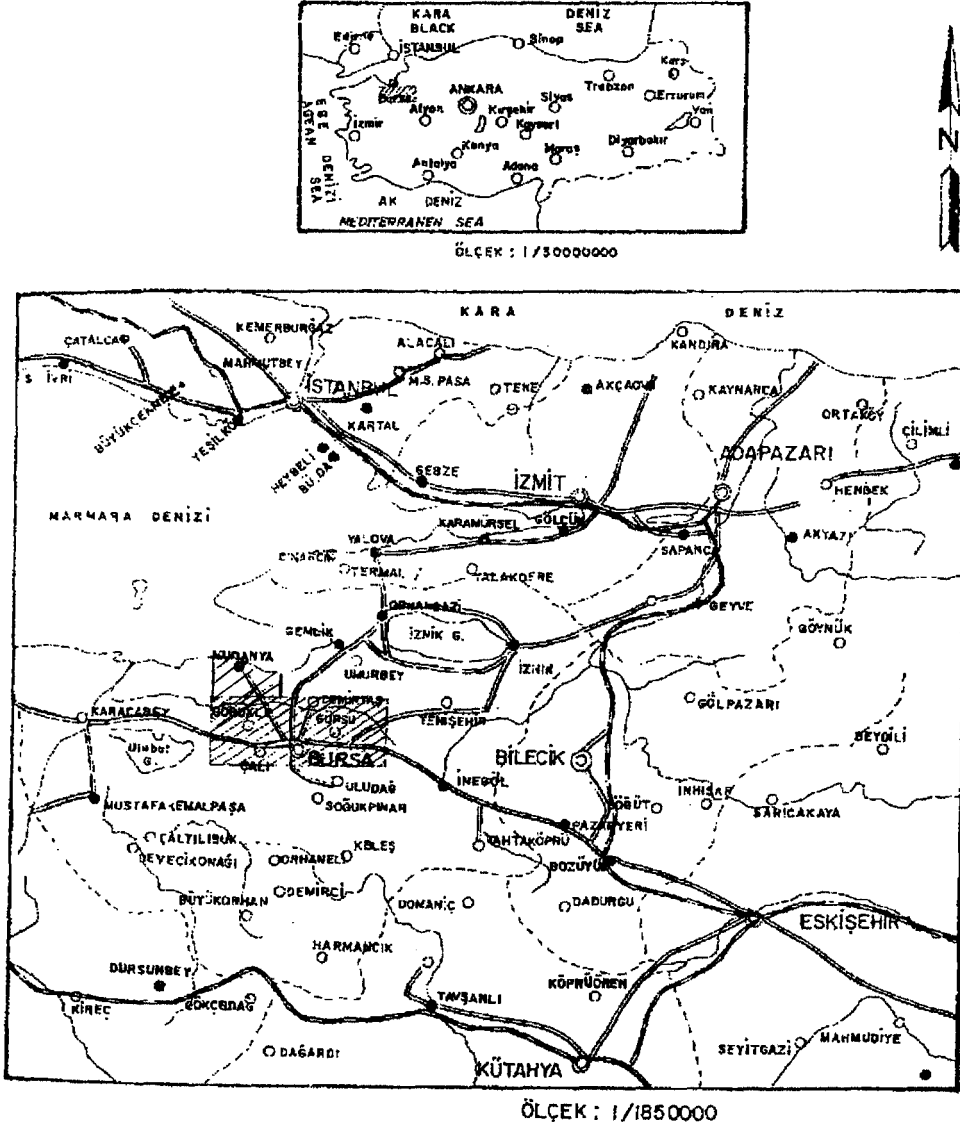
İhtiyaç debisinin sabit olduğu bir durumu gösteren şekil 3.3'te fazla ve eksik hacimler belirlendikten sonra aktif hazne hacmi bulunur. Debi toplam çizgisi metodu en yaygın kullanılan metoddur.

Hazne hacmini oluşturan ölü hacim, aktif hacim ve taşkın hacminin doğru şekilde bulunmasıyla, pahalı bir yatırım olan barajdan ekonomik ömrü boyunca optimum fayda sağlanacaktır.










Şekil 3.3. Debi toplam çizgisi metodu ile aktif hazne hacminin tayini

#### 4. İNCELEME BÖLGESİ VE SU POTANSİYELİ ETÜT SAHASININ TÜRKİYE'DEKİ YERİ



#### İŞARETLER

|   |  |   |                                 |   |                                       |
|---|--|---|---------------------------------|---|---------------------------------------|
|  | DEMİRYOLU<br>Railroad                  |  | İL MERKEZİ<br>Province center   |  | BUCAK MERKEZİ<br>Sub. district center |
|  | İYİ EVSAFLI YOL<br>Good condition road |  | İLÇE MERKEZİ<br>District center |  | ETÜT SAHASI<br>Study area             |
|  | İL SINIRI<br>Province boundary         |   |                                 |   |                                       |

Şekil 4.1 İnceleme Bölgesinin Türkiye'deki Yeri



İnceleme bölgesi başta Bursa Büyükşehir Belediye sınırları olmak üzere, Bursa çevresi olarak adlandırılan doğuda Kestel ve Gürsu ilçeleri, kuzeyde Demirtaş beldesi, batıda Çalı ve Görükle beldesi sınırları ile Mudanya ilçesini kapsayan Bursa Büyükşehir Metropolüdür.

Bursa şehri 2000 nüfus sayımına göre 1.055.000 nüfusa sahip turizm, endüstri ve tarım açısından önemli bir şehir olup, gelişmesine paralel olarak çok fazla göç alan bir şehirdir. Rakımı 100 ile 350m arasında değişir. Proje sahasında yer alan yerleşim yerlerinden sadece Mudanya deniz kenarında olup kentleşme 0 - 50m arasında yayılmıştır.

Bursa havzası, kuzeyde Katırlı dağları, güneyde Uludağ ile çevrilmiştir. Havzanın doğu ve batısında sırasıyla Bursa ve Çayırköy ovaları yer alır. Birinci derece deprem kuşağında bulunan havzanın büyük bir kısmı travertenler, kuzeyindeki alçak kısımlar ise alüvyonlardan oluşur.

Bursa'nın 1.106.087 hektar alan yüzölçümünün, Devlet Su İşleri Etüdlerine göre ekonomik olarak sulanabilir kısmı 186.951 hektardır. Bu miktarın bugün için 61.707 hektarı sulanabilmektedir. Bursa'da iklimin ılıman oluşu, yeterli su kaynaklarının bulunuşu ve önemli tüketim merkezlerine yakınlığı gibi etmenler tarımın gelişmesine neden olmuştur. İl nüfusunun %43'ü tarımla uğraşmaktadır. Bursa ovası ve Çayırköy ovalarında çeşitli tarım ürünleri yetiştirilmektedir. Bunlar arasında en önemlileri hububat ve baklagiller, tütün, şekerpancarı, zeytin, yem bitkileri, sebze ve meyvedir. Bu tarım arazilerinin sulanması için sadece sulama amaçlı Hasanağa, Gölbaşı ve Kayapa barajları, göl kenarlarına inşa edilmiş bulunan pompa istasyonları ve yer altı suyu düzeyinin yeterli olduğu yerlere tesis edilmiş bulunan derin kuyu pompaları kullanılmaktadır. Kullanılan sulama metodu ise genelde açık sulama yöntemidir [27].

#### **4.1. İklim ve Su Kaynakları**

##### **4.1.1. İklim özellikleri**

Proje sahasında Marmara iklimi egemendir. Bu iklime göre yaz ayları sıcak ve az yağışlı, kış ayları soğuk ve yağışlı, ilkbahar ve sonbahar ayları ise serin ve yağışlıdır. Bursa Meteoroloji istasyonunun verilerine göre proje sahasında yıllık ortalama yağış 658 mm olup yağışların %24'ü ilkbahar, %11'i yaz, %24'ü

sonbahar ve %41'lik kısmı da kış aylarında düşmektedir. Proje alanında en düşük yağış Ağustos ayında, en yüksek yağış Aralık ayında olmaktadır. Yıllık ortalama nispi nem miktarı %69'dur.

Proje alanına en yakın olan ve en uzun gözlem süresi bulunan Bursa Meteoroloji istasyonunun 58 yıllık verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık Bursa'da, 14.4°C'dir. En soğuk ay ortalama 5.3°C ile Ocak ve en sıcak ay 24.1°C ile Temmuz ayıdır. Bursa'da gözlem süresi içinde en düşük sıcaklık -25.7°C ile Şubat ayında, en yüksek sıcaklık ise 47.6°C ile Ağustos ayı içinde gözlenmiştir.

Bursa'da egemen rüzgar kuzeydoğu yönünden esmektedir ve gözlem süresindeki esme hızı 3.5 m/s'dir. Bursa çevresinde gözlenen en hızlı rüzgar ise 35.2 m/s hıza sahip güney-güneydoğu yönünden esen lodostur.

#### 4.1.2. Su kaynakları

Proje sahasının yerüstü su kaynakları, önem sırasına göre Nilüfer Çayı, Deliçay, Aksu deresi, Orhaneli Çayı ve Uluabat gölüdür.

Nilüfer çayı, Uludağ'ın güney yamaçlarından doğar. Bursa ovasını geçtikten sonra batıya yönelir ve Karacabey boğazında Marmara denizine dökülür. Nilüfer çayının Selahattin Saygı barajındaki yağış alanı 446.9 km<sup>2</sup> ve 1969-1992 yılları arasındaki yıllık ortalama akımı 212.58 hm<sup>3</sup>'tür. Nilüfer çayının su kalitesi 1. sınıf su niteliğindedir.

Deliçay, Uludağ'ın kuzey eteklerinden doğar. Bursa ovasını doğu-batı yönünde geçtikten sonra Nilüfer çayı ile birleşir. Deliçayın Bursa ovasına giriş noktasındaki yağış alanı 106 km<sup>2</sup> ve 1979-1992 yılları arasındaki yıllık ortalama akımı 100.39 hm<sup>3</sup>'tür. Deliçay, eğiminin çok dik olması nedeniyle bahar aylarında karların erimesi sonucu çok rüsubat getirmektedir. Ancak taşınan, rüsubat Dokuzgöller tersip bendinin rezervuarında çökelmekte ve bu noktadan sonra su daha temiz olmaktadır. Deliçayın su kalitesi, Çevre Bakanlığı Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğine göre 1. sınıf su niteliğindedir.

Aksu deresi, Uludağ'ın kuzey-kuzeydoğu eteklerinden doğar ve mevcut Gölbaşı bendinin rezervuarına girer. Aksu deresinin Gölbaşı gölü girişindeki yağış alanı 49.80 km<sup>2</sup> ve 1973-1992 yılları arasındaki yıllık ortalama akımı 17.78 hm<sup>3</sup>'tür. Mevcut Gölbaşı bendini besleyen Aksu deresini mermer işleme atölyeleri kirletmektedir. Kesilen mermerin tozları atölyelerin mermer tozu tutucu havuzları

bulunmasına rağmen havuzların yetersizliğinden göle kadar intikal edebilmektedir. Aksu deresi su kalitesi, Çevre bakanlığı Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğine göre sadece bulanıklık kriterini aşmaktadır. Suyun bu nedenle 2.sınıf su niteliğinde olduğu belirlenmiştir [27].

Bursa ilinin en büyük akarsuyu olan Mustafa Kemalpaşa çayının doğudan gelen kolu olan Orhaneli çayı Kütahya ilinin Gediz ilçesinde doğar ve 276 km'lik akıştan sonra Mustafa Kemalpaşa ilçesine 20 km kala Emet çayı ile birleşir ve Mustafa Kemalpaşa çayı adını alarak Uluabat gölüne dökülür. Yağış alanı 4.689 km<sup>2</sup> olan Orhaneli çayının yıllık ortalama akımı 743.4 hm<sup>3</sup>'tür. Yıllık ortalama akımı yüksek olmasına rağmen Orhaneli çayı akış güzergahındaki bir çok yerleşim birimi ve sanayi tesisinin atıksu deşarjları nedeni ile kirlenir. Özellikle, Tunçbilek Termik Santrali ve Garp Linyitleri işletmelerinden çaya yüksek konsantrasyonlu askıda madde içeren 600 l/s debili atıksu verilmektedir. Ayrıca, Bursa ili Keles ilçesinde faaliyet gösteren Marmara linyit İşletmeleri ve Orhaneli ovasına girişte yer alan Ege Metal ile Toros Madencilik ve Krom İşletmelerinden Orhaneli çayına verilen ağır metal içeren atıklar, kirliliğe neden olmaktadır. Ağır metal varlığının ve askıdaki katı maddenin durdurulması ile Orhaneli çayının su kalitesinin iyileştirilmesi sağlanacaktır. Bu sayede, bu çay üzerinde yapılması planlanan çok amaçlı Çınarcık barajından 2020 yılından itibaren yılda 45 hm<sup>3</sup> içme suyu alınması öngörülmüştür [28].

Uluabat gölü Bursa'nın batısında yer alır. Bursa'ya uzaklığı 30 km'dir. Mustafa Kemalpaşa çayı tarafından beslenmektedir. Bu çay, aynı zamanda göldeki su kalitesini de belirlemektedir. Gölün yağış alanı 10.555 km<sup>2</sup>'dir. Gölü besleyen Mustafa Kemalpaşa çayının 1939-1991 yılları arasındaki yıllık ortalama akımı 1943.80 hm<sup>3</sup>'tür. Bu değer, yağış alanları oranında Uluabat gölüne taşınırsa, göle giren yıllık ortalama su miktarı 2136 hm<sup>3</sup> bulmaktadır. 1976 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi tarafından hazırlanan Bursa şehri içme, kullanma ve endüstri suyu temini projesi master planında, şehrin 2000'li yıllardaki içme suyu kaynağı olarak düşünülen Uluabat gölü aşırı kirlenme sonucu bugün için kullanım açısından uygun görülmemektedir. Mustafa Kemalpaşa çayı ve Uluabat gölünün yakın çevresinde olup, gölü atıkları ile olumsuz etkileyen etmenlerin başında Mustafa Kemalpaşa ve Akçalar mezbahaları gelmektedir. Bu mezbahalar,

atıklarını hiçbir işleme tabi tutmadan göle deşarj etmektedir. Mustafa Kemalpaşa şehir kanalizasyonu ve tabakhaneleri, iki konserve fabrikası ve 43 adet mandıranın atıkları ile Emet ve Orhaneli çaylarının kendi havzalarından toplayıp getirdikleri atıklar Uluabat gölünü içme-kullanma suyu standardından çıkarmıştır.

Proje sahasının yer altı suyu imkanlarına sahip ovalar Bursa Ovası ve Çayırköy ovasıdır.

Bursa ovası 208.8 km<sup>2</sup>'lik bir alana sahiptir. Ovanın doğu-batı yönündeki uzunluğu 30 km, kuzey-güney yönündeki genişliği de 3 ile 9 km arasında değişmektedir. Yer altı suyu içeren alüvyonun kalınlığı Bursa ovasında 80 ile 200 m arasında değişmektedir. Alüvyon, akarsular tarafından ovaya taşınan çakıl, kum, silt ve kil gibi malzemelerin farklı kalınlık ve genişlikte istiflenmesi ile oluşmuştur. Bursa ovasının 96.8 km<sup>2</sup>'si serbest, 112 km<sup>2</sup>'si basınçlı akifer zonlarında oluşturmaktadır. Çayırköy ovası, Bursa Ovasının batısında yer alır. Ova alanı 57.7 km<sup>2</sup>'dir. Bu alanın 43.4 km<sup>2</sup>'si serbest, 14.3 km<sup>2</sup>'si basınçlı akifer zonlarını oluşturur.

Bursa ve Çayırköy ovalarındaki yeraltısuyu bilançosu Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

Bursa ovasında, yılda 147.8 hm<sup>3</sup>'lük yeraltısuyu beslenmesi ve boşalımı vardır. Beslenim değerinin %80'ni olan yıllık 118.2 hm<sup>3</sup>'lük yeraltısuyu Bursa ovasının işletme rezervidir. Çayırköy ovasında yıllık beslenim ve boşalımı 10.1 hm<sup>3</sup>'tür. Bu değerinin %70'i olan yıllık 7.1 hm<sup>3</sup>'lük yeraltısuyu Çayırköy ovasının işletme rezervidir.

Çizelge 4.1. Bursa ve Çayırköy ovaları yeraltısuyu bilançosu [29]

| Yeraltısuyu İşletme Kurumu          | Amacı              | Çekilen su (hm <sup>3</sup> /yıl) |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Bursa Büyükşehir Belediyesi         | İçme suyu          | 33                                |
| Çeşitli Sanayi Kuruluşları          | Endüstri Suyu      | 36                                |
| Narlı-Dudaklı Sulama Kooperatifleri | Sulama             | 6                                 |
| D.S.İ. Yeniceabat Y.A.S. Sulaması   | Sulama             | 17                                |
| Münferit Sulamalar                  | Sulama             | 20                                |
| Demirtaş Belediyesi                 | İçme+Endüstri suyu | 6                                 |
| TOPLAM                              |                    | 118                               |

#### 4.1.3. Sulardan yararlanma şekilleri ve su hakları

Bursa ilinde kullanılabilir su kaynakları olan Nilüfer Çayı, Aksu deresi, Deliçay, Orhaneli çayı ve Bursa ovası yeraltısuyu kaynaklarından bugün ve gelecekte nasıl yararlanılacağı ve su hakları incelenmiştir.

Nilüfer çayı üzerinde mevcut olan Selahattin Saygı(Doğancı I) barajı, içme suyu amaçlı bir barajdır. Bu barajdan 2000’li yılların ihtiyaçlarına göre 108 hm<sup>3</sup>/yıl, 2020’li yılların ihtiyaçlarına göre de 142 hm<sup>3</sup>/yıl olmak üzere ortalama 125 hm<sup>3</sup>/yıl içme suyu çekilebilecektir. Selahattin Saygı(Doğancı I) barajından su hakkı olarak mansaba Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında 300 l/s’lik su bırakmaktadır. Bu su hakkı; dere yatağının kurumaması, deredeki canlı yaşamın devamlılığının korunması, ehil ve vahşi hayvanların içecek su bulabilmesi ve küçük halk sulamalarının aksamaması içindir. Nilüfer çayı üzerinde Selahattin Saygı(Doğancı I) barajının menbasında inşaatı devam eden diğer baraj 2005 yılında hizmete girmesi beklenen Nilüfer(Doğancı II) barajıdır. Bu baraj içme, kullanma ve endüstri suyu amaçlıdır. Bu barajdan yılda 50 hm<sup>3</sup> su çekilebilecektir. Nilüfer(Doğancı II) barajından su hakkı olarak dere yatağına 200 l/s su bırakılacaktır. Nilüfer(Doğancı II) barajı ise Selahattin Saygı (Doğancı I) barajının müşterek çalışmaları sonucu Selahattin Saygı (Doğancı I) barajının mansabındaki su hakkı değişmeyecek ve savaklanma olmayan günlerde 300 l/s’lik bir debi dere yatağına bırakılacaktır.2013 yılında tamamlanması düşünülen barajdan yıllık 25 hm<sup>3</sup>’lük su, sulama amaçlı, 57 hm<sup>3</sup>’lük su ise içme suyu amaçlı olmak üzere yıllık toplam 82 hm<sup>3</sup>’lük su çekilebilecektir.

Gölbaşı bendinin geliştirilerek Gölbaşı barajına dönüştürülmesi planlanmaktadır.Deliçay’ın Gölbaşı barajına çevrilmesi tasarlanmaktadır. Deliçay yılın Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında Gölbaşı barajına çevrilecektir. Çevirme kapasitesi 8 m<sup>3</sup>/s’dir. Deliçay’dan gelen akımlar 8 m<sup>3</sup>/s’den büyükse; 8 m<sup>3</sup>/s Gölbaşına çevrilecek, fazlası dereyatağında akmaya devam edecektir. Eğer gelen sular 8 m<sup>3</sup>/s’den küçükse; 0.2 m<sup>3</sup>/s’i dere yatağında akacaktır. Mevcut koşullarda Aksu deresi Gölbaşı bendine akmaktadır. Sulama amaçlı olan mevcut Gölbaşı bendinin sulama+içmesuyu amaçlı olarak yükseltilmesi planlanmaktadır. Çevirmenin yapılacağı 8 ayın dışında kalan

Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında, Gölbaşı barajına hiç su çevrilmeyecektir [27].

Orhaneli çayı üzerinde fizibilite aşamasında tasarlanmış bulunan Çınarcık barajı, başta enerji üretimi olmak üzere, sulama ve içme suyu amaçlıdır. Çınarcık barajının 2040'lı yıllarda devreye girmesiyle yılda, 145 hm<sup>3</sup> su içme suyuna tahsis edilecektir. Ayrıca, yılda yaklaşık 400 milyon kwh elektrik enerjisi üretilecektir. Çınarcık baraj yerinde yıllık ortalama su potansiyeli, 743.4 hm<sup>3</sup>'tür. Bu nedenle, mansaba yeter miktarda su bırakılabilir ve su hakkı problemlerinin doğmasına engel olunabilir. Ek-2'de Bursa barajlarının krokisi verilmiştir.

Bursa ovasında bulunan ve işletme rezervi 118 hm<sup>3</sup>/yıl olan yeraltısuyu, mevcut koşullarda sulama, içmesuyu ve endüstri suyu temini amacıyla tamamen tahsis edilmiş durumdadır. Yeni tahsis yapılması ise rezervin dolması nedeniyle yasaklanmıştır. Ancak, Bursa ovasındaki yeraltısuyu kalite yönünden arıtma gerektirmeden içilebilecek durumdadır.

Sulama amaçlı olarak kullanılan yeraltısuyunun içmesuyu olarak kullanılması; ancak; bir başka kaynaktan gerekli sulama suyunun temini ile mümkün olabilecektir [29].

#### **4.2. Gelecekteki Nüfus ve Su İhtiyaçları**

Proje sahası nüfusu; Bursa, Bursa çevresi ve Mudanya nüfuslarının toplamından oluşmaktadır. Bursanın nüfusu merkez ilçeler olan Nilüfer, Osmangazi ve Yıldırım ilçelerinin nüfuslarının toplamından oluşmaktadır. Bursa çevresi olarak adlandırılan alan; Gürsu ve Kestel gibi ilçe merkezleri ile Çalı, Görükle ve Demirtaş gibi bucak merkezlerinin nüfuslarından oluşmaktadır. Bursa'nın kuzeyinde Marmara denizi kıyısında yer alan Mudanya ilçe merkezi nüfusu da hızla artmaktadır [27].

Bursa ilinin gelecekteki nüfus tahminleri, şehirleşme hızı, doğal nüfus artışı ve şehrin endüstriyel ve hizmet sektörlerindeki gelişmenin göç üzerindeki etkisi göz önüne alınarak yapılmıştır. Kullanılan nüfus tahmin metodları, Bursa ve İstanbul nüfuslarının korelasyonu, Bursa nüfusu ile Türkiye nüfusu korelasyonu, iller bankası metodu ve sıra-büyükölçüm yöntemine göre yapılan nüfus tahmin metodlarıdır.

Bursa nüfusunun İstanbul ve Türkiye nüfuslarına göre korelasyonu yoluyla yapılan hesabında Bursa, İstanbul ve Türkiye nüfusunun geçmiş sayım yıllarındaki nüfusları arasında lineer, yarı logaritmik ve logaritmik bağıntılar araştırılmıştır.

İller bankası metoduna göre önce nüfus artış oranı hesaplanmıştır. Bu nüfus artış oranı kullanılarak gelecekteki nüfus tahmin edilmiştir.

Sıra-büyüklik yöntemine göre yapılan nüfus tahmininde, Türkiye'deki şehirler nüfus büyüklüklerine göre sıralanıp yatayda şehrin büyüklük sırası düşey ekseninde de şehrin nüfusu olmak üzere logaritmik kağıda noktalanır. Daha sonra bu noktalar birleştirilerek yaklaşık bir doğru elde edilir. Bu doğrunun denklemi bulunur. Bu yöntemle, Bursa'nın gelecekteki nüfus tahmininin yapılabilmesi için önce Türkiye nüfusunun tahmin edilmesi gerekir. Türkiye nüfusunun tahmininden sonra en büyük şehrin (İstanbul) nüfusu sonrada dördüncü büyük şehir olan Bursa'nın nüfusu bulunur.

Bütün bu çalışmalarda hedef yıl olarak 2040 yılı seçilmiş ve nüfus tahmin metodlarından çıkan sonuçların değerlendirilmesiyle proje sahasının nüfusu bulunmuştur. Proje sahasının gelecekteki toplam nüfusu, Çizelge 4.2'de gösterilmektedir.

Proje sahasının toplam nüfusu bulunduktan sonra hizmet verilecek nüfus, proje sahası nüfusunun belli bir yüzdesi alınarak bulunmuştur. Buna göre, 2005 yılında proje sahasının %91'ine içmesuyu götürülürken hedef yıl olan 2040 yılına kadar her beş yılda bu oranın 1 puan artırılarak %98'e çıkarılması amaçlanmaktadır.

Kentlerde günlük su tüketimi insanların kültür seviyesine, kentin endüstri durumuna, iklime ve mevsimlere bağlı olmak üzere değişebilir. Diğer taraftan Çizelge 4.2. Proje Sahasının Gelecekteki Nüfus Tahminleri

| Yıllar | Bursa     | Bursa Çevresi | Mudanya | Proje sahası | Servis %'si | Hizmet Verilen Nüfus |
|--------|-----------|---------------|---------|--------------|-------------|----------------------|
| 2005   | 1.350.000 | 60.000        | 32.000  | 1.442.000    | 91          | 1.312.000            |
| 2010   | 1.520.000 | 66.000        | 37.000  | 1.623.000    | 92          | 1.493.000            |
| 2015   | 1.690.000 | 72.000        | 42.000  | 1.804.000    | 93          | 1.678.000            |
| 2020   | 1.865.000 | 79.000        | 47.000  | 1.891.000    | 94          | 1.872.000            |
| 2025   | 2.040.000 | 84.000        | 53.000  | 2.177.000    | 95          | 2.068.000            |
| 2030   | 2.210.000 | 90.000        | 58.000  | 2.358.000    | 96          | 2.264.000            |
| 2035   | 2.385.000 | 96.000        | 63.000  | 2.544.000    | 97          | 2.468.000            |
| 2040   | 2.560.000 | 103.000       | 67.000  | 2.730.000    | 98          | 2.675.000            |

yerel yönetimlerce uygulanan su ücretleri de su tüketimini etkiler. Bursa'da eğitim durumu, Türkiye ortalamasının çok üzerindedir. 7-12 yaş arasındaki nüfusun 1960 yılında %14'ü ilköğretimden yoksun iken bu oran 1970'de %5'e düşmüştür. Bugün ilköğretimden yoksun kalan nüfus yoktur.

Bursa'da 1970'li yıllarda kurulan iki adet otomobil fabrikası ile gelişen sanayi, tekstil ve tarıma dayalı diğer sanayi çeşitleri ile oldukça gelişmiştir.

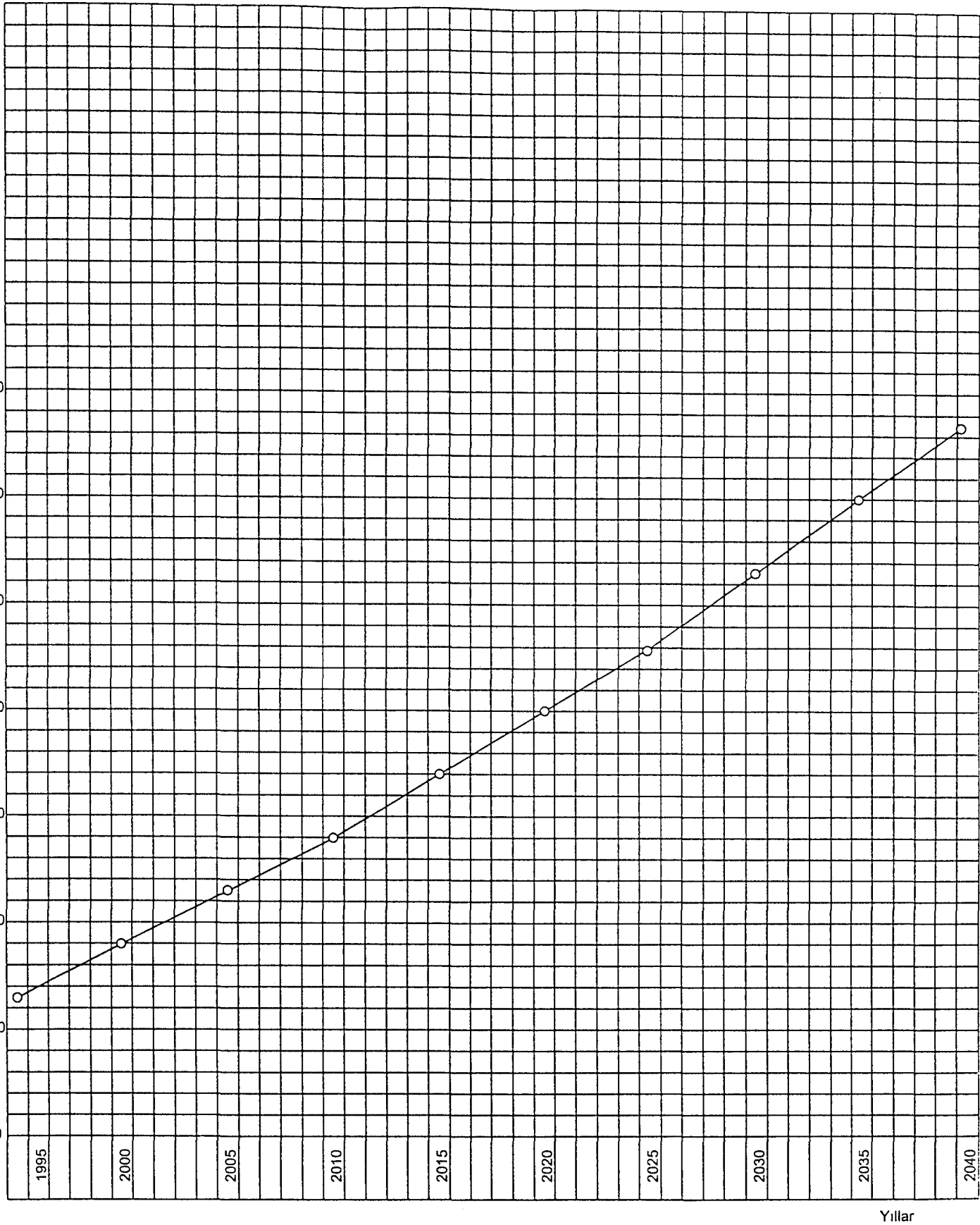
Bursa çevresindeki mevcut su kaynaklarının durumu incelendiğinde, kaynakların genelde potansiyel bakımından yeterli olmasına rağmen su kaliteleri yönünden yeterli olmadıkları görülür. Örneğin Uluabat gölü yılda 2 milyar m<sup>3</sup>'ü aşkın potansiyeline rağmen, kalite yönünden kullanılamaz hale gelmiştir. Bu nedenle, Bursa için önerilen günlük brüt su tüketimi makul miktarda olmak zorundadır. Bursa için önerilen su ihtiyaçları Orta Doğu Teknik Üniversitesi ve Tabar Mühendislik İnş. ve Tic. Ltd. Şti. tarafından hazırlanmıştır.

Ortadoğu Teknik Üniversitesi tarafından hazırlanan raporda Bursa ilinin 2010 yılında kişi başına su tüketimi günde 445 litredir. Yıllık ihtiyaç 228 hm<sup>3</sup> etmektedir [14].

D.S.İ. Genel Müdürlüğü tarafından Tabar Mühendislik şirketine ihale edilen Bursa şehri içme, kullanma ve endüstri suyu dağıtım şebekesi ve kesin proje revize raporunda, Bursa için 2010 yılında kişi başına günde 334 litre ve 2020 yılında da günde brüt 371 litre su önerilmiştir.

Dünyada ve Türkiye'deki büyük kentlerde önerilen su tüketimleri, yatay eksende kentin nüfusu, düşey eksende kişi başına düşen brüt su miktarı noktalandığında elde edilen noktalar 200 l/kişi/gün ile 400 l/kişi/gün yatayları arasında kümelenir. Bursa için seçilen toplam brüt su kullanımı, başlangıçta kişi başına günde 342 litre, projenin hedef yıllarında ise günde 394 litre olarak seçilmiştir. Buna göre, yıllık ihtiyaç 2005 yılında 165 hm<sup>3</sup>, 2040 yılında ise 385 hm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Bursa şehri su ihtiyaç eğrisi Şekil 4.2'de gösterilmektedir.





Yıllar

Şekil 4.2. Bursa şehri su ihtiyaç eğrisi (27)

#### 4.2.1. Su ihtiyaclarının aylık değişimi ve pik faktörler

Aylık pik faktörler, kentin büyümesi ve endüstrileşmesi sonucunda birbirine yaklaşma eğilimi gösterirler. Bursa'da oldukça büyük kent olma eğilimdedir ve yoğun endüstriye sahiptir. Bu nedenle, maksimum aylık ihtiyacın ortalama aylık ihtiyaca oranı 1.20; minimum aylık ihtiyacın ortalama aylık ihtiyaca oranı ise 0.75 alınmıştır. Bursa su temini projesi, proje sahasının toplam su ihtiyaclarının aylık ve yıllık değişimleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Önemli diğer pik faktörler, maksimum günlük ortalama ihtiyaç/günlük ortalama ihtiyaç, maksimum saatlik ihtiyaç/ortalama saatlik ihtiyaç ve minimum saatlik ihtiyaç/ortalama saatlik ihtiyaç faktörleridir.

Günlük ortalama ihtiyaç, yıllık ihtiyacın 365 güne bölünmesi ile elde edilen debi değeridir. Maksimum günlük ortalama ihtiyaç ise bir yıl içerisinde en çok su ihtiyacı duyulan gün boyunca gelen ortalama debidir. Genelde, maksimum günlük ortalama ihtiyaç debisinin günlük ortalama debiye oranı 1.5 alınmaktadır. Bursa içmesuyu projesinde de bu katsayı 1.5 olarak alınmıştır [27].

Maksimum saatlik su ihtiyacı debisi ise bir yıl içinde en çok suya ihtiyaç duyulan saatte gelen debidir. Maksimum saatlik su ihtiyacı maksimum günlük ortalama ihtiyacın olduğu gün içinde oluşur. Ortalama saatlik ihtiyaç ise yıllık su ihtiyacının yılın saatlerine (8760 saat) bölünmesi ile elde edilen ortalama debidir ve ortalama günlük ihtiyacın oluştuğu gün içindedir. Bursa içmesuyu projesinde, maksimum saatlik ihtiyacın ortalama saatlik ihtiyaca oranı 2.5 olarak alınmıştır.

Minimum saatlik ihtiyaç ise yıl içinden az su kullanılan saatteki ihtiyaçtır. Minimum saatlik ihtiyacın ortalama saatlik ihtiyaca oranı Bursa içmesuyu projesinde 0.5 olarak alınmıştır.

Çizelge 4.3. Proje sahası su ihtiyacının aylık ve yıllık değişimi

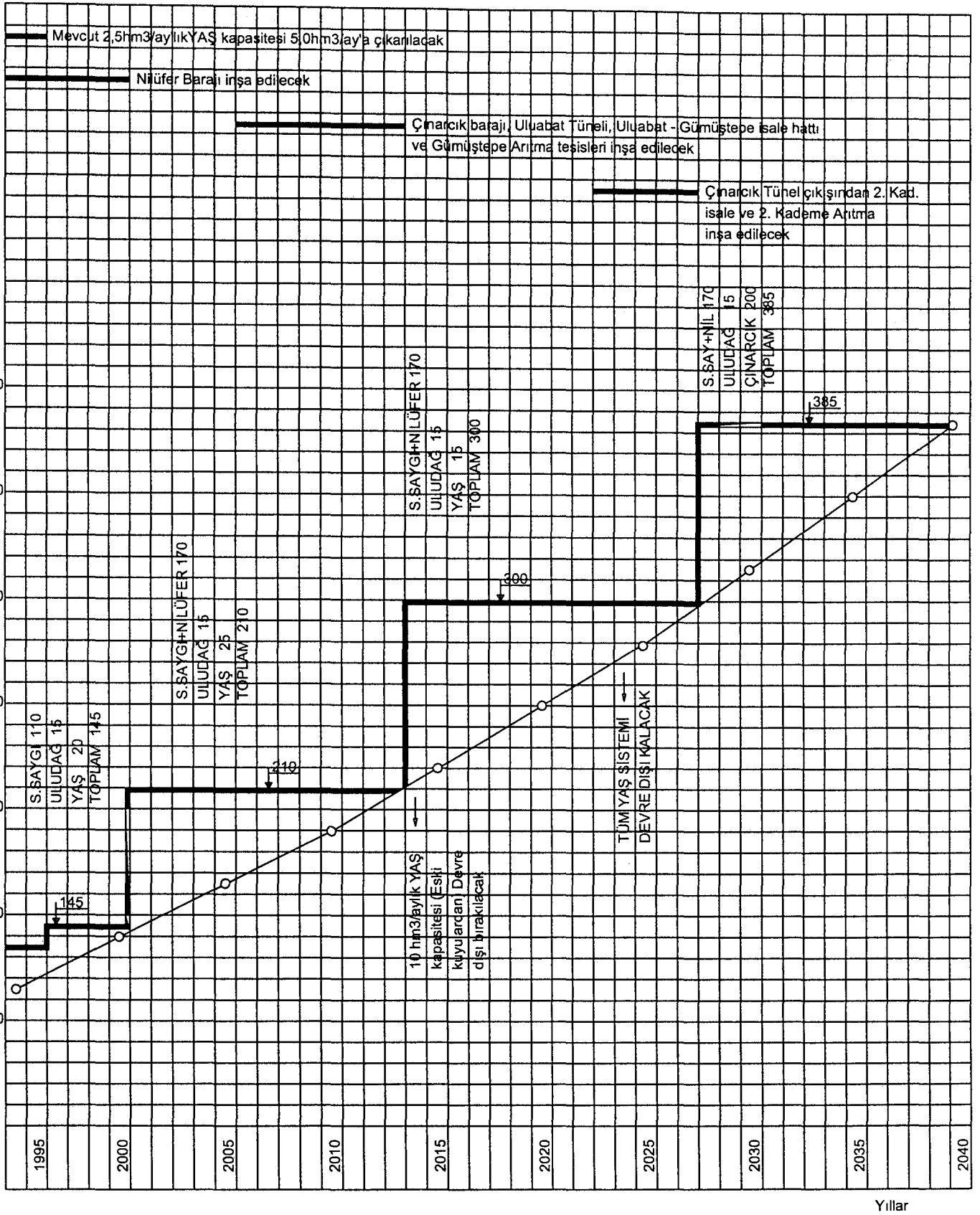
| Aylar          | Aylık ihtiyaç<br>Ortalama aylık ihtiyaç | 2010<br>(hm <sup>3</sup> ) | 2020<br>(hm <sup>3</sup> ) | 2030<br>(hm <sup>3</sup> ) | 2040<br>(hm <sup>3</sup> ) |
|----------------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Ocak           | 0,80                                    | 12,67                      | 16,67                      | 21,00                      | 25,66                      |
| Şubat          | 0,75                                    | 11,87                      | 15,62                      | 19,69                      | 24,06                      |
| Mart           | 0,95                                    | 15,04                      | 19,80                      | 24,94                      | 30,48                      |
| Nisan          | 1,05                                    | 16,62                      | 21,87                      | 27,56                      | 33,68                      |
| Mayıs          | 1,10                                    | 17,42                      | 22,92                      | 28,88                      | 35,30                      |
| Haziran        | 1,15                                    | 18,21                      | 23,95                      | 30,18                      | 36,90                      |
| Temmuz         | 1,20                                    | 19,00                      | 25,00                      | 31,50                      | 38,50                      |
| Ağustos        | 1,20                                    | 19,00                      | 25,00                      | 31,50                      | 38,50                      |
| Eylül          | 1,10                                    | 17,42                      | 22,92                      | 28,88                      | 35,30                      |
| Ekim           | 1,00                                    | 15,83                      | 20,83                      | 26,25                      | 32,08                      |
| Kasım          | 0,90                                    | 14,25                      | 18,75                      | 23,62                      | 28,88                      |
| Aralık         | 0,80                                    | 12,67                      | 16,67                      | 21,00                      | 25,66                      |
| Yıllık Toplam  | 12,00                                   | 190,00                     | 250,00                     | 315,00                     | 385,00                     |
| Aylık Ortalama | 1,00                                    | 15,83                      | 20,83                      | 26,25                      | 32,08                      |

### 4.3. Su İhtiyaçlarının Karşlanması

Bursa şehri su ihtiyaçlarının karşılanmış şekilleri için çeşitli alternatifler düşünülmüş ve bunlar dört ana başlıkta toplanmıştır. Bunlar mevcut Selahattin Saygı barajına ek olarak Nilüfer barajı, Gölbaşı barajı ve Çınarcık barajıdır.

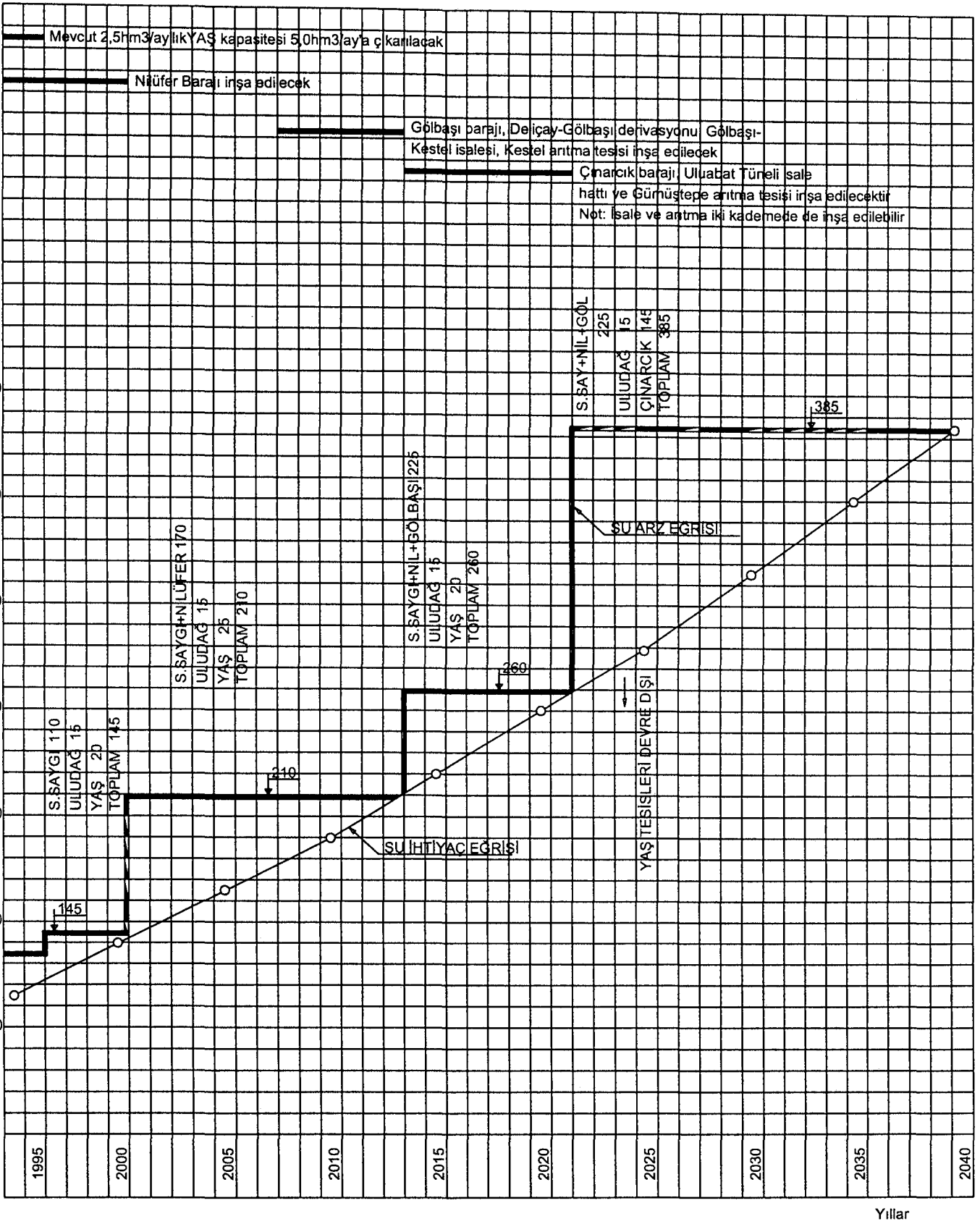
Bursa şehri su ihtiyaç eğrisine uygun olarak Bursa'nın 2040'lı yıllara kadar ki su ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla gerekli olan tesisler, 4 ana alternatif halinde düşünülmüştür. Bu alternatiflerin kısa tanımı ise şöyledir [27].

1. Alternatif: Önce Nilüfer barajı, sonra Çınarcık barajının inşa edilmesi ve Çınarcık barajından sağlanacak suyun 2 boru hattı ile 2 kademede getirilmesi düşünülmüştür. Bu alternatif Şekil 4.3.'de gösterilmektedir.



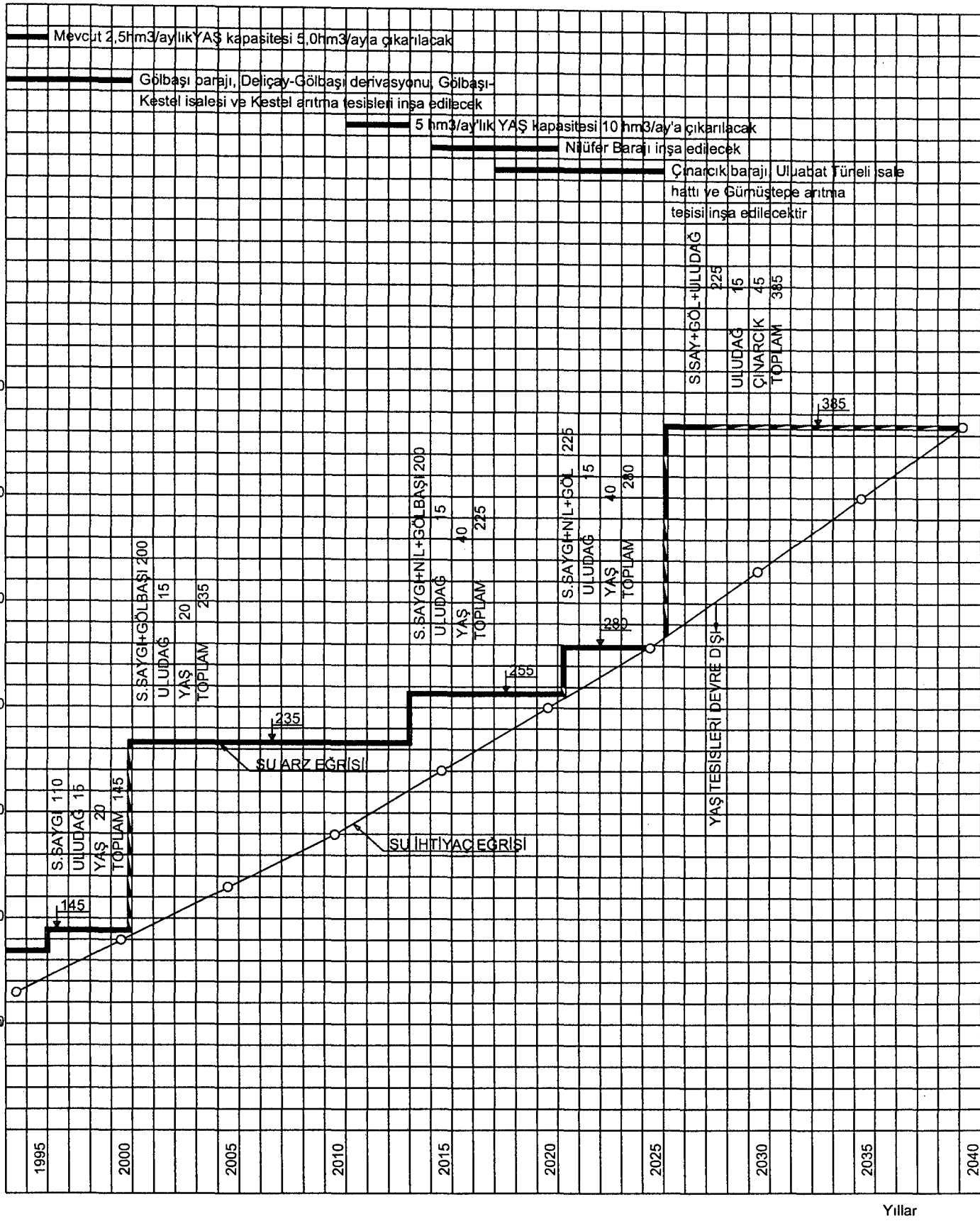
Şekil 4.3. Birinci alternatifte göre su ihtiyaçlarının karşılanması

2. Alternatif. Bu alternatifte önce Nilüfer barajı, sonra Gölbaşı barajı ve daha sonra da Çınarcık barajı düşünülmüştür. Bu alternatif, Şekil 4.4.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.4. İkinci alternatifte göre su ihtiyaçlarının karşılanması

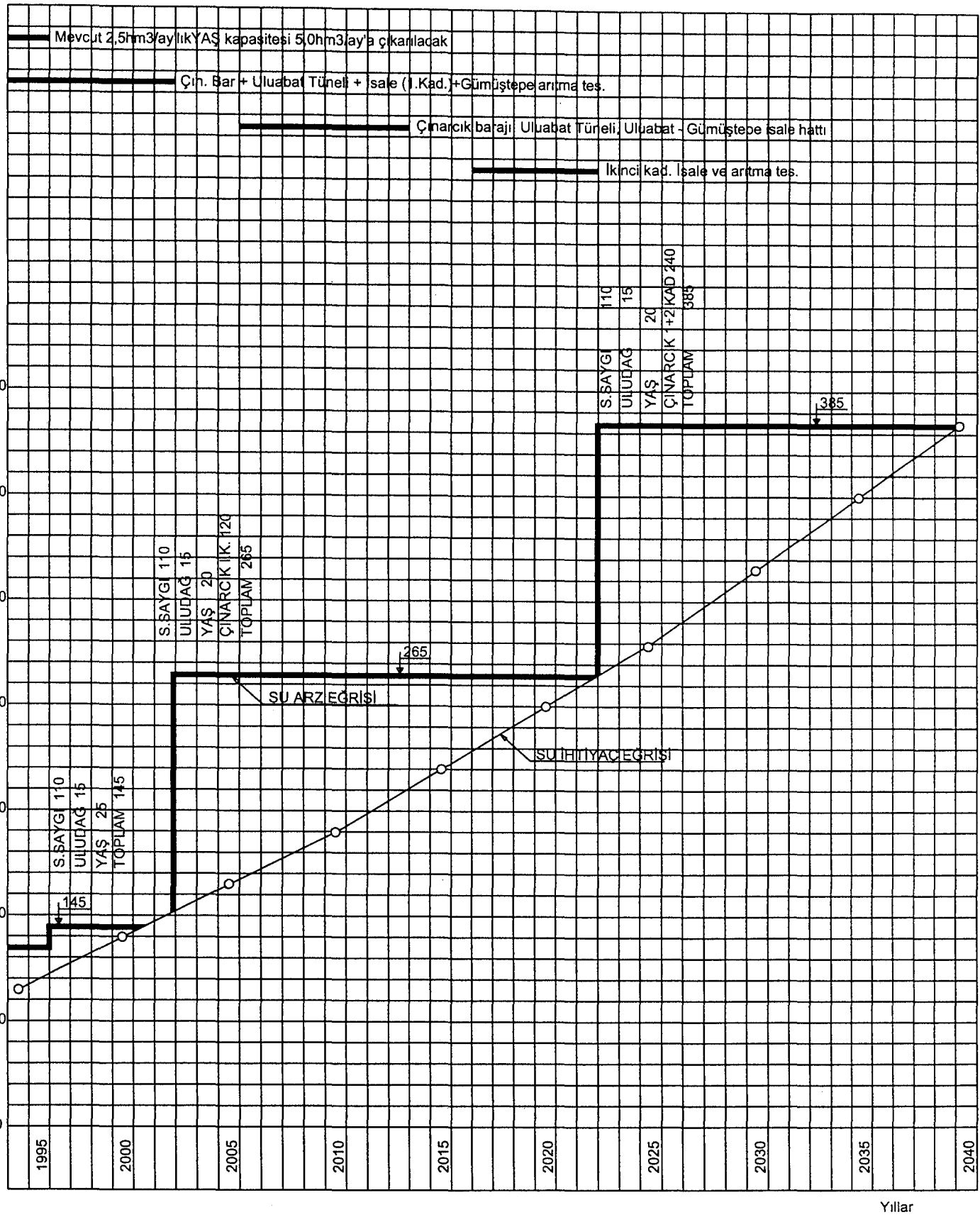
3. Alternatif: Bu alternatifte önce Gölbaşı barajı, sonra Nilüfer barajı ve daha sonra da Çınarcık barajının yapımı düşünülmüştür. Bu alternatif, Şekil 4.5.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Üçüncü alternatife göre su ihtiyaçlarının karşılanması



4. Alternatif: Bu alternatifte sadece ınarcık barajı düşünülmüştür. Bu alternatif, Şekil 4.6.'da gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Dördüncü alternatife göre su ihtiyaçlarının karşılanması

#### 4.3.1. Alternatiflerin karşılaştırılması

Herbir alternatif için gerekli tesislerin maliyetleri hesaplanmış işletme, bakım, yenileme ve enerji giderleri de dikkate alınarak en uygun olanı araştırılmıştır. Üçüncü ve dördüncü alternatifler, diğerlerine göre çok pahalı olması nedeniyle elenmiştir. Nilüfer çayı, hem su potansiyeli hem de su kalitesi bakımından Bursa'nın en önemli su kaynağıdır. Bu nedenle, Nilüfer çayı üzerindeki Nilüfer barajının en önce yapılması tercih edilmiştir. Nilüfer barajından sonra Gölbaşı veya Çınarcık barajlarından hangisinin yapılması gerektiği araştırılmıştır [27].

Çınarcık barajı, Orhaneli çayı üzerinde düşünülen çok amaçlı bir barajdır. Orhaneli çayının su kalitesi, içmesuyu kalitesinde değildir. Diğer taraftan, Bursa'ya içmesuyu getirmek için yaklaşık 11 km'lik tünel ve 25km'lik isale hattı gerekmektedir. Baraj ve isale hattının inşaatında zorluk olmamasına karşın, 11 km'lik tünel inşaatında problemlerle karşılaşılacağı tespit edilmiştir.

Gölbaşı barajı ise halen mevcut olan 1815 hektar araziye sulayan Gölbaşı bendinin yükseltilmesi ile oluşacaktır. Bursa su temini projesi kapsamında Gölbaşı barajının durumu yeniden ele alınmış, sulama ve içmesuyu amaçlı olarak yükseltilmesi uygun görülmüştür. Yükseltilecek olan Gölbaşı barajı, Deliçay'ın Dokuzgözler tersip bendi yerinden Gölbaşına yapılacak borulu bir iletim ile beslenecektir. Deliçay'ın su kalitesi çok iyidir.

Çınarcık baraj yerindeki su kalitesinin çok kötü oluşu, Çınarcık-Uluabat iletim tüneline çıkacak inşaat problemlerine karşı Gölbaşı barajı su kalitesinin çok iyi oluşu, ayrıca baraj yerinin kentin doğusunda yer alması sonucu su dağıtımında çıkacak kolaylıklardan dolayı Nilüfer barajından sonra Gölbaşı barajının yapılmasına daha sonra da Çınarcık barajının yapılması daha uygun görülmüştür.

Sonuç olarak; 1 nolu alternatif daha ucuz olmasına rağmen kabul edilen 2 no'lu alternatiftir. Buna göre mevcut Selahattin Saygı(Doğancı I) barajına ek olarak gelecekteki su ihtiyaçlarının karşılanması için sırasıyla Nilüfer barajı, Gölbaşı barajı ve Çınarcık barajının yapılması planlanmıştır.

Çizelge 4.4. Yıllara göre Bursa ili su ihtiyaçlarının karşılanması [27]

| Yıl  | İhtiyaç (hm <sup>3</sup> /yıl) | İhtiyaçların Karşlanması               | Miktar (hm <sup>3</sup> /yıl) |
|------|--------------------------------|--|-------------------------------|
| 2001 | 145                            | Selahattin Saygı Barajı                | 110                           |
|      |                                | Uludağ Kaynakları                      | 15                            |
|      |                                | Yeraltısuyu                            | 20                            |
|      |                                | <b>TOPLAM</b>                          | <b>145</b>                    |
| 2014 | 210                            | S. Saygı + Nilüfer Barajları           | 170                           |
|      |                                | Uludağ Kaynakları                      | 15                            |
|      |                                | Yeraltısuyu                            | 25                            |
|      |                                | <b>TOPLAM</b>                          | <b>210</b>                    |
| 2022 | 260                            | S. Saygı + Nilüfer + Gölbaşı Barajları | 225                           |
|      |                                | Uludağ Kaynakları                      | 15                            |
|      |                                | Yeraltısuyu                            | 20                            |
|      |                                | <b>TOPLAM</b>                          | <b>260</b>                    |
| 2040 | 385                            | S. Saygı + Nilüfer + Gölbaşı Barajları | 225                           |
|      |                                | Uludağ Kaynakları                      | 15                            |
|      |                                | Çınarcık Barajı                        | 145                           |
|      |                                | <b>TOPLAM</b>                          | <b>385</b>                    |

2002 yılında tamamlanması gereken Nilüfer barajının inşasındaki gecikme nedeniyle, kentin su ihtiyacı mevcut kaynak olan pınarlar, yeraltısuyu ve Selahattin Saygı barajından karşılanacaktır. Nilüfer barajının tamamlanmasıyla Nilüfer havzasından yıllık toplam 170 hm<sup>3</sup> su ihtiyaçlarının karşılanması için kullanılabilir. Sonraki yıllarda Gölbaşı barajı, Kestel arıtma tesisleri ve Çınarcık barajından kente su verilmesi planlanmıştır. Rakamsal olarak 2020 yılına kadar olan sürede Selahattin Saygı barajı, Nilüfer barajı ve Gölbaşı barajı projeleriyle toplam 225 hm<sup>3</sup>/yıl, pınarlardan 15 hm<sup>3</sup>/yıl, yeraltısuyundan da 20 hm<sup>3</sup>/yıl su alınması planlanmıştır [27].

#### 4.4. Su İhtiyaçlarının Karşılanacağı Tesisler

Bursa'nın 2040'lı yıllara kadar olan su ihtiyaçlarını karşılamak üzere kullanılacak tesisler; yeraltısuyu tesisleri, Selahattin Saygı barajı, Nilüfer barajı, Gölbaşı barajı ve Çınarcık barajıdır.

##### 4.4.1. Yeraltısuyu tesisleri

Yeraltı suyu tesislerinin 2020'li yıllara kadar kullanılması öngörülmektedir. Bu tarihten sonra Çınarcık barajının devreye alınması ile yeraltı suyu tesislerinin devreden çıkarılması planlanmaktadır.

Mevcut su dağıtım sisteminde, şehrin batısında yer alan su tesislerinden şehrin doğusuna su iletiminde işletme zorlukları ile karşılaşılmaktadır. Bu

bakımdan, şehrin doğu tarafının su bakımından beslenmesini kolaylaştıracak yeraltısuyu sistemi işletmeye büyük fayda sağlayacaktır [29].

Bursa'da halen mevcut olan yeraltısuyu kuyuları ile ayda 2,5 hm<sup>3</sup>'lük su çekilebilmektedir. Bu kapasitenin, ayda 5 hm<sup>3</sup>'e çıkarılabilmesi için kuyu verimi ortalama 40 l/s olan 32 adet derin kuyu açılması gerekmektedir. 32 adet kuyu ile 1280 l/s su çekilebilecektir.

Açılacak olan kuyuların 7 adedinin Hacıilyas Grubu adı altında şehrin doğusundaki Arabayatağı mevkiinin kuzey doğusunda açılması, 15 adedinin Vakıfköy grubu adı altında, şehrin doğusunda Vakıfköy ile Deliçay arasında, kalan 10 adedinin de Samanlı grubu adı altında şehrin batısında Samanlı köyünde açılması planlanmıştır. Bu kuyulardan Hacıilyas grubunu oluşturan kuyuların açılması ve kuyulardan çekilecek suyun sisteme verilmesi ile ilgili proje çalışmaları ve uygulaması, Bursa Su ve Kanalizasyon Genel Müdürlüğü (BUSKİ) tarafından, Vakıfköy grubu ile Samanlı grubu kuyularının açılması ve kuyulardan çekilecek suyun sisteme verilmesi ile ilgili proje çalışmaları ve uygulaması Devlet Su İşleri 1. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılacaktır.

#### **4.4.2. Selahattin Saygı (Doğancı I) barajının özellikleri**

Selahattin Saygı(Doğancı I) barajı, Bursa il merkezinin 20 km güneybatısında Nilüfer çayı üzerinde bulunmaktadır. İnşasına 1974 yılında başlanılan kaya dolgu tipindeki baraj, 1983 yılında tamamlanarak işletmeye açılmıştır. Barajın amacı; şehrin içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyacının karşılanmasıdır [27].

Halen Bursa şehrinin içme, kullanma ve endüstri su ihtiyacının ortalama %85'ini bu baraj karşılamaktadır. Geriye kalan kısmın %10'unu, Bursa ovası yeraltısuyu, %5'lik bir kısmını da Uludağ pınarları karşılamaktadır. Doğancı barajından alınarak Dobruca su arıtma tesisinde arıtılıp şehre gönderilen su miktarı, 1999 yılında 89 milyon m<sup>3</sup>, 2000 yılında 82.7 milyon m<sup>3</sup>'tür. Bu baraj, BUSKİ Genel Müdürlüğüne devredilmiştir.Selahattin Saygı(Doğancı I) barajının bazı özellikleri şöyle sıralanabilir:

|                    |   |
|--------------------|---|
| Yağış alanı        | : 450 km <sup>2</sup>                     |
| Yıllık ortalama su | : 225,07 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |
| Minimum su kotu    | : 312 m                                   |

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| Dolu savak kret kotu              | : 322 m                                 |
| Maksimum su kotu                  | : 333 m                                 |
| Baraj gövde dolgu hacmi           | : 2510 x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
| Aktif hacim                       | : 24,8 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |
| Baraj yüksekliği (talvegden)      | : 64 m                                  |
| Baraj yüksekliği (temelden)       | : 82 m                                  |
| Normal su seviyesindeki göl hacmi | : 37,8 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |
| Yıllık çekilebilen su             | : 95 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>   |
| Regülasyon oranı                  | : %51,98                                |

#### 4.4.3. Nilüfer (Doğancı II) barajının özellikleri

Nilüfer(Doğancı II) barajı, Nilüfer çayı üzerinde mevcut Selahattin Saygı(Doğancı I) barajının menbasında inşa edilmekte olan kaya dolgu tipinde bir barajdır. 2005 yılında hizmete girmesi planlanan barajın amacı şehrin içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyacının karşılamasıdır. Nilüfer(Doğancı II) barajı ile artırılmış olan su temini için ayrıca bir arıtma tesisine ihtiyaç yoktur. Mevcut Dobruca arıtma tesislerinin kapasitesi yeterli olmaktadır. Nilüfer(Doğancı II) barajının bazı özellikleri şöyle sıralanabilir [27].

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| Yağış alanı                       | : 193,3 km <sup>2</sup>                 |
| Yıllık ortalama su                | : 93,3 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |
| Minimum su kotu                   | : 720 m                                 |
| Dolu savak kret kotu              | : 752 m                                 |
| Maksimum su kotu                  | : 760,5 m                               |
| Baraj gövde dolgu hacmi           | : 3485 x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
| Aktif hacim                       | : 35,1 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |
| Baraj yüksekliği (talvegden)      | : 72,5 m                                |
| Baraj yüksekliği (temelden)       | : 82,5 m                                |
| Normal su seviyesindeki göl hacmi | : 39,5 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |
| Yıllık çekilmesi planlanan su     | : 50 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>   |
| Regülasyon oranı                  | : %53,6                                 |

#### 4.4.4. Gölbaşı barajının özellikleri

Gölbaşı barajı, Bursa ilinin doğusunda bulunan gölbaşı bendinin geliştirilmesi ile oluşturulacak bir barajdır.Uygulama programında 2008-2013

yılları arasında inşa edilmesi düşünölen baraj, toprak dolgu tipindedir. Amacı sulama ile birlikte şehrin içme, kullanma ve endüstri suyunun teminidir.

$25 \times 10^6$  m<sup>3</sup>'lük sulama suyu ile Bursa ovasında 7300 hektar arazi sulanmış olacaktır.  $57 \times 10^6$  m<sup>3</sup>'lük su ise Kestel arıtma tesislerinde arıtılarak kente içme suyu olarak verilecektir. Gölbaşı barajının bazı özellikleri şöyle sıralanabilir [27].

|                                   |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Yağış alanı                       | : 169,3 km <sup>2</sup>             |
| Yıllık ortalama su                | : $98,6 \times 10^6$ m <sup>3</sup> |
| Minimum su kotu                   | : 125 m                             |
| Dolu savak kret kotu              | : 138,5 m                           |
| Maksimum su kotu                  | : 146 m                             |
| Baraj gövde dolgu hacmi           | : $2440 \times 10^3$ m <sup>3</sup> |
| Aktif hacim                       | : $46 \times 10^6$ m <sup>3</sup>   |
| Baraj yüksekliği (talvegden)      | : 27,5 m                            |
| Baraj yüksekliği (temelden)       | : 34,5 m                            |
| Normal su seviyesindeki göl hacmi | : $52 \times 10^6$ m <sup>3</sup>   |
| Yıllık çekilebilen su             | : $82 \times 10^6$ m <sup>3</sup>   |
| Regölasyon oranı                  | : %83,3                             |

#### 4.4.5. Çınarcık barajının özellikleri

Çınarcık barajı, Orhaneli çayı üzerinde, Bursa'ya 55 km mesafede kaya dolgu tipinde bir baraj olarak planlanmıştır. 2013-2021 yılları arasında inşa edilmesi öngörölen barajın amacı başta enerji üretimi olmak üzere sulama, içme, kullanma ve taşkın korumadır.

Bu barajdan yılda  $145 \times 10^6$  m<sup>3</sup> içme suyu sağlanacağı gibi, Çınarcık(Uluabat) hidroelektrik santralında da yaklaşık 400 milyon kwh elektrik enerjisi üretilecektir. Çınarcık barajının bazı özellikleri şöyle sıralanabilir [27].

|                         |                                       |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Yağış alanı             | : 4437,60 km <sup>2</sup>             |
| Yıllık ortalama su      | : $743,40 \times 10^6$ m <sup>3</sup> |
| Minimum su kotu         | : 305 m                               |
| Dolu savak kret kotu    | : 316 m                               |
| Maksimum su kotu        | : 330 m                               |
| Baraj gövde dolgu hacmi | : $5140 \times 10^3$ m <sup>3</sup>   |

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Aktif hacim                       | : 187 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |
| Baraj yüksekliği (talvegden)      | : 123 m                                |
| Baraj yüksekliği (temelden)       | : 133 m                                |
| Normal su seviyesindeki göl hacmi | : 373 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |
| Yıllık çekilebilen su             | : 145 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |

#### 4.5. Ekonomik Analiz

##### 4.5.1. Tesis maliyetleri ve yıllık giderler

Bursa şehrinin 2040 yılına kadar olan su ihtiyacını karşılamak için yapılan projelerden, yeraltısuyu tesisleri ile Nilüfer(Doğancı II) barajı sadece içmesuyu amaçlı, Gölbaşı barajı içmesuyu ve sulama amaçlı, Çınarcık barajı ise içmesuyu, sulama ve enerji amaçlı barajlardır.

Proje maliyetleri, hazırlanan projeler üzerinden çıkarılan metrajlar ile genelde 2002 D.S.İ. birim fiyatları, D.S.İ. birim fiyat listelerinde olmayan iş kalemleri için imalatçı firmalardan sorularak veya uygulamadaki ihale dosyalarından çıkarılarak elde edilen özel birim fiyatlar kullanılarak hazırlanmıştır. Bulunan ilk keşif bedeline %15 bilinmeyen giderler eklenerek tesis maliyetleri; tesis maliyetlerine %15 etüd, proje ve kontrollük hizmetleri ile kamulaştırma bedelleri eklenerek proje maliyetleri; proje maliyetlerine de inşaat süresi tahmini faizleri eklenerek yatırım maliyetleri bulunmuştur. 2002 yılı ortası, 1 Amerikan Doları 1.650.000 Türk Lirası olarak alınmıştır. Su ihtiyacının karşılanması için gerekli olan tesislerin maliyetleri Çizelge 4.5'te gösterilmektedir[27].

Çizelge 4.5. Su İhtiyaçlarının karşılanacağı tesislerin maliyeti [27]

| Tesisin adı                             | Yatırım Yılı | Maliyet türü   | Genel toplam (10 <sup>12</sup> TL) | (10 <sup>6</sup> Dolar) |
|---|--------------|----------------|------------------------------------|-------------------------|
| Y.A.S. Tesisleri                        | 2003-2005    | Tesis bedeli   | 3,68                               | 2,23                    |
|   |              | Proje bedeli   | 4,30                               | 2,61                    |
|   |              | Yatırım bedeli | 4,69                               | 2,84                    |
| Nilüfer (DoğancıII) Barajı ve Tesisleri | 2000-2005    | Tesis bedeli   | 28,04                              | 16,99                   |
|   |              | Proje bedeli   | 36,43                              | 22,08                   |
|   |              | Yatırım bedeli | 45,22                              | 27,41                   |
| Gölbaşı Barajı ve Tesisleri             | 2008-2013    | Tesis bedeli   | 92,63                              | 56,14                   |
|   |              | Proje bedeli   | 118,94                             | 72,08                   |
|   |              | Yatırım bedeli | 143,68                             | 87,08                   |
| Çınarcık Barajı ve Tesisleri            | 2013-2021    | Tesis bedeli   | 233,58                             | 141,56                  |
|   |              | Proje bedeli   | 272,84                             | 165,36                  |
|   |              | Yatırım bedeli | 357,85                             | 216,88                  |
| Proje Toplamı                           |              | Tesis bedeli   | 357,93                             | 216,93                  |
|   |              | Proje bedeli   | 432,51                             | 262,13                  |
|   |              | Yatırım bedeli | 551,45                             | 334,21                  |



Yıllık giderleri oluşturan kalemler; amortisman giderleri, işletme ve bakım giderleri, enerji giderleri ile yenileme giderlerinden oluşmaktadır. Amortisman giderleri, her tesisin amacına uygun olarak % 8 sosyal iskonto oranı eklenerek hesaplanmıştır. İşletme ve bakım giderleri tesisin kendi bedeli ile işletme ve bakım faktörleri çarpılarak ve personel giderleri de eklenerek bulunmuştur. Enerji giderleri, önerilen arıtma tesisleri, pompa istasyonları ile yeraltısuyu ve motopomp tesislerinde tüketilen enerjinin yıllık gideridir. Yenileme giderleri ise her tesisin yenilenme süresi ile yenileme oranına göre tespit edilen yenileme faktörünün tesis bedelleri ile çarpılması sonucunda elde edilmiştir. Burada yenileme süresi 3 yıl, yenileme oranı % 10 olarak alınmıştır. Yıllık giderler Çizelge 4.6'da gösterilmektedir

Çizelge 4.6. Yıllık Giderler [27]

| Tesis Adı ve Gider Cinsi            | Genel Giderler (10 <sup>9</sup> TL) | (10 <sup>3</sup> Dolar) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| <b>Y.A.S. Giderleri</b>             |                                     |                         |
| Amortisman giderleri                | 450,80                              | 273,2                   |
| İşletme ve bakım gideri             | 72,57                               | 44,0                    |
| Enerji gideri                       | 926,88                              | 561,7                   |
| Yenileme gideri                     | 7,70                                | 4,67                    |
| <b>Yıllık Gider Toplamı</b>         | <b>1457,95</b>                      | <b>883,6</b>            |
| <b>Niltüfer Barajı ve Tesisleri</b> |                                     |                         |
| Amortisman giderleri                | 3696,52                             | 2240,3                  |
| İşletme ve bakım gideri             | 219,90                              | 133,2                   |
| Yenileme gideri                     | 2,19                                | 1,33                    |
| <b>Yıllık Gider Toplamı</b>         | <b>3918,61</b>                      | <b>2374,9</b>           |
| <b>Gölbashi Barajı ve Tesisleri</b> |                                     |                         |
| Amortisman giderleri                | 11538,15                            | 6992,8                  |
| İşletme ve bakım gideri             | 2272,67                             | 1377,4                  |
| Enerji gideri                       | 1620,66                             | 982,2                   |
| Yenileme gideri                     | 281,47                              | 170,6                   |
| <b>Yıllık Gider Toplamı</b>         | <b>15712,95</b>                     | <b>9523,0</b>           |
| <b>Çınarcık Barajı ve Tesisleri</b> |                                     |                         |
| Amortisman giderleri                | 30749,72                            | 18636,2                 |
| İşletme ve bakım gideri             | 3499,71                             | 2121,0                  |
| Enerji gideri                       | 220,99                              | 133,9                   |
| Yenileme gideri                     | 417,81                              | 253,2                   |
| <b>Yıllık Gider Toplamı</b>         | <b>34888,23</b>                     | <b>21144,3</b>          |
| <b>Proje Toplamı</b>                |                                     |                         |
| Amortisman giderleri                | 46435,19                            | 28142,5                 |
| İşletme ve bakım gideri             | 6064,85                             | 3675,7                  |
| Enerji gideri                       | 2768,53                             | 1677,9                  |
| Yenileme gideri                     | 709,18                              | 429,8                   |
| <b>PROJE YILLIK GİDER TOPLAMI</b>   | <b>55977,74</b>                     | <b>33925,9</b>          |

#### 4.5.2. Gelir gider oranı

İçmesuyu gelirlerini saptamak amacıyla Bursa su ve Kanalizasyon İşleri Genel Müdürlüğü'nün 2002 yılında uyguladığı su tarifesi alınmıştır. Buna göre; suyun m<sup>3</sup> fiyatı 364044 TL (0,22 \$) alınmıştır. 2001-2013 döneminde yeraltı suyu ile birlikte Nilüfer barajı da devreye girmiş olacaktır. Böylece, net su artışı yılda, 60 hm<sup>3</sup>, yıllık gelir 21,8.10<sup>12</sup> TL (13,21.10<sup>6</sup> \$), yıllık gider ise 5,4.10<sup>12</sup> TL (3,27.10<sup>6</sup> \$) olmaktadır. Gelir – Gider oranı 4,06 olmaktadır.

2014-2021 yılları arası Gölbaşı barajı ve tesisleri devreye girmiş olacaktır. Net su artışı yılda, 100 hm<sup>3</sup>, sistemin yıllık geliri 36,4.10<sup>12</sup> TL (22,06.10<sup>6</sup> \$), yıllık gider ise 20,5.10<sup>12</sup> TL (12,42.10<sup>6</sup> \$)'dir. Gelir – Gider oranı ise 1,78 olmaktadır.

2022-2040 döneminde Çınarcık barajı devreye girmiş olacaktır. Net su artışı yılda, 200 hm<sup>3</sup>, sistemin toplam yıllık geliri 72,8.10<sup>12</sup> TL (44,12.10<sup>6</sup> \$), yıllık gider ise 41,0.10<sup>12</sup> TL (24,85.10<sup>6</sup> \$) olacaktır. Gelir – Gider oranı 1,78 olmaktadır. Bursa şehrinin 2040 yılına kadar olan su ihtiyacının karşılanması için yapılacak tesislerden elde edilecek gelir ve giderler çizelge 4.7'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.7. Dönemlere göre gelir ve giderler

| Dönem     | Net Su Artışı (hm <sup>3</sup> /yıl) | Fiyat                |       | Toplam Gelir          |                         | Toplam Gider          |                         |
|-----------|--------------------------------------|----------------------|-------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
|           |                                      | (TL/m <sup>3</sup> ) | Dolar | (10 <sup>12</sup> TL) | (10 <sup>6</sup> Dolar) | (10 <sup>12</sup> TL) | (10 <sup>6</sup> Dolar) |
| 2001-2013 | 60                                   | 364044               | 0,22  | 21,8                  | 13,21                   | 5,4                   | 3,27                    |
| 2014-2021 | 100                                  | 364044               | 0,22  | 36,4                  | 22,06                   | 20,5                  | 12,42                   |
| 2022-2040 | 200                                  | 364044               | 0,22  | 72,8                  | 44,12                   | 41,0                  | 24,85                   |

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Barajlar, düzensiz olan akarsu rejimlerini düzenlemek ve gelen suları, ihtiyacımızın olduğu zamanlarda kullanmak üzere inşa edilen pahalı yatırımlardır. Bu yüzden, barajların ihtiyacımız olan suları ekonomik ömürleri boyunca tam olarak sağlamaları arzu edilir. Bu da ancak detaylı bir ön çalışma süreciyle sağlanabilir.

Ön çalışma sürecinde su ihtiyaçlarının belirlenmesi, baraj yeri incelemeleri, akarsuya ait gözlemlerin değerlendirilmesi, yağışlar, buharlaşma ve sızmanın tayini araştırılır. Barajdan optimum faydayı sağlamak için bu çalışmaların bir bütün halinde düşünülüp eksiksiz olarak yapılması gerekir. Örneğin; sadece buharlaşmanın yada sızmanın doğru tespit edilememesi ileride büyük ve maliyetli sorunların ortaya çıkmasına sebep olabilir.

Üzerinde baraj yapılacak akarsuyun akış rasatlarının doğru ve uzun süreli olması gerekir. Uzun süreli gözlem değerlerinin olmadığı durumlarda benzer karakterli diğer havzaların akış rasatlarından yararlanılır veya stokastik hidroloji yöntemleri kullanılarak akış serileri uzatılır. Burada havzaya düşen net yağışında büyük bir önemi vardır.

Bu çalışmada, aktif hazne hacminin bulunmasında, su ihtiyaçlarının belirlenmesi ve Bursa barajlarındaki uygulaması incelenmiştir. Bu amaçla Bursa ili Merkez Nilüfer ilçesi sınırları içinde, Değirmendere çayı üzerinde bulunan Kayapa göletinin aktif hazne hacmi, çeşitli düzenleme (regülasyon) oranlarına göre incelenmiştir.

İçme, kullanma ve endüstri su ihtiyaçları belirlenirken gelecekteki nüfus, bu nüfus başına gereken su miktarı ve endüstrinin gelecekteki muhtemel ihtiyaçları araştırılmıştır.

Sulama suyu ihtiyaçlarının tayininde barajın hizmet vereceği bölgede ekonomik olarak sulanabilecek arazi büyüklüğünün tespiti, bitki su ihtiyaçlarına etki eden faktörler incelenmiştir. Bitkinin ihtiyacı olan net su miktarının nasıl bulunacağı araştırılmıştır.

Hidroelektrik enerji üretimi su ihtiyaçlarında sadece hazne hacmi değil aynı zamanda haznenin su seviyesi de işin içine girdiğinden birim enerji üretebilmek için gerekli su miktarı ve su yüksekliği birlikte ele alınmıştır.

Baraj gölünden buharlaşma ve sızma kayıplarının çok büyük değerlere erişebilmektedir. Bu yüzden buharlaşma ve sızma kayıpları da bir ihtiyaç gibi düşünülüp iyi etüt edilmesi gerekir.

Bu çalışmada ayrıca, çok amaçlı barajlar konusuna da değinilmiş ve birden fazla su ihtiyacını karşılayan, mesela; hem sulama hem de enerji üretimi yapan barajlarda işletme prensipleri açıklanmıştır.

Ülkemizde içme, kullanma ve endüstri suyu, sulama suyu ve hidroelektrik enerji suyu ihtiyaçlarının belirlenmesi ile bu ihtiyaçların karşılanması için Devlet Su İşleri tarafından yapılan çalışmalar anlatılmıştır.

Bursa, tarım endüstri ve turizm potansiyeli çok yüksek olan ve sürekli gelişen bir şehirdir. En önemli su kaynağı Nilüfer çayıdır. Şehrin su ihtiyaçlarının karşılanmasında bu çay, hayati bir öneme sahiptir. Bu nedenle; kirliliğe karşı mutlak suretle korunması gerekmektedir.

Bursa şehrinin içme, kullanma ve endüstri suyu bugün için Nilüfer çayı üzerinde kurulu Selahattin Saygı(Doğancı I) barajı, Uludağ pınarları ve yer altı suyundan karşılanmaktadır. Gelecekte artan ihtiyacın karşılanması Nilüfer(Doğancı II) barajı ile temin edilecektir. Bu baraj, 2005 yılında devreye girecektir.

Sulama suyu ihtiyaçları ise halen Hasanağa ve Gölbaşı göletleri ile göl kenarlarına ve yer altı düzeyinin yeterli olduğu yerlere tesis edilmiş bulunan derin kuyu pompalarıyla sağlanmaktadır. Gelecekte amaçları arasında sulamada bulunan Gölbaşı barajının yapımı düşünülmektedir.

Hem tarım arazilerinin hem de yeraltısuyunun korunması için kentleşmenin Bursa ovasına yayılması önlenmelidir. Bunun için Devlet Su İşleri 1. Bölge müdürlüğü tarafından kentleşmenin yeraltısuyu yönünden önemli olmayan Çayırköy yönüne kaydırılması önerilmektedir.

Şehrin 2040'lı yıllardaki Hidroelektrik enerjisi, sulama ve içmesuyu ihtiyaçları için çok amaçlı Çınarcık barajı düşünülmektedir. Bu baraj ile yılda, yaklaşık 400 milyon kwh elektrik enerjisi üretilecektir.

## 6. KAYNAKLAR

1. BAYAZIT, M., AVCI, İ. ve ŞEN, Z., *Hidroloji Uygulamaları*. İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yayınları, İstanbul, (1982.)
2. LOUCKS, D.P., STEDINGER, J.R. and HAITH, D.A., *Water Resources Systems Planning and Analysis*, Cornelli University, New-Jersey, (1981.)
3. ADAK, F. ve ÖZTEK, S., *Depolama Tesislerinde Kapasite Tayini ve İşletme Çalışmaları*, Ankara, (1977.)
4. OKMAN, C., *Hidroloji Ders Notları*, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No:87, Ankara, (1986.)
5. BİLGİN, M., *Baraj Hazne Hacminin Bulunması Lisans Ders Notları*, E.D.M.M.A. Yayınları, No:25, Eskişehir, (1979.)
6. ERDOĞAN, F., *İşletme Hidrolojisi Faaliyetleri El Kitabı*, D.S.İ. Yayınları, Ankara, (1987.)
7. GÜNGÖR, Y. ve YILDIRIM, O., *Sulama Sistemleri*, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No:1022, Ankara, (1987.)
8. D.S.İ. *Hidroloji Semineri*, Ankara, (1967.)
9. ÖZER, Z., *Su Yapılarının Projelendirilmesinde Hidrolojik ve Hidrolik Esaslar*, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, (1990.)
10. BALABAN, A., *Su Kaynaklarının Planlanması*, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No:972, Ankara,(1986.)
11. Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı: 391, Ankara, (1997.)
12. World Atlas, *The International Journal on Hydropower and Dams*, , (1997.)
13. SAMSUNLU, A., *Su Temini – İçme Sularının Arıtılması Esasları Ders Notları*, Ege Üniversitesi Yayınları, No: 12, İzmir, (1979.)
14. *Bursa Şehri İçme Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Projesi Master Plan ve Fizibilite Raporu*, O.D.T.Ü., Ankara, (1976.)
15. ERDEMGİL, N., *Su Getirme*, Birsen Yayınevi, İstanbul, (1995.)
16. KIZILKAYA, T. ve YEGÜL, Ü., *Su Yapıları*, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, (1978.)
17. İRTEM, E., Balıkesir Üniversitesi. *Su Yapıları Lisans Ders Notları*, Balıkesir, (2000.)

18. *İçmesuyu Projesine Ait Şehir ve Kasaba Projelerinin Hazırlanmasına Ait Yönetmelik*, Ankara, (1992.)
19. SAMSUNLU, A., *Su Getirme ve Kanalizasyon Proje Örneği*, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir, (1977.)
20. ERKEK, C. ve AĞIRALIOĞLU, N., *Su Kaynakları*, Beta Yayınları, Ankara, (1998.)
21. MUSLU, Y., *Hidroloji ve Meskün Bölge Drenajı*, İ.T.Ü., Yayınları, İstanbul, (1993.)
22. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı. 393, Ankara, (1998.)
23. HELVEG, O.J., *Water Resources Planning and Menagement*, Texas University, Texas, (1985.)
24. LINSLEY, R.K. and FRANZINI, J.B., *Water Resources Engineering*, Mc Graw Hill, (1972.)
25. AKÜZÜM, T. ve ÖZTÜRK, F., *Topraksu Yapıları*, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 1105, Ankara, (1987.)
26. TURAN, U., Osmangazi Üniversitesi. *Su Yapıları Lisans Ders Notları*, Eskişehir, (2000.)
27. *Bursa Barajları*, D.S.İ. 1. Bölge Müdürlüğü Yayınları, Bursa, (1994.)
28. *İ.M.O. Bülten Dergisi*, Sayı: 26, Bursa, (2001.)
29. *Bursa ve Çayırköy Ovaları Hidrojeolojik Etüd Raporu*, D.S.İ. 1. Bölge Müdürlüğü Yayınları, Bursa, (1990.)

## 7. EK-1

### 7.1. Çeşitli Düzenleme Oranlarına Göre Hazne Hacmi Bulunması

Bu bölümde Bursa ili Merkez Nilüfer ilçesi sınırları içinde Değirmendere çayı üzerinde bulunan Kayapa göletinin çeşitli düzenleme (regülasyon) oranlarına göre aktif hazne hacminin değişimi incelenecektir.

Amacı Bursa şehrinin en önemli toprak kaynaklarından Çayırköy ovasının bir kısmının sulu tarıma kavuşturulması olan Kayapa göleti 1483 hektar araziye sulayacaktır. Kayapa göletini besleyen Değirmendere çayının 1985-1990 yılları içinde getirdiği ortalama yıllık su miktarı  $Q_T = 10,41 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'tür. Değirmendere çayının aylık olarak getirdiği su miktarları Çizelge 7.1'de gösterilmektedir.

Yıllık ortalama su ihtiyacı toplam miktarı, k sabiti düzenleme oranını göstermek üzere  $Q_{IT} = k \times Q_T$  olarak düşünülebilir. Buradan;  $k = Q_{IT} / Q_T$  değeri düzenleme oranı olarak belirlenir.

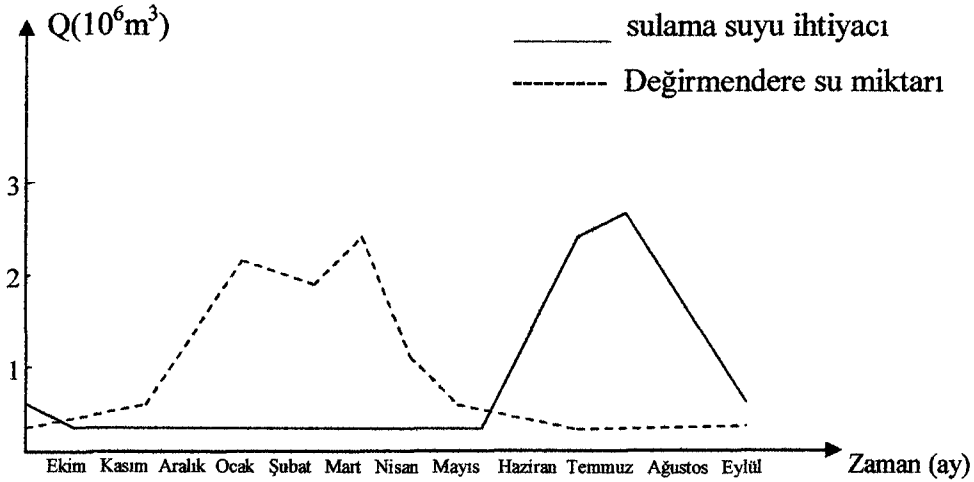
Değirmendere çayının getirdiği ortalama suyun zaman içindeki dağılımı ve gereksinim duyulan sulama suyunun zaman içindeki dağılımı şekil 7.1'de verilmiştir.

Kayapa gölet yerinde akarsuyun getirdiği aylık su miktarları kullanılarak ve ihtiyaçlarımızın  $k=0,95$  düzenleme oranı ile yıllık toplam miktarı  $0,95 \times 10,41 \times 10^6 = 9,89 \times 10^6 \text{ m}^3$  varsayarak incelenecektir. Yani, akarsuyun getirdiği ortalama yıllık suyun % 95'i ihtiyaçların giderilmesi için kullanılacaktır. Su ihtiyaçları olarak; baraj ve gölünden sızmalar, baraj mansabında oturanların su hakkı, baraj gölünden buharlaşma ve çok büyük bir toprak kaynağının su ihtiyaçları olarak düşünülecektir.

Proje sahasında en fazla yetiştirilen ürünlerin su ihtiyaçları bulunurken aylık bitki su ihtiyacından (u) efektif yağışları ifade eden (r) değeri çıkarılarak milimetre cinsinden ifade edilecektir. Çayırköy ovasında yetiştirilen ürünlerin su ihtiyacını en iyi yansıtan ürünler, biber ve patlıcandır. Biber ve patlıcanın su ihtiyaçları Çizelge 7.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 7.1. Kayapa gölet yerinde Değirmendere çayının getirdiği aylık su miktarı (1985-1990)

| Su Yılı     | Ekim<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Kasım<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Aralık<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Ocak<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Şubat<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Mart<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Nisan<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Mayıs<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Haziran<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Temmuz<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Ağustos<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Eylül<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Yıllık Toplam<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---|--|---|---|--|---|--|--|--|---|--|--|--|
| 1985        | 0,16                                      | 0,29                                       | 0,22  | 0,96                                      | 0,79                                       | 1,34                                      | 0,70                                       | 0,17                                       | 0,16   | 0,16  | 0,16   | 0,16                                       | 5,27   |
| 1986        | 0,46                                      | 1,18                                       | 0,69  | 2,94                                      | 3,31                                       | 1,54                                      | 0,32                                       | 0,22                                       | 0,70   | 0,36  | 0,16   | 0,16                                       | 12,04  |
| 1987        | 0,16                                      | 0,51                                       | 0,86  | 3,67                                      | 3,03                                       | 4,39                                      | 2,76                                       | 0,43                                       | 0,16   | 0,16  | 0,16   | 0,16                                       | 16,45  |
| 1988        | 0,16                                      | 0,42                                       | 3,43  | 2,07                                      | 0,75                                       | 3,91                                      | 1,44                                       | 0,90                                       | 0,21   | 0,16  | 0,16   | 0,16                                       | 13,77  |
| 1989        | 0,21                                      | 0,43                                       | 1,09  | 0,88                                      | 0,62                                       | 0,58                                      | 0,16                                       | 0,13                                       | 0,13   | 0,09  | 0,09   | 0,09                                       | 4,50   |
| 1990        | 0,23                                      | 0,57                                       | 1,26  | 2,10                                      | 1,70                                       | 2,35                                      | 1,08                                       | 0,37                                       | 0,27   | 0,16  | 0,16   | 0,16                                       | 10,41  |
| <b>Ort.</b> | <b>0,23</b>                               | <b>0,57</b>                                | <b>1,26</b>                                 | <b>2,10</b>                               | <b>1,70</b>                                | <b>2,35</b>                               | <b>1,08</b>                                | <b>0,37</b>                                | <b>0,27</b>                                  | <b>0,18</b>                                 | <b>0,15</b>                                  | <b>0,15</b>                                | <b>10,41</b>                                       |



Şekil 7.1. Değirmendere çayının ve sulama suyu ihtiyacının zaman içindeki dağılımı

Baraj gölünden sızan sular ve baraj mansabında oturanların su hakları  $Q_{i1}$ , baraj gölünden buharlaşma  $Q_{i2}$ , sulama bölgesinin bir kısmına verilecek su miktarı  $Q_{i3}$ , ile gösterilirse bir yıl boyunca bu ihtiyaçların toplamı:  $Q_i = Q_{i1} + Q_{i2} + Q_{i3}$  olacaktır.

Baraj gölünden sızan sular ve baraj mansabında oturanların su hakları Kayapa göletinde  $0,02 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ay alınmıştır[27]. Baraj gölünden buharlaşma, sulama suyu ve toplam su ihtiyacı Çizelge 7.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 7.2. Biber ve Patlıcan sulama suyu ihtiyacının % olarak dağılımı

| Aylar         | Aylık bitki su ihtiyacı (u)<br>(mm/ay) | Efektif yağış (r)<br>(mm/ay) | (u-r)<br>(mm/ay) | Aylara göre ihtiyacın<br>% dağılımı |
|---------------|--|------------------------------|------------------|-------------------------------------|
| Haziran       | 130,40                                 | 57,48                        | 72,92            | 19,74                               |
| Temmuz        | 153,13                                 | 29,25                        | 123,88           | 33,53                               |
| Ağustos       | 163,32                                 | 17,60                        | 145,72           | 39,44                               |
| Eylül         | 51,24                                  | 24,28                        | 26,96            | 7,30                                |
| <b>TOPLAM</b> |  |                              | <b>369,48</b>    | <b>100,00</b>                       |



Çizelge 7.3. Yıllık su ihtiyacı dağılımı tablosu (k=0,95)

| Aylar         | Sızma ve su hakları (Qi <sub>1</sub> )<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Buharlaşma (Qi <sub>2</sub> )<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Sulama suyu<br>(Qi <sub>3</sub> )<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Toplam su<br>ihtiyacı<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
|---------------|---|--|--|--|
| Ekim          | 0,02  | -  | -  | 0,02   |
| Kasım         | 0,02  | -  | -  | 0,02   |
| Aralık        | 0,02  | -  | -  | 0,02   |
| Ocak          | 0,02  | -  | -  | 0,02   |
| Şubat         | 0,02  | -  | -  | 0,02   |
| Mart          | 0,02  | -  | -  | 0,02   |
| Nisan         | 0,02  | -  | -  | 0,02   |
| Mayıs         | 0,02  | 0,020  | -  | 0,04   |
| Haziran       | 0,02  | 0,028  | 1,88   | 1,93   |
| Temmuz        | 0,02  | 0,029  | 3,20   | 3,25   |
| Ağustos       | 0,02  | 0,023  | 3,76   | 3,80   |
| Eylül         | 0,02  | 0,010  | 0,70   | 0,73   |
| <b>Toplam</b> | <b>0,240</b>  | <b>0,11</b>  | <b>9,54</b>  | <b>9,89</b>  |

Bu tabloda yıllık toplam sızma ve su hakkı  $Q_{i1}=0,240 \times 10^6 \text{ m}^3$  ve buharlaşma miktarı  $Q_{i2}=0,11 \times 10^6 \text{ m}^3$  olarak bulunduktan sonra bu değerler toplam su ihtiyacından çıkarılırsa; sulamaya ayrılacak tüm su miktarı bulunur. Bu değer;  
 $(9,89 - 0,24 - 0,11) \cdot 10^6 = 9,54 \times 10^6 \text{ m}^3$  tür.

Bulunan bu miktar Çizelge 7.2'de verilen yüzdelerle çarpılırsa, aylık sulama suyu ihtiyaçları bulunur. Örneğin Haziran ayı için  $Q_{i3} = 0,1974 \times 9,54 \times 10^6 = 1,88 \times 10^6 \text{ m}^3$  olarak bulunmuştur.

Bu durumda toplam olarak sulanabilecek alanı bulmak için bitkilerin kök bölgelerine verilmesi gerekli (u-r) kadarlık su çiftlik içi sulama sistemine, arazinin topografik ve jeolojik durumuna, sulama zamanındaki meteorolojik şartlara bağlı olarak belli miktarda kayba uğrayacaktır. Bunu ifade etmek için çiftlik içi sulama randımanı Kayapa göleti sulama sahasında 0,85 olarak kabul edilerek çiftliğe

$\left( \frac{u-r}{0,85} \right)$  mm su verilmesi gerekecektir[27]. Bu su, kaynağından çiftliğe gelinceye

kadar kanal kayıplarına uğrayacaktır. Diversiyon kayıpları olarak adlandırılan bu değer, Kayapa göleti sulama sahasında %5 mertebesinde olacağı kabul edilmiştir.

Su kaynağından bitkilerin su ihtiyaçlarını karşılamak için  $\left( \frac{u-r}{0,85} \right) \times 1,05$  mm su

alınması gerekir. Buna göre  $A = \frac{9,89 \cdot 10^6}{456,42 \cdot 0,001} = 21.668.638 \text{ m}^2$ . Bu alanı hektara

çevirirsek  $21668638 \times 0,0001 = 2166$  hektar bulunur. (1ha=10000m<sup>2</sup>)

Çizelge 7.1’de verilen Kayapa gölet yerinde Değirmendere çayının su imkanı ve Çizelge 7.3’te verilen toplam su ihtiyacı dağılımı ile hazne hacmi araştırılması işlemi Çizelge 7.4 ve devamında yapılmıştır.

Çizelge 7.4’te;  $(Q_T - Q_{IT})$  farkları (+) ise haznede biriktirilebilecek su miktarını yani fazla suların büyüklüğünü ifade eder. Eğer fark (-) ise, ihtiyaçların karşılanması için hazneden çekilecek su miktarını; yani, su eksikliğinin büyüklüğünü ifade eder. Çizelge 7.4’te görüldüğü gibi, hazne hacmini büyükçe bir değer kabul ederek işlemler yapılır ise, haznede su kalmama gibi bir durumla karşılaşılmaz. Başlangıçta haznenin dolu olduğu varsayılarak; aylık  $(Q_T - Q_{IT})$  farklarının (+) değerleri haznedeki su miktarına ilave edilerek,  $(Q_T - Q_{IT})$  farklarının (-) olduğu değerler ise haznedeki su miktarından çıkarılarak haznede kalan su saptanır.

Çizelge 7.4 Hazne hacmi araştırması (k=0.95)

| 1985    |                            |                           |                        |                                    |                             |
|---------|----------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Aylar   | Gelen su<br>( $10^6 m^3$ ) | İhtiyaç<br>( $10^6 m^3$ ) | Fark<br>( $10^6 m^3$ ) | Haznede kalan su<br>( $10^6 m^3$ ) | Atılan su<br>( $10^6 m^3$ ) |
| Ekim    | 0,16                       | 0,02                      | +0,14                  | 50,00                              | 0,14                        |
| Kasım   | 0,29                       | 0,02                      | +0,27                  | 50,00                              | 0,27                        |
| Aralık  | 0,22                       | 0,02                      | +0,20                  | 50,00                              | 0,20                        |
| Ocak    | 0,96                       | 0,02                      | +0,94                  | 50,00                              | 0,94                        |
| Şubat   | 0,79                       | 0,02                      | +0,77                  | 50,00                              | 0,77                        |
| Mart    | 1,34                       | 0,02                      | +1,32                  | 50,00                              | 1,32                        |
| Nisan   | 0,70                       | 0,02                      | +0,68                  | 50,00                              | 0,68                        |
| Mayıs   | 0,17                       | 0,04                      | +0,13                  | 50,00                              | 0,13                        |
| Haziran | 0,16                       | 1,93                      | -1,77                  | 48,23                              | -                           |
| Temmuz  | 0,16                       | 3,25                      | -3,09                  | 45,14                              | -                           |
| Ağustos | 0,16                       | 3,80                      | -3,64                  | 41,5                               | -                           |
| Eylül   | 0,16                       | 0,73                      | -0,57                  | 40,93                              | -                           |
| Toplam  | 5,27                       |                           |                        |                                    |                             |

Çizelge 7.4. (Devam) Hazne hacmi araştırması (k=0.95)

| 1986          |   |  |   |   |  |
|---------------|---|--|---|---|--|
| Aylar         | Gelen su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | İhtiyaç<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Fark<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Haznede kalan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Atılan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
| Ekim          | 0,46  | 0,02   | +0,44                                     | 41,37   | -  |
| Kasım         | 1,18  | 0,02   | +1,16                                     | 42,53   | -  |
| Aralık        | 0,69  | 0,02   | +0,67                                     | 43,20   | -  |
| Ocak          | 2,94  | 0,02   | +2,92                                     | 46,12   | -  |
| Şubat         | 3,31  | 0,02   | +3,29                                     | 49,41   | -  |
| Mart          | 1,54  | 0,02   | +1,52                                     | 50  | 0,93   |
| Nisan         | 0,32  | 0,02   | +0,30                                     | 50  | 0,30   |
| Mayıs         | 0,22  | 0,04   | +0,18                                     | 50  | 0,18   |
| Haziran       | 0,70  | 1,93   | -1,23                                     | 48,77   | -  |
| Temmuz        | 0,36  | 3,25   | -2,89                                     | 45,88   | -  |
| Ağustos       | 0,16  | 3,80   | -3,64                                     | 42,24   | -  |
| Eylül         | 0,16  | 0,73   | -0,57                                     | 41,67   | -  |
| <b>Toplam</b> | <b>12,04</b>                                  |  |   |   |  |
| 1987          |   |  |   |   |  |
| Aylar         | Gelen su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | İhtiyaç<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Fark<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Haznede kalan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Atılan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
| Ekim          | 0,16  | 0,02   | +0,14                                     | 41,81   | -  |
| Kasım         | 0,51  | 0,02   | +0,49                                     | 42,3  | -  |
| Aralık        | 0,86  | 0,02   | +0,84                                     | 43,14   | -  |
| Ocak          | 3,67  | 0,02   | +3,65                                     | 46,79   | -  |
| Şubat         | 3,03  | 0,02   | +3,01                                     | 49,8  | -  |
| Mart          | 4,39  | 0,02   | +4,37                                     | 50  | 4,17   |
| Nisan         | 2,76  | 0,02   | +2,74                                     | 50  | 2,74   |
| Mayıs         | 0,43  | 0,04   | +0,39                                     | 50  | 0,39   |
| Haziran       | 0,16  | 1,93   | -1,77                                     | 48,23   | -  |
| Temmuz        | 0,16  | 3,25   | -3,09                                     | 45,14   | -  |
| Ağustos       | 0,16  | 3,80   | -3,64                                     | 41,5  | -  |
| Eylül         | 0,16  | 0,73   | -0,57                                     | 40,93   | -  |
| <b>Toplam</b> | <b>16,45</b>                                  |  |   |   |  |
| 1988          |   |  |   |   |  |
| Aylar         | Gelen su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | İhtiyaç<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Fark<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Haznede kalan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Atılan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
| Ekim          | 0,16  | 0,02   | +0,14                                     | 41,07   | -  |
| Kasım         | 0,42  | 0,02   | +0,40                                     | 41,47   | -  |
| Aralık        | 3,43  | 0,02   | +3,41                                     | 44,88   | -  |
| Ocak          | 2,07  | 0,02   | +2,05                                     | 46,93   | -  |
| Şubat         | 0,75  | 0,02   | +0,73                                     | 47,66   | -  |
| Mart          | 3,91  | 0,02   | +3,89                                     | 50  | 1,55   |
| Nisan         | 1,44  | 0,02   | +1,42                                     | 50  | 1,42   |
| Mayıs         | 0,90  | 0,04   | 0,86                                      | 50  | 0,86   |
| Haziran       | 0,21  | 1,93   | -1,72                                     | 48,28   | -  |
| Temmuz        | 0,16  | 3,25   | -3,09                                     | 45,19   | -  |
| Ağustos       | 0,16  | 3,80   | -3,64                                     | 41,55   | -  |
| Eylül         | 0,16  | 0,73   | -0,57                                     | 40,98   | -  |
| <b>Toplam</b> | <b>13,77</b>                                  |  |   |   |  |

Çizelge 7.4. (Devam) Hazne hacmi araştırması (k=0.95).

| 1989    |   |  |   |   |  |
|---------|---|--|---|---|--|
| Aylar   | Gelen su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | İhtiyaç<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Fark<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Haznede kalan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Atılan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
| Ekim    | 0,21  | 0,02   | +0,19                                     | 41,17   | -  |
| Kasım   | 0,43  | 0,02   | +0,41                                     | 41,58   | -  |
| Aralık  | 1,09  | 0,02   | +1,07                                     | 42,65   | -  |
| Ocak    | 0,88  | 0,02   | +0,86                                     | 43,51   | -  |
| Şubat   | 0,62  | 0,02   | +0,60                                     | 44,11   | -  |
| Mart    | 0,58  | 0,02   | +0,46                                     | 44,67   | -  |
| Nisan   | 0,16  | 0,02   | +0,14                                     | 44,81   | -  |
| Mayıs   | 0,13  | 0,04   | +0,009                                    | 44,9  | -  |
| Haziran | 0,13  | 1,93   | -1,80                                     | 43,1  | -  |
| Temmuz  | 0,09  | 3,25   | -3,16                                     | 39,94   | -  |
| Ağustos | 0,09  | 3,80   | -3,71                                     | 36,23   | -  |
| Eylül   | 0,09  | 0,73   | -0,64                                     | 35,59   | -  |
| Toplam  | <b>4,50</b>                                   |  |   |   |  |
| 1990    |   |  |   |   |  |
| Aylar   | Gelen su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | İhtiyaç<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Fark<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Haznede kalan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Atılan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
| Ekim    | 0,23  | 0,02   | +0,21                                     | 35,8  | -  |
| Kasım   | 0,57  | 0,02   | +0,55                                     | 36,35   | -  |
| Aralık  | 1,26  | 0,02   | +1,24                                     | 37,59   | -  |
| Ocak    | 2,10  | 0,02   | +2,08                                     | 39,67   | -  |
| Şubat   | 1,70  | 0,02   | +1,68                                     | 41,35   | -  |
| Mart    | 2,35  | 0,02   | +2,33                                     | 43,68   | -  |
| Nisan   | 1,08  | 0,02   | +1,06                                     | 44,74   | -  |
| Mayıs   | 0,37  | 0,04   | +0,33                                     | 45,07   | -  |
| Haziran | 0,27  | 1,93   | -1,66                                     | 43,41   | -  |
| Temmuz  | 0,16  | 3,25   | -3,09                                     | 40,32   | -  |
| Ağustos | 0,16  | 3,80   | -3,64                                     | 36,68   | -  |
| Eylül   | 0,16  | 0,73   | -0,57                                     | 36,11   | -  |
| Toplam  | <b>10,41</b>                                  |  |   |   |  |

Yapılan bu işlemler sonucu haznedeki su miktarının en küçük değeri, (35,59x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>) Değirmendere çayının ortalama yıllık su miktarının yaklaşık 5 katı olan başlangıçta kabul edilen (50x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>) hazne hacminden çıkarılarak ekonomik hazne hacmi (Ve) bulunur.

Çizelge 7.4'te her ay için, gelen su miktarından ihtiyaç duyulan su miktarı çıkarılır. Fark, pozitif ve haznede kalan su miktarı başlangıçtaki kabuldense eklenir; değilse fazla su atılır. Fark, negatif ise haznedeki sudan çıkarılır.

$$V_e = (50,00 - 35,59) \times 10^6 = 14,41 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ bulunmuştur.}$$

Benzer incelemeler çeşitli düzenleme oranları (k'lar) içinde yapılabilir. Bu defa, Kayapa gölet yerinde akarsuyun getirdiği su miktarları kullanılarak ve ihtiyacımızın k=0,90 düzenleme (regülasyon) oranı ile yıllık toplam miktarı;

$$Q_i = 0,90 \times 10,41 \times 10^6 = 9,37 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ varsayarak incelenecektir.}$$

Çizelge 7.5. Yıllık su ihtiyacı dağılımı tablosu (k=0.90)

| Aylar   | Sızma ve su hakları<br>(Qi1)<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Buharlaştırma (Qi2)<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Sulama suyu<br>(Qi3)<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Toplam su<br>ihtiyacı<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
|---------|---|--|---|--|
| Ekim    | 0,02  | -  | -   | 0,02   |
| Kasım   | 0,02  | -  | -   | 0,02   |
| Aralık  | 0,02  | -  | -   | 0,02   |
| Ocak    | 0,02  | -  | -   | 0,02   |
| Şubat   | 0,02  | -  | -   | 0,02   |
| Mart    | 0,02  | -  | -   | 0,02   |
| Nisan   | 0,02  | -  | -   | 0,02   |
| Mayıs   | 0,02  | 0,02   | -   | 0,04   |
| Haziran | 0,02  | 0,028  | 1,78  | 1,83   |
| Temmuz  | 0,02  | 0,029  | 3,02  | 3,07   |
| Ağustos | 0,02  | 0,023  | 3,56  | 3,60   |
| Eylül   | 0,02  | 0,01   | 0,66  | 0,69   |
| Toplam  | 0,240   | 0,11   | 9,02  | 9,37   |

Verilen bitki paterni ve efektif yağışlara göre, sulama suyu ihtiyacı Çizelge 7.2'de verilmiştir. Yıllık su ihtiyacı dağılımı tablosu ise Çizelge 7.5'de gösterilmektedir.

Toplam su ihtiyacından yıllık toplam sızma ve su hakları ve buharlaştırma çıkarılırsa sulamaya ayrılacak tüm su miktarı bulunur. Bu değer;

$$(9,37 - 0,24 - 0,11) \times 10^6 = 9,02 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

Bulunana bu miktar Çizelge 7.2'de verilen sulama suyu ihtiyacının aylara göre yüzde dağılımıyla çarpılırsa aylık sulama suyu ihtiyaçları bulunur.

$$\text{Haziran ayı için} : 9,02 \times 10^6 \times 0,1974 = 1,78 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{Temmuz ayı için} : 9,02 \times 10^6 \times 0,3353 = 3,02 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{Ağustos ayı için} : 9,02 \times 10^6 \times 0,3944 = 3,56 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{Eylül ayı için} : 9,02 \times 10^6 \times 0,073 = 0,66 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

$$\text{Sulanabilecek toplam alan } A = \frac{9,37 \cdot 10^6}{456,42 \cdot 0,001} = 20529337 \text{ m}^2$$

Bu alanı hektara çevirirsek  $20529337 \times 0,0001 = 2053$  hektar bulunur.

Çizelge 7.1'de verilen akarsuyun su imkanı ve Çizelge 7.5'te verilen su ihtiyacı ile hazne hacmi araştırması Çizelge 7.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 7.6. Hazne hacmi araştırması (k=0.90)

| 1985    |   |  |   |   |  |
|---------|---|--|---|---|--|
| Aylar   | Gelen su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | İhtiyaç<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Fark<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Haznede kalan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Atılan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
| Ekim    | 0,16  | 0,02   | +0,14                                     | 50,00   | 0,14   |
| Kasım   | 0,29  | 0,02   | +0,27                                     | 50,00   | 0,27   |
| Aralık  | 0,22  | 0,02   | +0,20                                     | 50,00   | 0,20   |
| Ocak    | 0,96  | 0,02   | +0,94                                     | 50,00   | 0,94   |
| Şubat   | 0,79  | 0,02   | +0,77                                     | 50,00   | 0,77   |
| Mart    | 1,34  | 0,02   | +1,32                                     | 50,00   | 1,32   |
| Nisan   | 0,70  | 0,02   | +0,68                                     | 50,00   | 0,68   |
| Mayıs   | 0,17  | 0,04   | +0,13                                     | 50,00   | 0,13   |
| Haziran | 0,16  | 1,83   | -1,67                                     | 48,33   | -  |
| Temmuz  | 0,16  | 3,07   | -2,91                                     | 45,42   | -  |
| Ağustos | 0,16  | 3,60   | -3,44                                     | 41,98   | -  |
| Eylül   | 0,16  | 0,69   | -0,53                                     | 41,45   | -  |
| Toplam  | <b>5.27</b>                                   |  |   |   |  |
| 1986    |   |  |   |   |  |
| Aylar   | Gelen su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | İhtiyaç<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Fark<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Haznede kalan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Atılan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
| Ekim    | 0,46  | 0,02   | +0,44                                     | 41,89   | -  |
| Kasım   | 1,18  | 0,02   | +1,16                                     | 43,05   | -  |
| Aralık  | 0,69  | 0,02   | +0,67                                     | 43,72   | -  |
| Ocak    | 2,94  | 0,02   | +2,92                                     | 46,64   | -  |
| Şubat   | 3,31  | 0,02   | +3,29                                     | 49,93   | -  |
| Mart    | 1,54  | 0,02   | +1,52                                     | 50  | 1,45   |
| Nisan   | 0,32  | 0,02   | +0,30                                     | 50  | 0,30   |
| Mayıs   | 0,22  | 0,04   | +0,18                                     | 50  | 0,18   |
| Haziran | 0,70  | 1,83   | -1,13                                     | 48,87   | -  |
| Temmuz  | 0,36  | 3,07   | -2,71                                     | 46,16   | -  |
| Ağustos | 0,16  | 3,60   | -3,44                                     | 42,72   | -  |
| Eylül   | 0,16  | 0,69   | -0,53                                     | 42,19   | -  |
| Toplam  | <b>12.04</b>                                  |  |   |   |  |
| 1987    |   |  |   |   |  |
| Aylar   | Gelen su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | İhtiyaç<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Fark<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Haznede kalan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Atılan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
| Ekim    | 0,16  | 0,02   | +0,14                                     | 42,33   | -  |
| Kasım   | 0,51  | 0,02   | +0,49                                     | 42,82   | -  |
| Aralık  | 0,86  | 0,02   | +0,84                                     | 43,66   | -  |
| Ocak    | 3,67  | 0,02   | +3,65                                     | 47,31   | -  |
| Şubat   | 3,03  | 0,02   | +3,01                                     | 50  | 0,32   |
| Mart    | 4,39  | 0,02   | +4,37                                     | 50  | 4,37   |
| Nisan   | 2,76  | 0,02   | +2,74                                     | 50  | 2,74   |
| Mayıs   | 0,43  | 0,04   | +0,39                                     | 50  | 0,39   |
| Haziran | 0,16  | 1,83   | -1,67                                     | 48,33   | -  |
| Temmuz  | 0,16  | 3,07   | -2,91                                     | 45,42   | -  |
| Ağustos | 0,16  | 3,60   | -3,44                                     | 41,98   | -  |
| Eylül   | 0,16  | 0,69   | -0,53                                     | 41,45   | -  |
| Toplam  | <b>16.45</b>                                  |  |   |   |  |

Çizelge 7.6.(Devam) Hazne hacmi araştırması (k=0.90)

| 1988    |   |  |   |   |  |
|---------|---|--|---|---|--|
| Aylar   | Gelen su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | İhtiyaç<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Fark<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Haznede kalan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Atılan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
| Ekim    | 0,16  | 0,02   | +0,14                                     | 41,59   | -  |
| Kasım   | 0,42  | 0,02   | +0,40                                     | 41,99   | -  |
| Aralık  | 3,43  | 0,02   | +3,41                                     | 45,40   | -  |
| Ocak    | 2,07  | 0,02   | +2,05                                     | 47,45   | -  |
| Şubat   | 0,75  | 0,02   | +0,73                                     | 48,18   | -  |
| Mart    | 3,91  | 0,02   | +3,89                                     | 50,00   | 2,07   |
| Nisan   | 1,44  | 0,02   | +1,42                                     | 50,00   | 1,42   |
| Mayıs   | 0,90  | 0,04   | 0,86                                      | 50,00   | 0,86   |
| Haziran | 0,21  | 1,83   | -1,62                                     | 48,38   | -  |
| Temmuz  | 0,16  | 3,07   | -2,91                                     | 45,47   | -  |
| Ağustos | 0,16  | 3,60   | -3,44                                     | 42,03   | -  |
| Eylül   | 0,16  | 0,73   | -0,53                                     | 41,50   | -  |
| Toplam  | 13,77   |  |   |   |  |
| 1989    |   |  |   |   |  |
| Aylar   | Gelen su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | İhtiyaç<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Fark<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Haznede kalan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Atılan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
| Ekim    | 0,21  | 0,02   | +0,19                                     | 41,69   | -  |
| Kasım   | 0,43  | 0,02   | +0,41                                     | 42,1  | -  |
| Aralık  | 1,09  | 0,02   | +1,07                                     | 43,17   | -  |
| Ocak    | 0,88  | 0,02   | +0,86                                     | 44,03   | -  |
| Şubat   | 0,62  | 0,02   | +0,60                                     | 44,63   | -  |
| Mart    | 0,58  | 0,02   | +0,56                                     | 45,19   | -  |
| Nisan   | 0,16  | 0,02   | +0,14                                     | 45,33   | -  |
| Mayıs   | 0,13  | 0,04   | +0,09                                     | 45,42   | -  |
| Haziran | 0,13  | 1,83   | -1,7                                      | 43,72   | -  |
| Temmuz  | 0,09  | 3,07   | -2,98                                     | 40,74   | -  |
| Ağustos | 0,09  | 3,60   | -3,51                                     | 37,23   | -  |
| Eylül   | 0,09  | 0,69   | -0,60                                     | 36,63   | -  |
| Toplam  | 4,50  |  |   |   |  |
| 1990    |   |  |   |   |  |
| Aylar   | Gelen su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | İhtiyaç<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Fark<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Haznede kalan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Atılan su<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
| Ekim    | 0,23  | 0,02   | +0,21                                     | 36,84   | -  |
| Kasım   | 0,57  | 0,02   | +0,55                                     | 37,39   | -  |
| Aralık  | 1,26  | 0,02   | +1,24                                     | 38,63   | -  |
| Ocak    | 2,10  | 0,02   | +2,08                                     | 40,71   | -  |
| Şubat   | 1,70  | 0,02   | +1,68                                     | 42,39   | -  |
| Mart    | 2,35  | 0,02   | +2,33                                     | 44,72   | -  |
| Nisan   | 1,08  | 0,02   | +1,06                                     | 45,78   | -  |
| Mayıs   | 0,37  | 0,04   | +0,33                                     | 46,11   | -  |
| Haziran | 0,27  | 1,83   | -1,56                                     | 44,55   | -  |
| Temmuz  | 0,16  | 3,07   | -2,91                                     | 41,64   | -  |
| Ağustos | 0,16  | 3,60   | -3,44                                     | 38,20   | -  |
| Eylül   | 0,16  | 0,69   | -0,53                                     | 37,67   | -  |
| Toplam  | 10,41   |  |   |   |  |

$V_e = (50,00 - 36,63) \times 10^6 = 13,37 \times 10^6 \text{ m}^3$  olarak bulunur.

Diğer düzenleme oranları için elde edilen veriler Çizelge 7.9'da verilmiştir.

Çizelge 7.7. Kayapa Barajı Tesis ve Yatırım Bedeli

| Üniteler                                  | Maliyet (10 <sup>9</sup> TL) | (Dolar 10 <sup>3</sup> ) |
|---|------------------------------|--------------------------|
| Gövde Maliyeti                            | 1967,8                       | 11,93                    |
| Dolusavak maliyeti                        | 283,9                        | 1,72                     |
| Dipsavak maliyeti                         | 240,5                        | 1,46                     |
| Şantiye tesisleri ve yollar               | 133,6                        | 0,81                     |
| <b>Gölet Tesis Maliyeti</b>               | <b>2625,8</b>                | <b>15,91</b>             |
| Sulama Şebekesi Maliyeti                  | 1142,2                       | 6,92                     |
| Sulama Şebekesi İletim Tesisleri Maliyeti | 400,8                        | 2,43                     |
| Drenaj ve İslah Tesisleri Maliyeti        | 1001,9                       | 6,07                     |
| Tarla içi Yatırımları                     | 333,9                        | 2,02                     |
| <b>Sulama Ünitesi Tesis Maliyeti</b>      | <b>2878,9</b>                | <b>17,45</b>             |
| Gölet ve Sulama Tesis Maliyeti            | 5504,7                       | 33,36                    |
| %15 Etüd-Proje-Kontrollük                 | 825,7                        | 5,00                     |
| Kamulaştırma                              | 240,5                        | 1,46                     |
| Ara Toplam                                | 6570,8                       | 39,82                    |
| Bilinmeyen Giderler (Ara Toplamın %5'i)   | 328,5                        | 1,99                     |
| <b>PROJE YATIRIM MALİYETİ</b>             | <b>6899,3</b>                | <b>41,81</b>             |

## 7.2. Maliyet ve Ekonomi

### 7.2.1. Tesis ve Yatırım Bedeli

Tesis ve yatırım bedeli Çizelge 7.7'de gösterilmektedir. 1 \$=1650000 TL

### 7.2.2. Fayda

Kayapa göletinin tarımsal ekonomiye göre değerlendirilmesi yapılmış sulama alanı brüt 14830 dekar olan Kayapa göletinin dekar başına 185.916.578 TL Ziraat geliri artışı olacağı kabulüne göre;

$$14.830 \text{ Da} \times 185.916.578 = 2,76 \times 10^{12} \text{ TL/yıl} = 1,67 \times 10^6 \text{ Dolar}$$

Bu değer, gelişme süresi katsayısı (Çayırköy ovası için bu katsayı 0,91 dir.) ile çarpılırsa  $276 \times 10^9 \times 0,91 = 2509.10^9$  TL Ziraat geliri artışı bulunmuştur.

### 7.2.3. Giderler

Giderler hesaplanırken işletme ve bakım giderleri ile faiz ve amortisman giderleri hesaplanmıştır. İşletme ve bakım giderleri daha önce bulunan tesis ve yatırım bedellerinin D.S.İ. inşaat genel indeksindeki çeşitli katsayılarla çarpılması sonucu yıllık işletme ve bakım gideri bulunmuştur.

Çizelge 7.8. İşletme ve bakım giderleri

| İşletme ve Bakım giderleri (10 <sup>9</sup> TL) | (10 <sup>3</sup> Dolar) |
|---|-------------------------|
| 1967,8 x 0,005 = 9,84                           | 5,96                    |
| 283,9 x 0,01 = 2,84                             | 1,72                    |
| 240,5 x 0,005 = 1,20                            | 0,73                    |
| 133,6 x 0,04 = 5,34                             | 3,24                    |
| 2878,9 x 0,02 = 57,58                           | 34,9                    |
| <b>Toplam = 76,8</b>                            | <b>46,5</b>             |



Faiz ve amortisman giderleri ( $10^9$ TL)

Faiz ve amortisman giderinin yıllık değeri bulunurken, proje yatırım maliyetinin D.S.İ. inşaat genel indeksindeki katsayıyla çarpılması sonucu yatırımı karşılamak için her yıl geri ödenmesi gereken para miktarı bulunmuştur.

$$6899,3 \times 0,055 = 379,46$$

$$\text{Toplam giderler} = (76,8 + 379,46) \times 10^9 = 456,26 \times 10^9 \text{TL}$$

#### 7.2.4. Rantabilite

Projenin yıllık fayda toplamının yıllık gider toplamına oranı projenin rantabilitesini vermektedir. Düzenleme oranının 0.65 olduğu durumda rantabilitenin en büyük olduğu bulunmuş ve aşağıda gösterilmiştir.

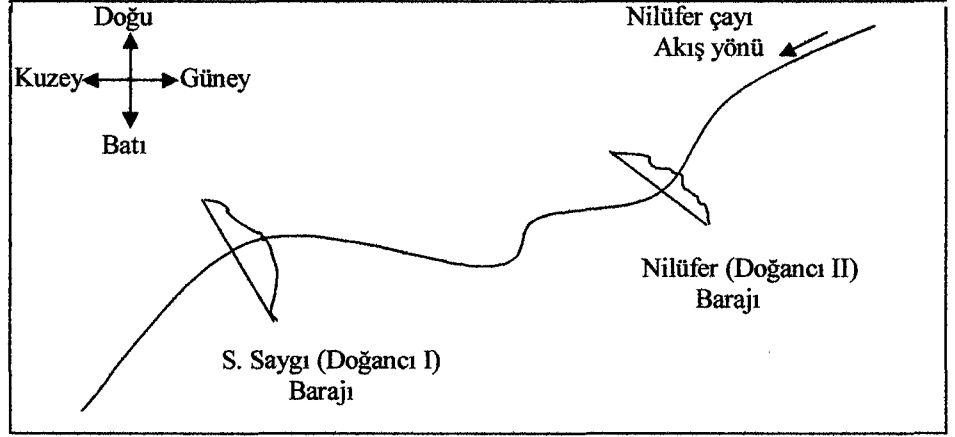
$$R = \frac{2509 \times 10^9}{456,26 \times 10^9} = 5,50$$

Çizelge 7.9. Çeşitli düzenleme oranlarına göre ekonomik hazne hacimleri

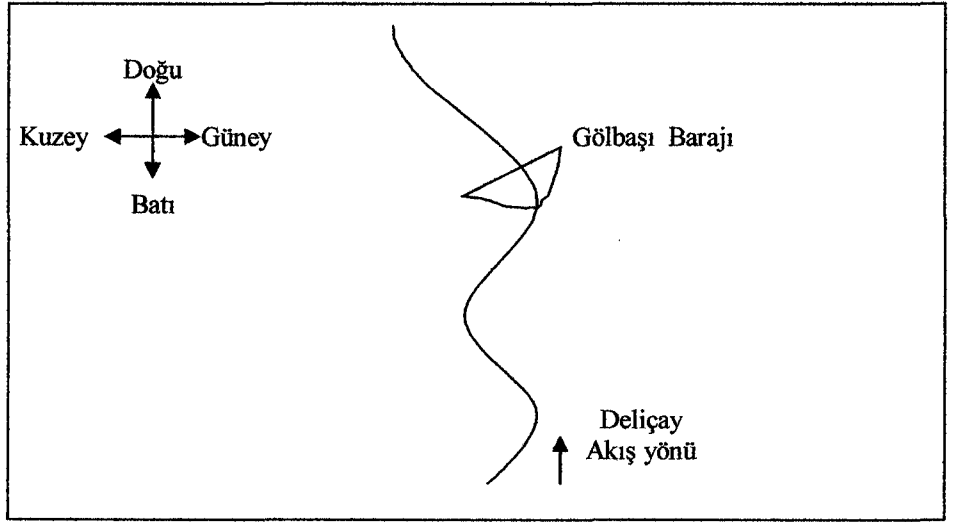
| Düzenleme oranı (k) | Qi ( $10^6 \text{m}^3$ ) | Ve ( $10^6 \text{m}^3$ ) | Sulama için ayrılan su ( $10^6 \text{m}^3$ ) | Sulanabilecek arazi (hektar) | R Rantabilite |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|--|------------------------------|---------------|
| 1.00                | 10.41                    | 15.29                    | 10.06  | 2280                         | 1,1           |
| 0.95                | 9.89                     | 14.41                    | 9.54   | 2166                         | 1,5           |
| 0.93                | 9.68                     | 13.92                    | 9.33   | 2120                         | 2,0           |
| 0.90                | 9.37                     | 13.37                    | 9.02   | 2053                         | 2,7           |
| 0.85                | 8.85                     | 12.33                    | 8.50   | 1939                         | 3,1           |
| 0.80                | 8.33                     | 11.36                    | 7.98   | 1825                         | 3,6           |
| 0.75                | 7.81                     | 10.23                    | 7.46   | 1711                         | 4,1           |
| 0.70                | 7.29                     | 9.23                     | 6.94   | 1597                         | 4,8           |
| <b>0.65</b>         | <b>6.77</b>              | <b>8.17</b>              | <b>6.42</b>                                  | <b>1483</b>                  | <b>5,5</b>    |

## EK-2

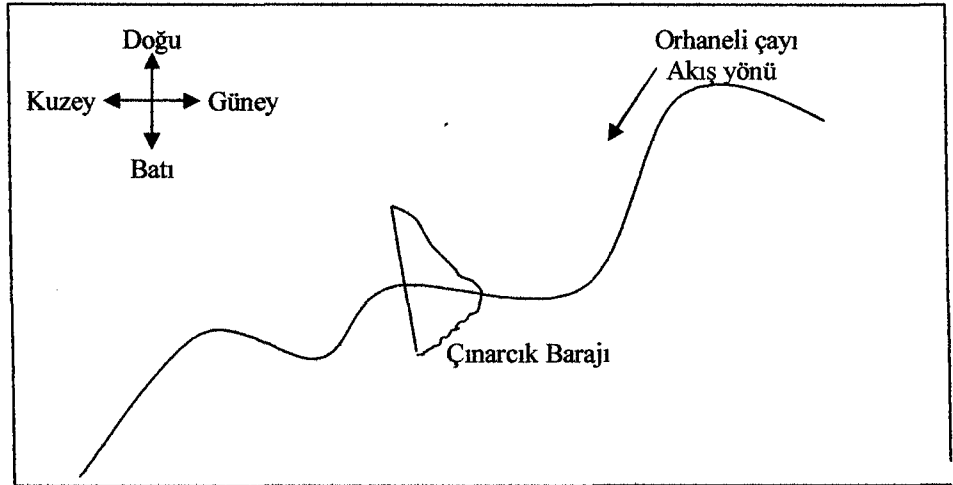
### 7.3.Bursa Barajlarının Kroki Gösterimi



(a)



(b)



(c)

Şekil 7.2. a) S.Saygı (Doğancı I) barajı ve Nilüfer (Doğancı II) barajı krokisi  
b) Gölbaşı barajı krokisi  
c) Çınarcık barajı krokisi