

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’NİN SU POLİTİKASI VE BARAJLAR:
HAZNELERİN TASARIMINDA RİSK ESASLI
YÖNTEMLERİN KULLANIMI**

Emrah SEVİNÇ

Mart, 2013

İZMİR

**TÜRKİYE’NİN SU POLİTİKASI VE BARAJLAR:
HAZNELERİN TASARIMINDA RİSK ESASLI
YÖNTEMLERİN KULLANIMI**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Hidrolik-Hidroloji ve Su Kaynakları Programı

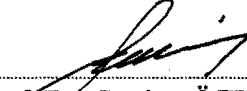
Emrah SEVİNÇ

Mart, 2013

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU


EMRAH SEVİNÇ, tarafından PROF. DR. SEVİNÇ ÖZKUL yönetiminde hazırlanan “TÜRKİYE’NİN SU POLİTİKASI VE BARAJLAR: HAZNELERİN TASARIMINDA RİSK ESASLI YÖNTEMLERİN KULLANIMI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Sevinç ÖZKUL


Yönetici


Yrd. Doç. Dr. Duygu T. BENGİŞ

Jüri Üyesi


Yrd. Doç. Dr. Ali GÜL

Jüri Üyesi


Prof. Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hidrolik-Hidroloji ve Su Kaynakları Programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışmayı yöneten, çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren, çalışma konusunun belirlenmesinde, çalışmamın değerlendirilmesinde, düzenlenmesinde ve gerçekleştirilmesinde katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sn. Prof. Dr. Sevinç ÖZKUL'a, tezimin çeşitli aşamalarında değerli yardımlarından dolayı DSİ 2. Bölge Müdürlüğü çalışanlarından Sn. Başmühendis Sayit KOÇ'a ve yaşamım boyunca bana destek olan aileme teşekkür ederim.

Emrah SEVİNÇ

**TÜRKİYE’NİN SU POLİTİKASI VE BARAJLAR:
HAZNELERİN TASARIMINDA RİSK ESASLI YÖNTEMLERİN
KULLANIMI**

ÖZ

Günümüzde nüfusun, sanayileşmenin ve şehirleşmenin hızla artması sonucu her geçen gün kullanılabilir su ihtiyacı artmakta, kirlilik, küresel ısınma gibi faktörlerin eklenmesi ile mevcut su kaynakları su ihtiyacını karşılayamayacak hale gelmektedir. Bu durum, ülkelerin su sorununu önlemeye yönelik su kaynaklarının yönetimi ile ilgili politikalar ve projeler üretmelerini kaçınılmaz hale getirmektedir. Bu çerçevede, inşa edilmiş ve edilmekte olan pek çok barajın yanı sıra, başta Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) bölgesi olmak üzere ülkemizdeki baraj, hidroelektrik santrali ve sulama projelerinin bir an önce gerçekleştirilmesine ilişkin çalışmalar da sürdürülmektedir. Akarsuların akım rejimleri çoğu zaman akarsudan karşılanan su ihtiyaçlarına uygun bir düzende değildir. Mevcut su kaynakları ile su talepleri arasındaki yapısal farklılıklar baraj haznelerini gerekli kılmaktadır. Biriktirme hazneleri, bir akarsudan enerji üretimi, sulama, sanayi, akarsu ulaşımı gibi ihtiyaçları karşılamak üzere tasarlanırlar. Gerekli hazne hacmi; gelen akımların büyüklüğüne ve değişkenliğine, ihtiyacın büyüklüğüne ve bu ihtiyacın karşılanmasındaki güvenilirlik derecesine bağlıdır. Bu çalışmada, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından planlanan Yeşilkavak barajı projesi nedeniyle Kısıkdere (Değirmendere) alt havzası uygulama alanı olarak seçilmiş ve tek biriktirme haznesi için kapasite-verim-risk ilişkisi araştırılmıştır. Gediz havzası Kısıkdere (Değirmendere) üzerinde bulunan DSİ-Değirmendere-Doğanlar akım gözlem istasyonu (AGİ)’nda gözlenmiş aylık ve yıllık ortalama akım verileri kullanılarak; çeşitli kritik dönem yöntemleri, aylık su bütçesi yöntemi ve kısıntılı sulamalı işletme çalışması ile hazne kapasiteleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Yeşilkavak barajının planlanan hazne hacmiyle karşılaştırılmış ve irdelenmiştir. Çalışmada ayrıca Moran ve Gould olasılık matrisi yöntemleri ile Yeşilkavak barajının planlanan hazne kapasitesinin kuruma olasılığı hesaplanmış ve irdelenmiştir.

Anahtar sözcükler: Kritik dönem, düşük akım hidrolojisi, aktif hazne hacmi, hazne kapasitesi-verim-risk ilişkisi, olasılık matris yöntemleri

**HYDROPOLITICS OF TURKEY AND DAMS:
THE USE OF RISK-BASED METHODS IN DESIGN OF RESERVOIRS
ABSTRACT**

Nowadays, available water requirement increases as a result of heavy population growth, industrialization and urbanization each passing day, inclusion of factors such as pollution, global warming, available water resources become don't meet the demand. This case makes, producing water resources management policies and projects for prevention of water problem of countries, inevitable. In this context, in addition to many dams were built and are in built, also works to realize dam, hydroelectric plant and irrigation projects in our country especially The Southeastern Anatolia Project (GAP) region right away, are continued. Usually, flow regimes of rivers are not available for the demands. Structural differences between available water resources and demands make reservoirs necessary. Reservoirs are designed to meet energy production, irrigation, industry, river transportation, etc. on a river. The storage required depends on the magnitude and the variability of the river flows, the size of the demand, and the degree of reliability of this demand being met. In this study, the reason why the Kısıkdere (Değirmendere) sub-basin has been selected is that there is Yeşilkavak dam project planned by General Directorate of State Hydraulic Works (DSİ) and reservoir capacity-yield-reliability relationships are investigated for a single reservoir. By using monthly and annual mean flow data of DSİ-Değirmendere-Doğanlar streamgauging station on Kısıkdere (Değirmendere) in Gediz basin, the required reservoir capacity is estimated by using various critical period methods, behaviour analysis method, and deficit irrigation, and obtained results are compared with the planned reservoir capacity of Yeşilkavak dam. Additionally the probability of failure of planned reservoir capacity of Yeşilkavak dam is estimated by using Moran's and Gould's probability matrix methods.

Keywords: Critical period, low flow hydrology, active reservoir capacity, reservoir capacity-yield-reliability relationships, probability matrix methods

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
1.1 Amaç	2
1.2 Kapsam	4
BÖLÜM İKİ – TÜRKİYE’NİN SU POLİTİKASI VE BARAJLAR.....	6
BÖLÜM ÜÇ – MEVCUT ÇALIŞMALAR	8
BÖLÜM DÖRT – HAZNE KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER.....	12
4.1 Kritik Dönem Yöntemleri	13
4.1.1 Rippl Yöntemi (Eklenik Akımlar Yöntemi).....	13
4.1.2 Eklenik Farklar Yöntemi	14
4.1.3 Ardışık Tepeler Yöntemi	14
4.1.4 Minimum Akımlar Yöntemi.....	14
4.1.5 Alexander Yöntemi	15
4.1.6 Dinçer Yöntemi	15
4.1.7 Gould’un Gamma Yöntemi	16
4.1.8 Aylık Su Bütçesi Yöntemi	16
4.2 Olasılık Matris Yöntemleri	17
4.2.1 Moran Olasılık Matrisi Yöntemi	18

4.2.2 Gould Olasılık Matrisi Yöntemi.....	20
4.3 Kısıntılı Sulamalı İşletme Çalışması.....	21
4.4 İklim Değişikliği Verileri İle Hazne Hacminin Belirlenmesi.....	22
BÖLÜM BEŞ – UYGULAMA ALANI	24
5.1 Havza Özellikleri.....	24
5.2 Meteorolojik Özellikler.....	24
5.2.1 Yağış	24
5.2.2 Sıcaklık	26
5.2.3 Buharlaşma	26
5.3 Akım Özellikleri.....	26
5.4 Baraj Özellikleri	26
BÖLÜM ALTI – UYGULAMA	27
6.1 Verilerin Hazırlanması.....	27
6.1.1 Yağış	27
6.1.2 Sıcaklık	27
6.1.3 Buharlaşma	27
6.1.4 Akım	28
6.1.5 Sulama Suyu İhtiyacı	33
6.1.6 Ekolojik Su İhtiyacı	38
6.1.7 Hacim-Satıh Değerleri	40
6.1.8 Sızma Kayıpları.....	41
6.2 Hazne Kapasitesinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler	41
6.2.1 Kritik Dönem Yöntemleri.....	41
6.2.1.1 Rippl Yöntemi (Eklenik Akımlar Yöntemi).....	42
6.2.1.2 Eklenik Farklar Yöntemi	44
6.2.1.3 Ardışık Tepeler Yöntemi	46
6.2.1.4 Minimum Akımlar Yöntemi.....	47
6.2.1.5 Alexander Yöntemi	48

6.2.1.6 Dinçer Yöntemi	48
6.2.1.7 Gould'un Gamma Yöntemi	49
6.2.1.8 Aylık Su Bütçesi Yöntemi	50
6.2.2 Olasılık Matris Yöntemleri	52
6.2.2.1 Moran Olasılık Matrisi Yöntemi	52
6.2.2.2 Gould Olasılık Matrisi Yöntemi.....	60
6.2.3 Kısıntılı Sulamalı İşletme Çalışması.....	63
6.2.4 İklim Değişikliği Verileri İle Hazne Hacminin Belirlenmesi	66
BÖLÜM YEDİ – SONUÇLAR VE ÖNERİLER	68
KAYNAKLAR	73
EKLER.....	77

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 5.1 Yeşilkavak barajının bölgedeki konumu	25
Şekil 6.1 DMİ-Salihli (17792) MGI'nin aylık ortalama sıcaklık aylık toplam buharlaşma değerleri arasındaki ilişki	28
Şekil 6.2 Tabak Dere-Çaltılı AGİ ve Değirmendere-Doğanlar AGİ korelasyonu ...	30
Şekil 6.3 Ahmetli Çayı-Dereköy AGİ ve Değirmendere-Doğanlar AGİ korelasyonu	30
Şekil 6.4 Yeşilkavak barajının kot-alan-hacim grafiği	40
Şekil 6.5 Rippl yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (aylık akış, düzenleme oranı %69,12)	42
Şekil 6.6 Rippl yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (yıllık akış, düzenleme oranı %69,12)	42
Şekil 6.7 Rippl yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (aylık akış, düzenleme oranı %75)	43
Şekil 6.8 Rippl yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (yıllık akış, düzenleme oranı %75)	43
Şekil 6.9 Eklenik farklar yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (aylık akış, düzenleme oranı %69,12)	44
Şekil 6.10 Eklenik farklar yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (yıllık akış, düzenleme oranı %69,12)	45
Şekil 6.11 Eklenik farklar yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (aylık akış, düzenleme oranı %75)	46
Şekil 6.12 Eklenik farklar yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (yıllık akış, düzenleme oranı %75)	46
Şekil 6.13 Minimum akımlar yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi	48
Şekil 6.14 Aylık su bütçesi yöntemi ile belirlenen hazne hacmi-verim-risk ilişkisi..	52
Şekil 6.15 5 durumlu hal için kararlı hal çözümü (hazne başlangıçta dolu)	59
Şekil 6.16 5 durumlu hal için kararlı hal çözümü (hazne başlangıçta boş)	59
Şekil 6.17 10 durumlu hal için kararlı hal çözümü (hazne başlangıçta dolu)	60
Şekil 6.18 20 durumlu hal için kararlı hal çözümü (hazne başlangıçta dolu)	60
Şekil 6.19 Kısıntılı sulamalı işletme çalışmasında yıllara göre hacim değişimi	64

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1 Su kaynakları gelişimi için DSİ ve diğer kuruluşların yaptığı faaliyetler ...	7
Tablo 4.1 Geçiş olasılık matrisi	19
Tablo 5.1 Yeşilkavak barajının teknik özellikleri	26
Tablo 6.1 Yeşilkavak barajı NSS kotundaki net buharlaşma hesabı	29
Tablo 6.2 DSİ-Değirmendere-Doğanlar (5-48) AGİ'nin 1970-2008 yılları arasında DSİ-Tabak Dere-Çaltılı (5-21) AGİ akımlarıyla uzatılmış akım verileri	31
Tablo 6.3 DSİ-Değirmendere-Doğanlar (5-48) AGİ'nin 1970-2008 yılları arasında DSİ-Tabak Dere-Çaltılı (5-21) AGİ akımlarıyla uzatılmış akım verilerinin temel istatistik özellikleri	33
Tablo 6.4 Kıştan artakalan rutubetin bulunması (K.A.R)	35
Tablo 6.5 Aylık gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı (P), aylık su tüketim faktörü (F), etkili yağış (RE) ve iklim katsayısı (KT)	36
Tablo 6.6 Projeli koşullarda öngörülen bitki desenine göre bitki su ihtiyacı hesabı..	37
Tablo 6.7 Çiftlik ihtiyacı, diversiyon ihtiyacı ve sulama modülü hesabı	39
Tablo 6.8 Yeşilkavak barajından yatağa bırakılan ekolojik su ihtiyacı	40
Tablo 6.9 Yeşilkavak barajının kot-alan-hacim değerleri	41
Tablo 6.10 Minimum akımlar yöntemiyle hazne hacmi hesabı	47
Tablo 6.11 Alexander yöntemi ile çeşitli düzenleme oranları ve tekerrür süreleri için belirlenen hazne hacimleri ve kritik dönem uzunlukları	49
Tablo 6.12 Dinçer yöntemi ile çeşitli düzenleme oranları ve tekerrür süreleri için belirlenen hazne hacimleri ve kritik dönem uzunlukları	49
Tablo 6.13 Gould'un Gamma yöntemi ile çeşitli düzenleme oranları ve tekerrür süreleri için belirlenen hazne hacimleri ve kritik dönem uzunlukları	50
Tablo 6.14 Aylık su bütçesi yönteminin birinci uygulamasına (buharlaşma=0, sabit aylık çekim) ait %69,12 ve %75 düzenleme oranlarına göre hazne hacimleri ve riskler	51
Tablo 6.15 Aylık su bütçesi yönteminin ikinci uygulamasına (proje verileri kullanılarak bulunan buharlaşma, sulama ve kullanma suyu değerleri) ait %69,12 ve %75 düzenleme oranlarına göre hazne hacimleri ve riskler	51

Tablo 6.16 5 durumlu halde farklı hazne koşullarının sağlanabilmesi için gerekli akım miktarları	53
Tablo 6.17 10 durumlu halde farklı hazne koşullarının sağlanabilmesi için gerekli akım miktarları	54
Tablo 6.18 20 durumlu halde farklı hazne koşullarının sağlanabilmesi için gerekli akım miktarları	54
Tablo 6.19 5 durumlu hal için geçiş olasılıkları	56
Tablo 6.20 10 durumlu hal için geçiş olasılıkları	56
Tablo 6.21 20 durumlu hal için geçiş olasılıkları	57
Tablo 6.22 Gould yöntemi geçiş olasılıkları matrisi	61
Tablo 6.23 Gould olasılık matrisi yöntemine göre hazne boş kalma olasılığı	63
Tablo 6.24 Kısıntılı sulamalı işletme çalışması	65
Tablo 6.25 İklim değişikliği verileri kullanılarak Gould olasılık matrisi yöntemine göre hazne boş kalma olasılığı	67
Tablo 7.1 Farklı yöntemlerle bulunan aktif hazne hacimleri	68

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Günümüzde nüfusun sürekli büyümesi, sanayileşmenin ve şehirleşmenin hızla artması sonucu her geçen gün kullanılabilir su ihtiyacı artmakta, iklim değişiklikleri ile mevcut su kaynakları su ihtiyacını karşılayamayacak hale gelmektedir. Bu etkenler, su kaynaklarının yönetimi ile ilgili yasal düzenlemeleri ve uygulamaları son derece önemli hale getirmektedir.

Tüm dünyada yaşamsal öneme sahip olan su, Ortadoğu’da daha da önem kazanmaktadır. Bilen (1996) ve Kuruçim (2008), Ortadoğu’daki su sorununu, “Ortadoğu için su sorunu yaşamsal önemdedir. Petrol nasıl tüm dünya için önemliyse Ortadoğu için de su aynı şekilde vazgeçilmezdir” şeklinde tanımlamaktadır. Bu durum, ülkelerin su sorununu önlemeye yönelik su kaynaklarının yönetimi ile ilgili politikalar ve projeler üretmelerini kaçınılmaz hale getirmektedir.

Hızlı bir şekilde gelişen ve büyüyen ülkemizde de, bu gelişmeye paralel olarak kullanılabilir su ihtiyacı hızla artmaktadır. Kuruçim (2008), ülkemizdeki su sorununu, “Artan nüfus, sosyo-ekonomik gelişme, kirlilik, küresel ısınmanın etkileri ve dış politikadan kaynaklanan baskılar zaten su zengini olmayan ülkemizin su sorununu büyütmektedir” şeklinde tanımlamaktadır (s. 357).

Su kaynaklarının su ihtiyacına uygun ve etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla inşa edilen baraj haznelinde depolanan su, kolay ulaşılabilir ve yenilenebilir olması nedeniyle içme, kullanma, sulama, akarsu ulaşımı, enerji üretimi ve sanayi suyu gibi ihtiyaçların karşılanmasında en önemli kaynaklardandır.

Akarsuların akım rejimi çoğu zaman akarsudan karşılanan su ihtiyaçlarına uygun bir düzende değildir. Mevcut su kaynakları ile su taleplerinin farklı yapılarda olması, akımlardaki ve taleplerdeki zaman içerisinde oluşabilecek değişiklikler, mevcut su kaynakları ile su talepleri arasında uyumsuzlıklara neden olacaktır. Meydana gelecek uyumsuzlukları ortadan kaldırmak ve su kaynağından en iyi şekilde faydalanabilmek

amacıyla baraj haznelerinin tasarlanması büyük önem taşımaktadır. Su kaynaklarının geliştirilmesi için, öncelikli olarak düşük miktardaki su talebinin doğrudan akarsuyun doğal akışından karşılanması; su talebi miktarının akarsuyun minimum doğal akışından fazla olması halinde ise, su talebinin baraj haznelerinden karşılanması gerekmektedir.

1.1 Amaç

Baraj projelerinin gerçekleştirilebilmesi için büyük yatırımlara ihtiyaç vardır. Özellikle biriktirme haznelerinin inşaat maliyetleri, baraj projesinin ekonomisinde büyük yer tutmaktadır. Hazne kapasitesinin gereğinden büyük tutulması, biriktirme haznelerinin inşaat maliyetlerinin çok yüksek yapılar olması nedeniyle, proje ekonomisinde önemli derecede azalmaya yol açabilecektir. Hazne kapasitesinin gereğinden küçük tutulması ise bazı dönemlerde haznenin kurumasına dolayısıyla su ihtiyacının karşılanamamasına neden olabilecektir. Ayrıca biriktirme haznelerinin planlama aşamasında belirlenen proje kriterlerinin uygulama aşamasında değiştirilmelerinin çok zor olması gibi nedenlerden dolayı, planlama aşamasında doğru hazne kapasitesinin araştırılması gerekmektedir.

Hazne kapasitesi; hazneye giren akımlar, hazneden buharlaşma kayıpları ve diğer kayıplar, hazneden çekilmesi istenen su miktarı ve haznenin işletme şekli gibi parametrelere bağlıdır (Özkul, 2010; Rao, Moore, O'Connell ve Jamieson, 2001).

Birbirinden farklı hazne tasarım yöntemlerinin uygulanması ile en doğru hazne kapasitesinin planlanması ve planlanan hazne kapasitelerinin, akımlar ve su taleplerindeki zaman içerisinde meydana gelebilecek değişimler sonucunda su taleplerini karşılayamama risklerinin belirlenmesi, geleceğe yönelik önlemlerin zamanında alınabilmesini sağlaması açısından büyük önem taşımaktadır.

Biriktirme haznelerinin kapasite tasarımında kullanılan farklı yöntemlerin birbirlerine göre üstün ve/veya eksik yönleri vardır (Bacanlı ve Baran, 2006; Bacanlı, Özkul ve Baran 2003). Hazne kapasite tasarımında sentetik veriler kullanıldığı gibi

(Bacanlı ve Baran, 2006; Oğuz ve Bayazıt, 1991), kapasite-risk-verim gibi biriktirme haznesinin karakteristikleri arasındaki ilişkiler doğrudan doğruya kullanılabilir (Bacanlı ve Baran, 2006; Bayazıt ve Bulu, 1991).

Başlangıçta dolu olduğu kabul edilen bir haznenin tamamen boş olacağı zamana kadarki en kritik zaman periyodu olarak tanımlanan kritik periyot, haznelerin planlama, tasarım ve işletiminde son derece önem taşır (Aksoy, 2001; Bacanlı ve Baran, 2006; Oğuz ve Bayazıt, 1991). Yeterli kapasitesi olan bir hazne kritik dönemin başlangıcında tamamen dolu iken kritik dönemin sonunda hazne göl seviyesi minimuma inecektir. Hazne hacminin belirlenmesinde, tüm gözlem sürecindeki en büyük kritik dönem dikkate alındığından, hazne gözlem süresi boyunca yalnızca bir kez minimum seviyeye düşecektir (Oğuz ve Bayazıt, 1991; Özkul, 2010).

Kritik periyot uzadıkça bu periyotta proje sulama suyunu karşılayabilmek için daha önceki yıllardan daha fazla suyun biriktirilmesi, bir başka deyişle aktif depolama hacminin büyük tutulması gerekmektedir. Bu durum proje maliyetinin en önemli bileşeni olan depolama tesisinin maliyetinin artmasına neden olur. Kısıntılı sulama konusu da proje gelirinde ihmal edilebilecek bir azalmaya karşılık toplam proje maliyetinde büyük bir azalma olasılığının araştırılması sonucunda gündeme gelmektedir ve işletme çalışmalarında dikkate alınması birçok proje için kaçınılmaz olmaktadır. Ancak kısıntının miktarı, buna hangi koşullarda izin verilebileceği ve bu kısıntılı sulama nedeniyle gelirden ne oranda azalma meydana geleceği konuyla ilgili değişik disiplinlerdeki uzmanların çalışmalarıyla belirlenebilir (Akkaya ve Tanrıverdi, 1992).

Hazne kapasitesinin bağlı olduğu akım değerleri, su ihtiyaçları, buharlaşma kayıpları, sızma kayıpları ve işletme şekli gibi parametreler, sadece planlamanın yapıldığı ana kadar mevcuttur. Klasik hazne tasarım yöntemlerinde yalnızca gözlenmiş değerler göz önüne alınmakta ve gelecekte de bu değerlerin aynen tekrarlayacağı varsayılmaktadır. Fakat, bu değişkenler rastgele yapıdadır ve bu nedenle de hidrolojik çalışmalarda, olasılık teorisi ve istatistik bilimleri

yöntemlerinin kullanılmasının da büyük önem taşıdığı bilinmektedir. Bu durum göz önüne alındığında geçmişteki olayların aynen tekrarlaması varsayımı geçersiz olmaktadır. Bu sakıncayı ortadan kaldırmak ve verilebilecek en iyi kararı araştırmak için, diğer değişkenlerle beraber hazne kapasitesini belirleyen önemli değişken olan akımların stokastik yapısı da dikkate alınmalıdır. Böylece klasik yöntemlerdeki olasılık riskinin belirsizliğine karşın stokastik yöntemlerde çekilen su-kapasite-risk ilişkisi belirlenebilmektedir (Akkaya ve Tanrıverdi, 1992).

Bu çalışmada, Türkiye'nin mevcut su kaynaklarının en etkin bir şekilde kullanılmasına yönelik ve su kaynaklarının geliştirilmesine yönelik izlediği su politikası araştırılmıştır. Uygulama alanında farklı yöntemlerle baraj hazne kapasiteleri, kritik periyot uzunlukları ve ihtiyacı karşılayamama olasılıkları belirlenmiştir. Farklı yöntemlerle bulunan hazne kapasiteleri, kritik periyot uzunlukları ve ihtiyacı karşılayamama olasılıkları karşılaştırılarak, bu yöntemlerin birbirlerine karşı üstün veya eksik yönleri araştırılmıştır. Hazne işletim kuralları, kritik periyot uzunluğu, buharlaşma ve sızma gibi kayıplar ile su ihtiyacının büyüklüğü gibi parametrelerin gerekli hazne kapasitesini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Ayrıca Yeşilkavak barajının planlanan hazne kapasitesi, farklı yöntemlerle bulunan hazne kapasiteleri ile karşılaştırılmış ve iklim değişikliğinin planlanan hazne kapasitesini nasıl etkilediği konusu da araştırılmıştır.

1.2 Kapsam

Çalışmada öncelikle Türkiye'nin yeraltı ve yerüstü su potansiyeli, mevcut su potansiyelinin geliştirilmesine yönelik yapılan ve gelecekte yapılması hedeflenen çalışmalar incelenmiştir. Türkiye'nin mevcut su kaynaklarından en etkin bir şekilde faydalanılması, çeşitli su ihtiyaçlarının karşılanması ve tarımsal alanların sulanması gibi amaçlarla gerçekleştirilen ve gerçekleştirilmesi planlanan baraj projeleri incelenmiştir. Baraj hazne kapasitesinin belirlenmesi amacıyla yapılan mevcut çalışmalar araştırılmış ve hazne kapasitesinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan kritik dönem yöntemlerinden Rippl (eklenik akımlar) yöntemi, eklenik farklar yöntemi, ardışık tepeler yöntemi, minimum akımlar yöntemi, Alexander

yöntemi, Dinçer yöntemi, Gould'un Gamma yöntemi, aylık su bütçesi yöntemi ile olasılık matris yöntemlerinden Moran olasılık matrisi yöntemi ve Gould olasılık matrisi yöntemi incelenmiştir. Ayrıca, DSİ projelerinde yaygın olarak kullanılan kısıntılı sulamalı işletme çalışması ve iklimde meydana gelebilecek değişikliklerin planlanan hazne kapasitesini nasıl etkilediği konuları da incelenmiştir. Yeşilkavak barajı projesi nedeniyle uygulama alanı olarak Kısıkdere (Değirmendere) alt havzası seçilmiş ve bu alanda bir uygulama çalışması yapılmıştır. Havzada gözlenmiş aylık ve yıllık ortalama akım verileri, sulama suyu ihtiyacı, buharlaşma ve sızma kayıpları gibi parametreler kullanılarak Rippl, eklenik farklar, ardışık tepeler, minimum akımlar, Alexander, Dinçer, Gould'un Gamma ve aylık su bütçesi gibi kritik dönem yöntemleri ile hazne kapasiteleri, kritik periyot uzunlukları ve ihtiyacı karşılayamama olasılıkları hesaplanmıştır. Moran ve Gould olasılık matrisi yöntemleri ile Yeşilkavak barajının planlanan hazne kapasitesinin kuruma olasılığı araştırılmıştır. Yeşilkavak barajı projesinde hazne kapasitesinin belirlenmesinde kısıntılı sulamalı işletme çalışması yapıldığından, uygulamada kısıntılı sulamalı işletme çalışması da yapılmış, sonuçlar diğer yöntemlerle bulunan hazne kapasitesi değerleriyle ve planlanan hazne kapasitesiyle karşılaştırılarak irdelenmiştir. İklim değişikliğinin planlanan hazne kapasitesini nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla, iklim değişikliği verilerine Gould olasılık matrisi yöntemi uygulanarak, planlanan hazne kapasitesinin kuruma olasılığı da araştırılmıştır.

BÖLÜM İKİ

TÜRKİYE’NİN SU POLİTİKASI VE BARAJLAR

Türkiye’de yıllık ortalama yağış yaklaşık 643 mm olup, yılda ortalama 501 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m³’ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³’lük kısmı yer altı suyunu beslemekte, 158 milyar m³’lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m³’lük suyun 28 milyar m³’ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca, komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m³ su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 milyar m³ olmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 41 milyar m³ de dikkate alındığında, ülkemizin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m³ olarak hesaplanmıştır. Ancak, günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli amaçlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yurtiçindeki akarsulardan 95 milyar m³, komşu ülkelerden yurdumuza gelen akarsulardan 3 milyar m³ olmak üzere yılda ortalama toplam 98 milyar m³, 14 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olmaktadır (Yalçın ve Eken, 2006).

Ülkemizin su kaynaklarından faydalanmak, zararlarından korunmak, bilim ve tekniğe uygun olarak, milli menfaatlerimizi gözeterek bir yaklaşımla su ve ilgili toprak kaynaklarımızın geliştirilmesini sağlamak amacıyla DSİ kurulmuştur. DSİ, ülkemizdeki bütün su kaynaklarının planlanması, yönetimi, geliştirilmesi ve işletilmesinden sorumlu yatırımcı bir kuruluştur (www.dsi.gov.tr).

Türkiye’de nüfusun sürekli büyümesi, sosyo-ekonomik gelişme ve iklim değişikliği gibi etkenler su zengini olmayan ülkemizin su sorununu daha da büyütmektedir. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) verilerine göre, 2030 yılında nüfusumuzun 100 milyon olacağı hesaplanmış, buna bağlı olarak kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının büyük oranda düşeceği söylenebilir. Ülkemizde, başta

DSİ olmak üzere su kaynakları gelişiminden sorumlu olan kurum ve kuruluşların 2003 yılı başı itibariyle geliştirdikleri projeler sonucu çeşitli amaçlara yönelik su tüketimi 6,2 km³'ü yeraltı suyundan, 33,9 km³'ü ise yüzey suyundan olmak üzere toplam 40,1 km³'e ulaşmış, 2003 yılı itibariyle sulama sektöründe 29,6 (%74) milyar m³, içme suyu sektöründe 6,2 (%15) milyar m³, sanayide 4,3 (%11) milyar m³ olmak üzere toplam 40,1 milyar m³ su tüketildiği hesaplanmıştır. DSİ, sulama sektöründe kullanılan suyu 2030 yılında 72 milyar m³'e ve sulu tarıma açılan alanları ise 4,9 milyon ha'dan 8,5 milyon ha'a çıkarmayı planlamaktadır (Yalçın ve Eken, 2006).

Türkiye'nin yenilenebilir, ucuz ve çevre dostu olan hidroenerji potansiyelinden ve su kaynaklarımızın sağladığı diğer ekonomik ve sosyal faydalardan verimli ve sürdürülebilir biçimde yararlanması amacıyla gerekli projeler hayata geçirilmektedir. Bu çerçevede, başta GAP Bölgesi olmak üzere ülkemizdeki baraj, hidroelektrik santrali ve sulama projelerinin bir an önce gerçekleştirilmesine ilişkin çalışmalar sürdürülmektedir (www.mfa.gov.tr).

Türkiye'de 2030 yılı sonunda mevcut su kaynaklarının neredeyse tümünün barajlar aracılığıyla devreye girmesi planlanmaktadır. Su kaynakları gelişimi için DSİ ve diğer kuruluşların yaptığı barajlar ve diğer faaliyetler Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1 Su kaynakları gelişimi için DSİ ve diğer kuruluşların yaptığı faaliyetler (Yalçın ve Eken, 2006)

	İŞLETMEDE			İNŞA HALİNDE/ PROGRAMDA		
	DSİ'ce	Diğer	Toplam	DSİ'ce	Diğer	Toplam
1 Ocak 2005						
BARAJ (adet)	544	11	555	209	1	210
(Büyük Su İşleri)	201	11	212	85	1	86
(Küçük Su İşleri)	343	-	343	124	-	124
HES (adet)	53	82	135	53	17	70
(Kurulu Güç-MW)	10215	2416	12631	8982	465	9447
(Yıllık Üretim-GWh)	36481	8844	45325	29581	1725	31306
Gölet (adet)	47	617	664	1	43	44
Sulama (milyon ha)	2,77	2,12	4,89	0,8	-	0,8
İçme Suyu (milyar m ³)	2,50	0,46	2,96	1,09	-	1,09
Taşkın Kontrol Alanı (milyon ha)	1,0	-	1,0	0,5	-	0,5

BÖLÜM ÜÇ

MEVCUT ÇALIŞMALAR

Su ihtiyacının karşılanması için gerekli hazne kapasitesinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar 1883 yılında W. Rippl tarafından yapılan çalışmalara uzanır. Rippl, gerekli hazne kapasitesinin belirlenmesinde, net buharlaşma kayıplarını dikkate almayan sadece tarihsel akış kayıtlarına dayanan eklenik akımlar yöntemini geliştirmiştir. King (1920) yaptığı çalışmalarda, kritik dönemde buharlaşma kayıplarını ve yağışları da dikkate alarak Rippl yöntemini geliştirmiştir (McMahon ve Mein, 1986).

1945 yılında Waitt tarafından sadece düşük akış dizilerinin kullanıldığı minimum akım yaklaşımı ileri sürülmüştür. Bu yaklaşımda, değişik sürelerde en düşük alt akış dizileri, akış kayıtlarından seçilmiş ve akış hacim süre değerleri grafiğe işlenmiştir (McMahon ve Mein, 1986).

Moran (1959) hazne depolama sistemlerinin olasılık teorisini formüleştirmiş ve Moran olasılık matrisi yöntemini ileri sürmüştür (McMahon ve Mein, 1986).

1961 yılında Gould, hazne kapasitesinin belirlenebilmesi için, aylık akımların içsel bağımlılığı ve mevsimselliğini de dikkate alarak Moran olasılık matrisi yöntemini geliştirmiştir.

Alexander 1962 yılında, hazne boyutlandırılmasında kullanılan, farklı tekerrür aralıkları, kritik dönem uzunlukları ve düzenleme oranları için elde edilmiş eğrilerin yer aldığı abaklar oluşturmuştur.

Thomas tarafından geliştirilen (Thomas ve Burden, 1963) ardışık tepeler yöntemi, eklenik akımlar (Rippl) yönteminin bir versiyonu olup, eklenik akımlar yönteminden farkı, veri dizisinin ardışık olarak iki kez eklenerek hesapların yapılmasıdır.

Gould-Dinçer yaklaşımı, ilk olarak 1966 yılında C.H. Hardison tarafından sunulmuştur. T. Dinçer tarafından geliştirilen yöntemde, hazne akımlarının normal dağılımlı ve seri olarak ilintisiz olduğu kabul edilmiştir. 1964 yılında Gould, bağımsız olarak, benzer şekilde fakat birleşik akımların gamma dağılımlı olduğu bir yöntem geliştirmiştir (McMahon ve Mein, 1986).

McMahon (1976), hazne depolama kapasitesinin tahmini için, Avustralya'daki 156 akarsu havzasına ait akış değerleri ile Gould olasılık matrisi yöntemini kullanarak yapmış olduğu çalışmasında, %90, %70, %50 ve %30 düzenleme oranlarını ve %2,5, %5 ve %10 ihtiyacı karşılayamama olasılıklarını kullanmıştır (McMahon ve Mein, 1986).

Karadeniz (1978), seri bağlı, sulama amaçlı iki barajda, sulamaya verilen su ile sulama geliri arasındaki bağıntıyı incelemiştir. Çalışmada, sulamaya verilen suyun üst sınırı Blaney-Criddle yöntemine göre saptanmakta, ancak sistemin su potansiyelinin yeterli olmadığı yıllarda, sulamaya verilen yıllık su miktarı için kısıntı uygulanmaktadır. Çalışmada ayrıca sistemin simulasyonu gerçekleştirilerek ekonomik tepki eğrisi incelenmekte ve optimum çözüm aranmaktadır (Akkaya ve Tanrıverdi, 1992).

Teoh ve McMahon (1982), Avustralya'daki 33 ve Malezya'daki 12 akarsu havzasına ait akış değerleri için, Hurst, Alexander, Gould (sentetik), Dinçer, Gould'un Gamma, Hardison, Guglij ve McMahon yöntemleri ile hazne depolama kapasitesi tahminleri yapmışlar, sonuçları su bütçesi ve Gould dönüşüm matrisi yöntemleriyle karşılaştırmışlardır.

English ve arkadaşları (1985), kısıntılı sulamaya pratik bir bakış açısı getirmişlerdir. Çalışmada, kısıntılı sulamanın, özellikle suyun yetersiz ve pahalı olduğu durumlarda, toplam geliri arttıracığı belirtilmiştir. Hargreaves ve arkadaşları (1989), tam sulama yerine eksik su vererek daha fazla alan sulaması ve bunun dereceleri üzerinde çalışmışlardır. Stewart (1989), yarı kurak bölgelerde küçük bir alanı tam sulamak yerine, daha büyük bir alanı belirli oranlarda eksik sulamanın,

özellikle sulama maliyetlerinin ürün gelirine kıyasla daha yüksek olduğu durumlarda daha ekonomik olduğunu vurgulamıştır (Akkaya ve Tanrıverdi, 1992).

Halden ve Özkul (2004), DSİ tarafından planlanan Yiğitler barajı projesi nedeniyle, Yiğitler alt havzasında, tek biriktirme haznesi için kapasite-verim risk ilişkisini araştırmışlardır. Çalışmada, Gediz havzası Yiğitler çayı üzerinde bulunan EİE-Yiğitler (525) akım gözlem istasyonunda gözlenmiş 19 yıllık (1976-1994) aylık ve yıllık ortalama akım verilerini kullanarak, eklenik akımlar, eklenik farklar, ardışık tepeler, minimum akımlar, Alexander, Dinçer, Gould'un Gamma ve aylık su bütçesi yöntemleri ile hazne kapasitesini hesaplamışlar, elde edilen sonuçları Yiğitler barajının planlanan hazne kapasitesi ile karşılaştırarak irdelemişlerdir.

Bacanlı ve Koç (2006), DSİ tarafından planlanan Yenidere barajı projesi nedeniyle, Yenidere alt havzasında, tek biriktirme haznesi için kapasite-verim risk ilişkisini araştırmışlardır. Çalışmada, Moran olasılık matrisi yöntemi ile hazne kapasitesini hesaplamışlar ve elde edilen sonuçları Yenidere barajının planlanan hazne kapasitesi ile karşılaştırarak irdelemişlerdir.

Bacanlı ve Baran (2006), sanal bir biriktirme haznesi için kapasite-verim-risk ilişkisini araştırmışlardır. Bu amaçla, Büyük Menderes havzası Çine çayı üzerinde bulunan EİE-Kayırlı (701) akım gözlem istasyonunda gözlenmiş 63 yıllık (1938-2000) aylık ve yıllık ortalama akım verilerini kullanarak, minimum akımlar, Alexander, Dinçer, Gould'un Gamma, McMahan, Gould sentetik, aylık su bütçesi, olasılık matris yöntemleri ile hazne kapasitesini hesaplamışlar ve elde edilen sonuçları irdelemişlerdir.

McMahon, Pegram, Vogel ve Peel (2007), Gould-Dinçer yaklaşımının kuramsal temellerini incelemişler, dünya çapında 729 nehirin yıllık akım verilerini kullanarak genişletilmiş eksiklik analizi, su bütçesi ve ardışık tepeler yöntemleri ile hazne kapasitesi tahminleri yapmışlardır.

Sattari, Salmasi ve Öztürk (2008), Doğu Azerbaycan'da (İran'ın kuzey batısında) bulunan sulama amaçlı Yalkız Ağaç barajının kapasitesini, klasik ve optimizasyon yöntemleriyle belirlemişlerdir. Sonuçlara göre hazne kapasitesini Rippl yöntemi ile 13,1 hm³, Ardışık Pik Analizleri yöntemi ile 6,86 hm³ ve Doğrusal Olmayan Optimizasyon yöntemi ile 6,19 hm³ olarak hesaplamışlardır.

Özkul (2010), İzmir İçmesuyu II. Merhale Projesi kapsamında, DSİ tarafından Gördes barajından sonraki kademedeki Manisa ilinde yapılması planlanan 45 hm³ / yıl hacimli Çağlayan barajı örneğinde, biriktirme haznesi için hazne kapasitesi-düzenleme oranı-risk ilişkisini araştırmıştır. Bu amaçla, Kayacık çayı üzerinde bulunan Çağlayan (5-49) akım gözlem istasyonunda gözlenmiş 31 yıllık (1962-1992) aylık ve yıllık ortalama akım verilerini kullanarak, Moran ve Gould olasılık matrisi yöntemleri ile Çağlayan barajının planlanan hazne kapasitesinin kuruma olasılığını hesaplamış ve irdelemiştir.

BÖLÜM DÖRT

HAZNE KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Hazne kapasitesinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler teorik olarak üç kısma ayrılmasına karşın, bu gruplar arasındaki ayrım çok belirgin değildir. Birinci grupta yer alan “kritik dönem yöntemleri”, giriş akımlarının ihtiyacı karşılamaması durumunda, gerekli depolama hacminin belirlenmesi amacıyla gözlenmiş ardışık akımların kullanıldığı yöntemlerdir. Ön tasarım aşamasında kullanılan ve klasik bir yöntem olan Rippl yönteminin (eklenik akımlar) yanı sıra, eklenik farklar, minimum akımlar ve ardışık tepeler yöntemleri ile son tasarım aşamasında yine yaygın olarak kullanılan aylık su bütçesi yöntemi bu gruba örnek olarak verilebilir. Ancak bu yöntemlerde, öngörülen hazne hacminin ihtiyacı karşılamada taşıdığı riski tanımlamak mümkün değildir. Bu noktada, belirli bir dağılımın uygunluğunun öngörüldüğü ve riskin de ifade edilebildiği Alexander, Dinçer, Gould’un Gamma yöntemi gibi yöntemler uygulama alanı bulmaktadır (Bacanlı ve Baran, 2006; Halden ve Özkul, 2004; McMahon ve Mein, 1986).

İkinci grupta Moran hazne teorisini temel alan yöntemler yer almakta olup, bu grubun önemli bir kısmını Olasılık Matris yöntemleri oluşturmaktadır. Ön tasarım aşamasında McMahon tarafından geliştirilen ampirik denklem ve çeşitli dağılımlar için Hardison tarafından geliştirilen abaklar yardımıyla hazne hacminin tayini bu grubun örnekleri arasında sayılabilir (Bacanlı ve Baran, 2006; McMahon ve Mein, 1986). Kesin tasarım aşamasında ise Moran ve Gould tarafından geliştirilen olasılık matris yöntemleri kullanılmaktadır (Bacanlı, Özkul ve Baran, 2003; McMahon ve Mein, 1986; Özkul, 2010).

Üçüncü grup ise “sentetik veri kullanımını temel alan yöntemler”den oluşmaktadır. Gould’un geliştirdiği abaklar, bu grubun ön tasarım aşamasında kullanılabilir en kayda değer örneğidir. Monte Carlo yöntemleri olarak tanımlanan sentetik seri üretimi, hazne hacminin belirlenmesinde tek başına kullanılan bir araç olmayıp, daha çok haznenin çeşitli durumlar için sınanmasına olanak tanıyan

benzetim çalışmalarında, diğer yöntemlerle birlikte kullanım alanı bulmaktadır (Bacanlı ve Baran, 2006; Halden ve Özkul, 2004).

Bu çalışmada; hazne kapasitesinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden, pratikte daha yaygın olarak kullanılmalrı nedeniyle, Rippl yöntemi, eklenik farklar yöntemi, ardışık tepeler yöntemi, minimum akımlar yöntemi, Alexander yöntemi, Dinçer yöntemi, Gould'un Gamma yöntemi ve aylık su bütçesi yöntemi gibi kritik dönem yöntemleri ile Moran ve Gould olasılık matrisi yöntemleri sunulmuştur. Çalışmada ayrıca; Yeşilkavak barajının planlanan hazne kapasitesinin belirlenmesinde kısıntılı sulamalı işletme çalışması yapıldığından, DSİ projelerinde yaygın olarak kullanılan kısıntılı sulamalı işletme çalışması ve iklim değişikliğinin planlanan hazne kapasitesini nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla, iklim değişikliği verileri ile hazne kapasitesinin belirlenmesi konuları da sunulmuştur.

4.1 Kritik Dönem Yöntemleri

4.1.1 Rippl Yöntemi (Eklenik Akımlar Yöntemi)

İlk kez Avusturyalı mühendis W. Rippl tarafından 1883 yılında geliştirilmiş olan metod, hazneye giren sularla, haznedeki çekilen sular ve depolama gereksinimleri arasındaki bağıntının araştırılmasında kullanılan en eski metodlardan biridir. Rippl metodu, bugün bile halen pek çok su kaynakları planlamacıları tarafından kullanılmaktadır. Metod, gözlenmiş veya simule edilmiş akımlar (Q_t) ile haznedeki çekilecek suların (R_t) maksimum pozitif kümülatif farkını bulmayı içerir (Akkaya ve Tanrıverdi, 1992). Aktif hazne kapasitesi;

$$K_a = \text{maksimum} \left(\sum_{t=i}^j (R_t - Q_t) \right) \quad (4.1)$$

$1 \leq i \leq j \leq t$

Rippl yönteminde, haznenin kritik dönemin başında dolu olduğu, ihtiyaçların uniform olarak karşılandığı ve gelecekte mevcut verilerle gözlenenden daha büyük bir kurak dönemin yaşanmayacağıdır. Buharlaştırma kayıplarının dikkate alınmaması,

belirlenen hazne hacminin mevcut veri uzunluğuyla orantılı olarak artması ve belirlenen hacmin ihtiyacı karşılayamama olasılığının belirlenememesi yöntemin en büyük sakıncalarıdır. Avantajları ise, yöntemin basit ve anlaşılır olması, gözlenen akım değerleri aynen kullanıldığından mevsimsellik, içsel bağımlılık gibi akım özelliklerinin göz önünde bulundurulmasıdır (Bayazıt, 1997; Halden ve Özkul, 2004; McMahon ve Mein, 1986).

4.1.2 Eklenik Farklar Yöntemi

Eklenik farklar yöntemi, Rippl yönteminin biraz daha karışık versiyonudur ancak grafik ölçek olarak daha uygundur. Her bir akım verisinden ve çekim değerinden ortalama akımlar çıkartılarak farklar elde edilir. Daha sonra bu farkların eklenik değerleri çizilir. Çekim ve eklenik fark arasındaki en büyük ölçüm, hazne hacmini vermektedir (Bayazıt, 1997; Halden ve Özkul, 2004; McMahon ve Mein, 1986).

4.1.3 Ardışık Tepeler Yöntemi

Thomas (1963) tarafından geliştirilen yöntemin uygulanmasında, öncelikle eklenik akım-çekim farkları hesaplanmaktadır. Eklenik akım-çekim farklarından en büyük ilk değer (H1) ile bundan sonra gelen daha büyük ikinci değer (H2) ve bu iki değer arasındaki bölgede yer alan en küçük değerler (T1) işaretlenmektedir. (H1-T1) farkı bir hacim olarak not edilmektedir. Tüm veriler tamamlanıncaya kadar (H-T) farkları belirlenmekte ve (H-T) farklarından en büyüğü gerekli hazne kapasitesi olarak alınmaktadır (Halden ve Özkul, 2004; McMahon ve Mein, 1986).

4.1.4 Minimum Akımlar Yöntemi

Minimum akımlar yöntemi ile yıllar arası düzenleme yapmak için gerekli kapasiteyi belirlerken önce akım gözlemlerinden en küçük 5, 10, 20, ... , 100 aylık toplam akımlar bulunur. Bulunan değerler zaman ekseninde sırasıyla 5, 10, 20, ..., 100 aya karşı gelecek şekilde noktalanarak minimum akımlar (kuraklık) eğrisi elde edilir. Bu doğru ile çekim eğrisi arasındaki en büyük düşey uzaklık hazne kapasitesi

olarak belirlenir (Bacanlı ve Baran, 2006; Bayazıt, 1997; Halden ve Özkul, 2004; McMahon ve Mein, 1986).

4.1.5 Alexander Yöntemi

Alexander yöntemi, minimum akım yaklaşımının farklı bir uygulamasıdır. Yıllık akımların kullanıldığı yöntemde, akımların bağımsız ve Gamma dağılımlı olduğu kabulü yapılmaktadır. Boyutlandırmada, farklı tekerrür aralıkları, kritik dönem uzunlukları ve düzenleme oranları için elde edilmiş eğrilerin yer aldığı abaklardan yararlanılmaktadır (Alexander, 1962; Bacanlı ve Baran, 2006; Halden ve Özkul, 2004). Alexander yönteminde Gamma dağılımının parametreleri (α , şekil parametresi ve β , ölçek parametresi) hesaplanır. Daha sonra belirli bir tekerrür süresi (T_r) ve düzenleme oranı (D) için Ek-1’de verilen Alexander’in hazne kapasitesi-düzenleme oranı-olasılık abağından Alexander kritik dönem uzunluğu (CP_1) ve hazne hacmi (τ_1) belirlenir. Ek-1’de verilen abak $\alpha=1$ için oluşturulduğundan, bulunan değerler (4.2) ve (4.3) bağıntıları yardımıyla düzeltilmektedir.

$$\text{Hazne kapasitesi; } C = (\tau_1 / \alpha) * \mu \quad (4.2)$$

$$\text{Kritik dönem uzunluğu; } CP = CP_1 / \alpha \quad (4.3)$$

Ek-2’de verilen %70 düzenleme oranı için içsel bağımlılığın hazne kapasitesine etkisi abağı yardımıyla içsel bağımlılık etkisi katsayısı belirlenir ve içsel bağımlılık etkisi düzeltilmesi yapılarak gerekli hazne hacmi bulunur. Yöntemin uygulanması basit ve hızlıdır. Gamma dağılımlı ($C_s \approx 2C_v$) veriler kullanılması halinde, ilk tasarım hesaplamaları için yeterli güvenilirlikte sonuçlar vermektedir (Bacanlı ve Baran, 2006; Halden ve Özkul, 2004; McMahon ve Mein, 1986).

4.1.6 Dinçer Yöntemi

Alexander yöntemiyle benzer bir yöntem olan yıllık akımların kullanıldığı Dinçer yönteminde, yıllık akımlar normal dağılımlı olarak kabul edilmektedir.

Bu yöntemde hazne kapasitesi (C) ve kritik dönem uzunluğu (CP) sırayla (4.4) ve (4.5) bağıntılarıyla verilmektedir.

$$C = \mu (z_p^2 / 4 (1-D)) C_v^2 \quad (4.4)$$

$$CP = (z_p^2 / 4 (1-D)^2) C_v^2 \quad (4.5)$$

(4.4) ve (4.5) bağıntılarında C_v : değişkenlik katsayısı, z_p : % p olasılıklı standart normal değişken, D: düzenleme oranı ve μ : ortalama akımdır (Bacanlı ve Baran, 2006; Halden ve Özkul, 2004; McMahon ve Mein, 1986).

4.1.7 Gould'un Gamma Yöntemi

Yöntem, Alexander ve Dinçer yöntemlerinin birlikte uygulanması şeklinde tanımlanabilir. Normal dağılımın parametreleri daha kolay hesaplanabilmekte, buna karşılık, Gamma dağılımı yıllık verilere daha iyi uymaktadır (Bacanlı ve Baran, 2006; Gould, 1964; Halden ve Özkul, 2004).

$$\tau = (z_p^2 / 4 (1-D)) - d) C_v^2 \quad C = \mu \tau \quad (4.6)$$

C: hazne kapasitesi, C_v : değişkenlik katsayısı, z_p : % p olasılıklı standart normal değişken, D: düzenleme oranı, μ : ortalama akım ve d: Gould tarafından önerilen düzeltme faktörü (Ek-3) olmak üzere; hesaplamalarda normal dağılım parametreleri kullanılmakta ve daha sonra Gamma dağılımına uygunluğunu sağlamak üzere, hazne hacmi (4.6) bağıntısından hesaplanmaktadır.

4.1.8 Aylık Su Bütçesi Yöntemi

Kritik dönem yaklaşımlarından Aylık Su Bütçesi (süreklilik denklemi) yönteminde, buharlaşma ve tüm kayıplar ile ihtiyaçların aylık veya mevsimsel değişimi dikkate alınabildiği gibi, kısıtlı su verme gibi çeşitli işletme koşulları da rahatlıkla uygulanabilmektedir. Dolayısıyla yöntem kesin tasarım aşamasında

güvenle kullanılabilir bir yaklaşım olarak görülmektedir. Ancak, özellikle veri dizisinin ilk dönemlerinde düşük akımların oluşması durumunda, haznenin başlangıçta dolu olduğu kabulü, hesaplanan riski (veya haznenin verimini) önemli ölçüde etkilemekte; ayrıca, kesikli veri dizileriyle çalışmada sorunlarla karşılaşmaktadır (Özkuş, 2010).

Aylık Su Bütçesi yönteminde, haznenin başlangıçta tam dolu olduğu kabul edilerek belirli bir hazne hacmi (C) seçilir. Hazne hacmi $0 \leq Z_{t+1} \leq C$ arasında kalacak şekilde (sonlu hazne hacmi kabulüyle) kütlenin korunumu prensibi uygulanarak, her ay sonundaki hacim;

$$Z_{t+1} = Z_t + Q_t - D_t - \Delta E_t - L_t \quad (4.7)$$

bağıntısından hesaplanır. (4.7) bağıntısında Z_t : t zaman periyodu başındaki depolama hacmi, Z_{t+1} : t zaman periyodu sonundaki depolama hacmi, Q_t : giren akımlar, D_t : kullanımlar, ΔE_t : net buharlaşma kaybı, L_t : diğer kayıplar ve C: aktif depolama hacmidir.

Haznenin yalnızca bir kez boş kalma olasılığı için bulunan hazne hacmi, eklenik akımlar yöntemiyle bulunan hazne hacmiyle aynıdır. Haznenin boş kalma olasılığı, hazne hacminin sıfıra düştüğü ay sayısının toplam veri sayısına bölünmesiyle hesaplanır (Bacanlı ve Baran, 2006; Bayazıt, 1997; Halden ve Özkuş, 2004; McMahon ve Mein, 1986; Koutsoyiannis, 2004).

4.2 Olasılık Matris Yöntemleri

Olasılık Matris Yönteminin diğer bazı yöntemlere göre en önemli avantajı kapasite-düzenleme oranı-risk ilişkisi kurulabilmesidir. Böylece farklı hacimlerin kuruma olasılıkları belirlenebilmektedir. Diğer önemli avantajı ise kesikli veriyle de çalışılabilmesidir. Ayrıca, dönüşüm matrisi kararlı hale geldiğinde elde edilen olasılıklar, haznenin başlangıç doluluk oranından bağımsız durumu yansıtmaktadır. Bu yöntemle, işletme aşamasında, belirli bir doluluk oranıyla döneme başlayan

haznenin, dönemi (veya ardışık olarak sonraki her bir dönemi) çeşitli doluluk oranlarıyla tamamlama olasılıklarını söyleyebilmek de mümkün olmaktadır (Özkuş, 2010).

Stokastik hazne teorisi hazne kapasitesi, hazneye giren akımların istatistiksel özellikleri ve çekilen su miktarı bilindiğine göre, haznede depolanan su hacminin uzun süreli işletme sonunda yaklaşacağı limit (kararlı durum) olasılık dağılımının belirlenmesini amaçlar (Bayazıt, 1997; Özkuş, 2010).

4.2.1 Moran Olasılık Matrisi Yöntemi

1959 yılında Moran tarafından geliştirilen stokastik hazne teorisinde haznede ardışık anlardaki su hacimlerinin Markov zinciri oluşturduğu kabul edilmektedir. Buna göre herhangi bir anda haznedeki su hacminin belli bir durumda bulunması olasılığı, sadece bir önceki anda haznedeki su hacminin hangi durumda bulunduğuna bağlıdır. Ardışık anlardaki durumlar arasındaki P geçiş olasılık matrisi, verilen bir durumdan herhangi bir duruma geçiş olasılıklarını verir:

$$P = [p_{ij}] \quad (4.8)$$

Burada, p_{ij} , t anındaki i durumundan bir sonraki t+1 anındaki j durumuna geçiş olasılığı, yani $P[S_{t+1}=j|S_t=i]$ koşullu olasılığıdır. Haznede m+1 adet durum göz önüne alınırsa, i, j = 0,1,...,m değerlerini alabilecektir. Verilen bir i durumundan, çeşitli j durumlarına geçiş olasılıklarının toplamı 1'e eşittir:

$$\sum_{j=0}^m p_{ij} = 1 \quad i = 0,1, \dots, m \quad (4.9)$$

Haznede bulunan su hacmi için m+1 adet durum göz önüne alınırsa hazne hacmi m eşit parçaya bölünmüş olur. i=0 durumu boş hazneye (minimum hacime), i=m durumu ise dolu hazneye (maksimum hacime) karşılık gelir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Geçiş olasılık matrisi

	t anındaki durum (i=0,1,...,m)					
	Boş	Boş	.	.	.	Dolu
t+1 anındaki durum (j=0,1,...,m)	Boş	$p_{0,0}$		$p_{i,0}$		$p_{m,0}$
	.			$p_{i,j}$		
	.					
	Dolu	$p_{0,m}$		$p_{i,m}$		$p_{m,m}$
	Σ	1	1	1	1	1

m sayısı ne kadar büyük seçilirse sonuçların hassasiyeti o kadar artar, buna karşılık işlemlerin sayısı çoğalır ve hesap süresi uzar. Akımların değişkenlik katsayısı (C_v) büyüdükçe m de büyük seçilmelidir. $C_v \leq 0,5$ için $m=10$, $0,5 \leq C_v \leq 1,0$ için $m=20$, $1,0 \leq C_v \leq 1,5$ için $m=30$, $C_v \geq 1,5$ için $m=40$ alınabilir (Bayazıt, 1997; Özkul, 2010).

Haznedeki su hacminin P geçiş olasılık matrisinin belirlenmesi için, hazneye ardışık zaman aralıklarında giren akımların birbirinden bağımsız olduklarının kabul edilmesi halinde, süreklilik denklemi şu şekilde yazılabilir:

$$Z_{t+1} = \begin{cases} 0 & Z_t + Q_t - D_t - E_t < 0 \\ Z_t + Q_t - D_t - E_t & 0 \leq Z_t + Q_t - D_t - E_t < C \\ C & C \leq Z_t + Q_t - D_t - E_t \end{cases} \quad (4.10)$$

Süreklilik denkleminde, Z_{t+1} t zaman periyodu sonundaki depolama hacmi, Z_t t zaman periyodu başındaki depolama hacmi, Q_t t zaman periyodu süresince giren akımlar, D_t t zaman periyodu süresindeki kullanımlar, E_t t zaman periyodu süresindeki net buharlaşmalar ve C aktif depolama hacmidir.

Haznedeki Z_t su hacmi için geçiş olasılık matrisinin elemanları (4.10) denklemleri kullanılarak hesaplanabilir. Bunun için Q_t akımları bir kesikli rastgele değişken olarak düşünülür (Bayazıt, 1997; Özkul, 2010).

Stokastik hazne teorisinde; t anında haznedeki su hacminin P_t olasılık dağılımı ve t+1 anında haznedeki su hacminin P_{t+1} olasılık dağılımı arasındaki ilişki:

$$P_{t+1} = P_t P \quad (4.11)$$

matris denklemleriyle bulunabilir.

Haznedeki su hacminin kararlı durumdaki limit olasılık dağılımını belirlemek için herhangi bir $t=t_0$ anında bilindiği kabul edilen P_{t_0} başlangıç durum vektörüyle başlayarak (4.11) denklemi ardışık olarak uygulanır (Bayazıt, 1997; Özkul,2010).

Haznedeki su hacminin geçiş olasılık matrisinin belirlenmesi hazneye ardışık zaman aralıklarında giren akımların birbirinden bağımsız olduklarının kabul edilmesi halinde kolaydır. Bu kabul zaman aralığının yıl olarak seçilmesi halinde çoğu zaman geçerlidir. Ancak zaman aralığı mevsim ya da ay olursa hazneye ardışık anlarda giren akımlar arasında kuvvetli bir iç bağımlılık bulunacaktır. İç bağımlılığın göz önüne alınması oldukça zordur. Bu durumda her bir ay (mevsim, ...) için ayrı bir geçiş olasılık matrisi ortaya çıkar (Bayazıt, 1997; Özkul,2010).

4.2.2 Gould Olasılık Matrisi Yöntemi

Gould (1961) bu yöntemde, bir yıllık zaman dilimlerine ait geçiş olasılıkları matrisini kullanmakta, fakat aylık su bütçesi yöntemini uygulayarak aylık akımlardaki yıl içi değişimleri de göz önünde bulundurmaktadır. Gould tarafından önerilen yöntemde, yıl başında haznedeki su hacmi için belli bir değer ($i=0,1,\dots,m$ durumlarından biri) seçilerek, n yıl uzunluktaki gözlenmiş akım serisinin her bir yılının aylık akımlarını (4.10) denklemindeki Q_t değerleri olarak alıp ($t=1,2,\dots,12$) yıl sonunda haznedeki su hacmi belirlenir. Bu şekilde hesaplanan n adet değer kullanılarak başlangıçta seçilen i durumu için geçiş olasılık matrisinin elemanları bulunur. Bu işlemler başlangıç su hacmi için m durumun her birinde tekrarlanarak geçiş olasılık matrisi tamamlanır. Bu yöntemle, gözlenmiş aylık akım serisi ile çalışıldığından, aylık akımların içsel bağımlılığı göz önüne alınmış olmaktadır.

Kullanımlar her ay için farklı alınabileceği gibi, buharlaşma kayıpları da hesaba katılabilir. Yukarıdaki hesaplamalar sırasında, her bir başlangıç durumu için yıl boyunca haznenin kurduğu ayların sayısı da belirlenerek her bir i durumu için yıl boyunca kuruma olasılığı bulunur (F satır vektörü). Geçiş olasılık matrisi kullanılarak (4.11) denklemi ile P kararlı durum olasılık vektörü belirlendikten sonra, bu vektörü F vektörü ile çarparak haznenin kuruma olasılığı hesaplanır (Bayazit, 1997, Özkul 2010).

4.3 Kısıntılı Sulamalı İşletme Çalışması

Sulama projelerinde, proje ekonomisi büyük önem taşımaktadır. Projede ekonomiyi sağlamak için, biriktirme haznesinin maliyetinin düşük tutulması, dolayısıyla biriktirme haznesinin hacminin küçük tutulması gerekir. Kritik dönem uzunluğunun artması, hazne hacminin büyük tutulmasını gerektireceği için proje maliyetinin artmasına sebep olacaktır. Bu nedenle bazı kurak dönemlerde kısıntılı sulama uygulaması, hazne hacminde büyük ölçüde ekonomi sağlamaktadır.

Sulama projelerinde eksik su tatbiki problemi, yeteri kadar uzunca bir süre için sınır kriterlerinin uygulanması suretiyle, belirli bir hazne kapasitesi ile sulanabilecek maksimum sahanın veya belirli bir sahanın sulanabilmesi için gerekli minimum hazne kapasitesinin araştırılmasından ibarettir (Akkaya ve Tanrıverdi, 1992).

Kısıntılı sulamalı işletme çalışması, kısıntısız sulamalı işletme çalışması gibidir. Fakat bazı yıllarda sulamaya verilen su, o yıldaki su gereksinimini tam olarak karşılamamaktadır. Kısıntılı sulamalı işletme çalışması yapılırken bazı DSİ kriterlerine uyma zorunluluğu vardır. Ülkemizde ilk eksik su verme uygulamaları IECO müşavir firması tarafından Ceyhan havzası projelerinde, Aknil firmasının Ereğli-Ivriz projesinde, Entopsu firmasının Yapıaltın projesinde, Susurluk Planlama Amirliği'nce Çavdarhisar ve Kızık projelerinde uygulanmıştır. IECO firmasının Ceyhan havzası planlama çalışmalarında kabul edilen kriterler şunlardır (Akkaya ve Tanrıverdi, 1992):

- 1) En kritik yılda, gereksinimin en az %65' i sağlanmalıdır.
- 2) Tüm rasat süresi içinde, zamanın en az %50' sinde gereksinim tam olarak karşılanmalıdır.
- 3) Ard arda en fazla 5 yıl kısıntılı su verilebilir.
- 4) Tüm rasat süresi içinde, ortalama olarak gereksinimin %95' i karşılanmalıdır.
- 5) Arda arda en kritik 5 yılda, toplam gereksinimin en az %75' i sağlanmalıdır.

4.4 İklim Değişikliği Verileri İle Hazne Hacminin Belirlenmesi

İklim değişikliğinin neden olacağı olumsuz durumların en aza indirilmesi ve geleceğe yönelik önlemlerin zamanında alınabilmesi için, iklimde meydana gelebilecek değişikliklerin tahmin edilmesi ve bu değişikliklerin doğal yaşamı nasıl etkileyeceğinin belirlenmesi son derecede önemlidir.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından Emisyon Senaryoları Özel Raporu (SRES) olarak yayımlanmış raporda dört ana senaryo (A1, A2, B1, B2) oluşturulmuştur. A1 senaryosu, kültürel etkileşimin ve toplumsal paylaşımın yüksek olduğu, bölgesel farklılıkların ve gelir dağılımı arasındaki farkın azaldığını gösteren senaryo grubudur. Bu senaryoda dünya nüfusu, gelirin artması ile yüzyılın ortasında en üst seviyeye gelip, neredeyse 9 milyarı bulacak ve daha sonra sağlık problemleri nedeniyle 2100 yılına gelirken 7 milyara düşecektir. A2 senaryo grubunda dünya, günümüzdeki gibi daha heterojen şekilde tanımlanmıştır. Bu senaryoda; ekonomik olarak gelir dağılımı arasındaki farkın devam edeceği, daha çok bölgesel gelişmelerin meydana geleceği, nüfusun artacağı fakat bölgesel nüfus farklılıklarının yaşanacağı (doğurganlık oranı farklılık gösterecek) öngörülmektedir. B1 senaryosunda; nüfusun A1 senaryosundaki gibi 21. yüzyılın ortalarına kadar artacağı daha sonraki yıllarda düşeceği ve üretimde çevreye olumsuz etkileri olan enerji kaynakları yerine, verimli ve temiz enerji kaynaklarının kullanımında artış olacağı öngörülmektedir. B2 senaryosunda ise; nüfustaki artışın devam edeceği, ekonomideki gelişmenin orta seviyede olacağı ve teknolojik gelişmenin A1 ve B1 senaryolarına göre daha az hızlı gelişeceği öngörülmektedir (Çeber, 2012).

İnsan kökenli etkiler sonucu oluşmuş ve oluşacak iklim değışikliklerinin Türkiye ve bölgesine nasıl yansiyacağını belirlemek üzere, 2006-2008 yılları arasında TÜBİTAK tarafından desteklenen “Türkiye İçin İklim Değişikliği Senaryoları” başlıklı proje gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında, yurtdışı bir kurumdan (Max Planck Meteoroloji Enstitüsü, Almanya) temin edilen A2 ve B1 salım senaryolarına ait GCM (=ECHAM5 modeli) simülasyon çıktıları RegCM3 bölgesel iklim modeli kullanılarak daha küçük ölçeklere indirgenmiş ve bu yöntemle, 1961-2000 ve 2000-2099 zaman aralıkları için iklim projeksiyonları elde edilmiştir (www.gaia.itu.edu.tr).

İklimde meydana gelebilecek değışikliklerin tahmin edilmesi ve bu değışikliklerin biriktirme haznesinin gelecekteki durumunu nasıl etkileyeceğinin belirlenmesi, en doğru hazne hacminin belirlenmesi aşamasında önem arz etmektedir. Biriktirme haznelerinin hacminin belirlenmesinde kullanılan meteorolojik veriler ve akım değerleri gözlenmiş verilerden temin edilmekte, gelecekte de bu verilerin aynen tekrar edeceği kabul edilmektedir. İklimde meydana gelebilecek değışiklikler ise bu varsayımı geçersiz hale getirmektedir. Bu nedenle, iklim değışikliklerinin sonucunda haznenin ihtiyaçları karşılayamama risklerinin belirlenmesi, geleceğe yönelik önlemlerin zamanında alınabilmesini sağlaması açısından büyük önem taşımaktadır.

BÖLÜM BEŞ

UYGULAMA ALANI

5.1 Havza Özellikleri

Proje alanı Türkiye'nin batısında bulunan ve 17500 km² drenaj alanına sahip olan Gediz havzasında, Manisa ili Salihli ilçesinin yaklaşık 10 km doğusunda yer almaktadır. Proje alanının güneyinde Ege'nin ikinci en yüksek dağı olan (2075 m) Bozdağlar, kuzeyinde Beylikli köyü ile Adala Sol Sahil Ana Sulama Kanalı, doğusunda Köseali köyü ve Acıöz dere, batısında Salihli ilçesi yer almaktadır. Proje alanı içerisinde, İzmir-Alaşehir-Uşak demiryolu hattı ve Salihli-Alaşehir karayolu geçmektedir.

Baraj yeri; Salihli ilçesinin 12 km güneydoğusunda, Yeşilkavak köyünün yaklaşık 3,5 km güneyinde, Kısıkdereyi üzerindedir. Kısıkdere güneyde Bozdağlardan doğmakta, birçok yan dereyi bünyesine alıp, kuzeye doğru akışa devam ederek Alaşehir çayına mansaplanmaktadır.

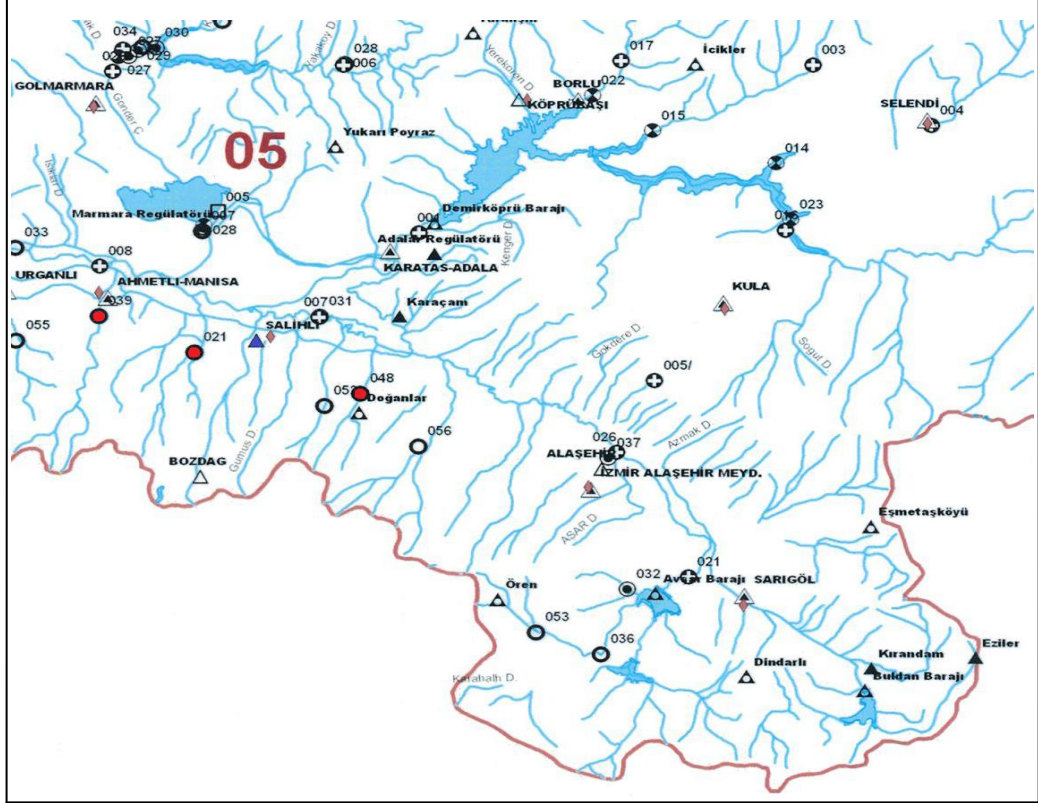
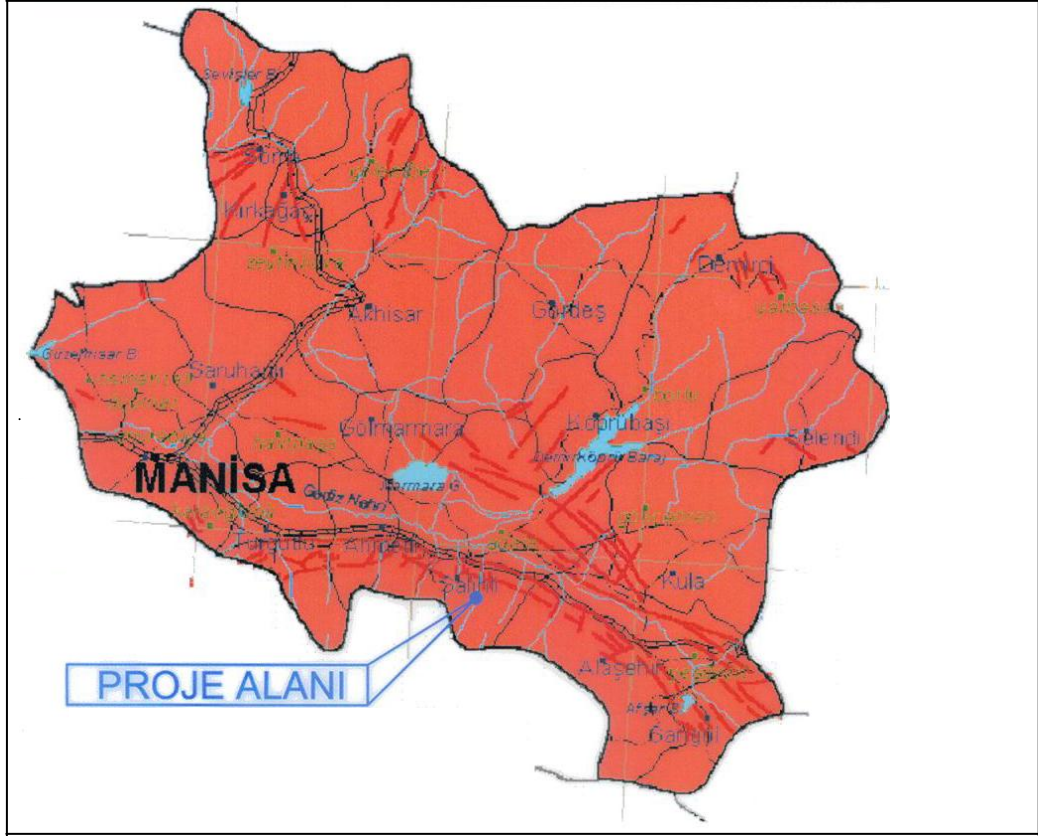
Sulama alanı ise; baraj aksının 3 km mansabından başlayarak, Kısıkdere'nin her iki sahilinde yaklaşık 12 km'lik doğu-batı yönünde yer almaktadır.

Yeşilkavak barajının bölgedeki konumu Şekil 5.1'de verilmiştir (Akar-Su, 2010).

5.2 Meteorolojik Özellikler

5.2.1 Yağış

Yeşilkavak barajı havzasında, Thiessen Çokgen Yöntemi uygulanmış ve proje alanını DSİ-Doğanlar (5-14) meteoroloji gözlem istasyonu (MGİ)'nin %100 temsil ettiği tespit edilmiştir (Akar-Su, 2010).



Şekil 5.1 Yeşilkavak barajının bölgedeki konumu

5.2.2 Sıcaklık

Yeşilkavak barajı havzasında sıcaklık gözlemi yapan DMİ-Salihli (17792) meteoroloji gözlem istasyonu (MGİ) bulunmaktadır. Havzada yıllık ortalama sıcaklığın yüksek kotlardan düşük kotlara doğru 16,0-6,0 °C arasında değiştiği söylenebilir. Havzada sıcaklık ortalamasının en düşük olduğu ay 6,4 °C ocak, en yüksek olduğu ay ise 27,2 °C temmuz ayıdır. Gözlem periyodunda gözlenmiş en düşük sıcaklık -13,5 °C şubat ayında, en yüksek sıcaklık +44,8 °C temmuz ayında ölçülmüştür (Akar-Su, 2010).

5.2.3 Buharlaşma

Yeşilkavak barajı havzasında proje alanına kot ve enlemi en yakın buharlaşma gözlemleri olan DMİ-Salihli (17792) MGİ bulunmaktadır (Akar-Su, 2010).

5.3 Akım Özellikleri

Yeşilkavak barajının su kaynağını Gediz nehrinin bir kolu olan Kısıkdere (Değirmendere) oluşturmaktadır. Yeşilkavak barajının baraj aksında yağış alanı 42,60 km²'dir. Proje yerinin 0,6 km menbasında DSİ tarafından kurulan ve akım gözlemi yapan DSİ-Değirmendere-Doğanlar (5-48) AGİ vardır (Akar-Su, 2010).

5.4 Baraj Özellikleri

Yeşilkavak barajının teknik özellikleri Tablo 5.1'de verilmiştir (Akar-Su, 2010).

Tablo 5.1 Yeşilkavak barajının teknik özellikleri

Baraj Gövdesi		Baraj Gölü	
Tipi	Silindire Sıkıştırılmış Beton	Minimum su seviyesi	227,50 m
Yağış alanı	42,60 km ²	Normal su seviyesi	281,13 m
Yıllık ortalama akım	19,14 hm ³	Minimum hacim	0,75 hm ³
Regülasyon oranı	% 69,12	Maksimum su seviyesi	282,32 m
Talveg kotu	202,50	Aktif hacim	29,16 hm ³
Talvegten yüksekliği	80,00 m	Toplam hacmi	29,91 hm ³
Temelden yüksekliği	89,00 m	Maksimum göl alanı	1 275 532 m ²

BÖLÜM ALTI

UYGULAMA

6.1 Verilerin Hazırlanması

6.1.1 Yağış

DSİ-Doğanlar (5-14) MGI'nun 35 yıllık (1971-2005) gözlem verilerine göre proje alanında yıllık toplam yağış 630,4 mm'dir. Yıllık toplam yağışın en düşük olduğu yıl 372,3 mm ile 1989, en büyük olduğu yıl ise 1010,7 mm ile 1981 yıllarıdır. Ayrıca, yıllık ortalama en düşük yağış 4,6 mm ile ağustos, en yüksek yağış 80,9 mm ile ocak aylarında düşmektedir.

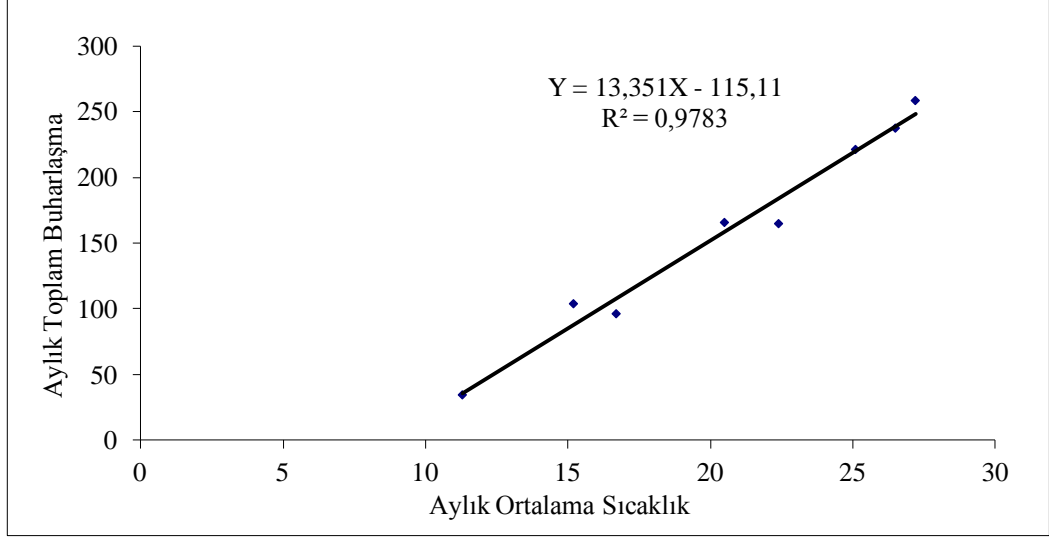
6.1.2 Sıcaklık

DMİ-Salihli (17792) MGI'nun 41 yıllık (1965-2005) gözlem verilerine göre proje alanında yıllık ortalama sıcaklık 16,4 °C'dir. Yörede yıllar itibariyle büyük sıcaklık farkları görülmemektedir. En yüksek sıcaklık ortalaması 29,8 °C ile 2000-2001 yılında, en düşük sıcaklık ortalaması 2,6 °C ile 1974 yılındadır.

6.1.3 Buharlaşma

DMİ-Salihli (17792) MGI kotundaki (Rakım:111, Enlem:38°29') ve Yeşilkavak barajı normal su seviyesi (NSS) kotundaki (Rakım:281,13, Enlem:38°26') meteorolojik verileri kullanılarak Yeşilkavak barajı NSS kotundaki yıllık toplam net buharlaşma 648,49 mm olarak bulunmuştur. Net buharlaşma hesabı yapılırken, sıcaklığın her 100 m yükseklikte 0,5 °C ve kuzeye doğru iki enlem arasında 1 °C azaldığı kabulü yapılarak sıcaklık düzeltilmesi yapılmıştır. Daha sonra proje yüzeyi buharlaşma değerlerini hesaplamak için DMİ-Salihli (17792) MGI'nun aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam buharlaşma değerleri arasındaki ilişki incelenerek, lineer regresyon denklemi $Y = 13,351X - 115,11$ olarak bulunmuştur. Aylık ortalama

sıcaklık ve aylık toplam buharlaşma değerleri arasındaki ilişki Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



Şekil 6.1 DMİ-Salihli (17792) MGI'nin aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam buharlaşma değerleri arasındaki ilişki

Düzeltilmiş sıcaklık değerleri $Y = 13,351X - 115,11$ lineer regresyon denkleminde kullanılarak, proje yüzeyi buharlaşma değerleri belirlenmiştir. Pan katsayısı 0,7 alınarak, pan katsayısı ile proje yüzeyi buharlaşma değerleri çarpılarak göl yüzeyi buharlaşma değerleri hesaplanmıştır. Bulunan göl yüzeyi buharlaşma değerlerinden gözlenmiş yağış değerlerinin çıkarılmasıyla da net buharlaşma değerleri hesaplanmıştır. Net buharlaşma hesapları Tablo 6.1’de verilmiştir.

6.1.4 Akım

Proje yerinin 0,6 km menbasında DSİ-Değirmendere-Doğanlar (5-48) AGİ'nun 2000-2008 yılları arasında 8 su yılı akım gözlemi mevcuttur ve akım gözlem değerleri Ek-4’de verilmiştir. Daha doğru bir hazne kapasitesi tahmini yapabilmek için DSİ-Değirmendere-Doğanlar (5-48) AGİ'nun, daha uzun süreli akım gözlemi mevcut olan ve hidrolojik olarak havza benzeşimi gösteren DSİ-Tabak Dere-Çaltılı (5-21) AGİ ve DSİ-Ahmetli Çayı-Dereköy (5-39) AGİ ile arasındaki korelasyonlar araştırılmıştır.

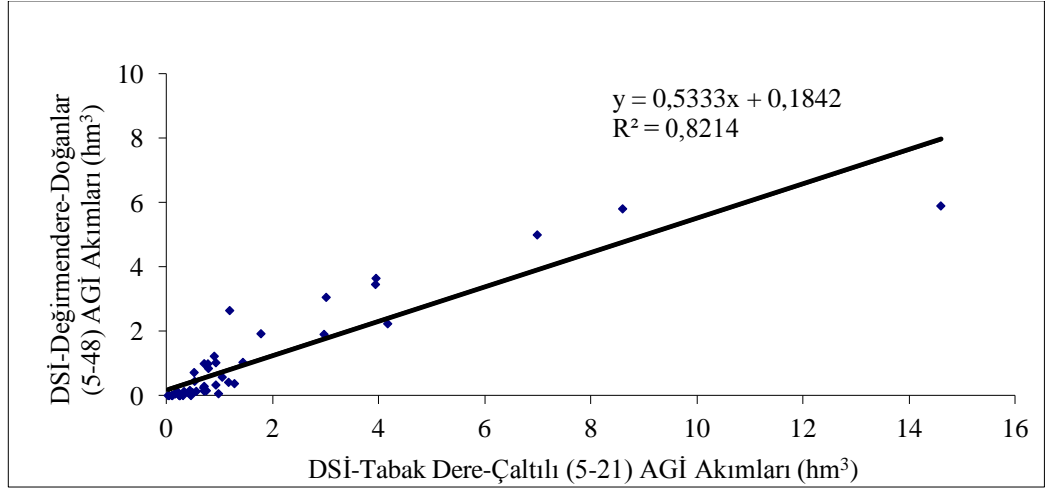
Tablo 6.1 Yeşilkavak barajı NSS kotundaki net buharlaşma hesabı

Aylar	Aylık Ortalama Sıcaklık (Salihli)	Aylık Toplam Buharlaşma (Salihli)	Baz İstasyonu Sıcaklık (Salihli)	Sıcaklık Düzeltmesi	Düzeltilmiş Sıcaklık (X)	Proje Yüzeyi Buharlaşma (Y)	Göl Yüzeyi Buharlaşma	Yağış (Doğanlar)	Net Buharlaşma
I									
II									
III									
IV	15,2	103,7	15,2	-0,8	14,4	77,14	54,00	55,0	0,00
V	20,5	165,5	20,5	-0,8	19,7	147,90	103,53	32,1	71,43
VI	25,1	221,0	25,1	-0,8	24,3	209,31	146,52	16,8	129,72
VII	27,2	258,2	27,2	-0,8	26,4	237,35	166,14	8,9	157,24
VIII	26,5	237,2	26,5	-0,8	25,7	228,00	159,60	9,4	150,20
IX	22,4	164,6	22,4	-0,8	21,6	173,26	121,28	13,4	107,88
X	16,7	96,1	16,7	-0,8	15,9	97,16	68,01	36,0	32,01
XI	11,3	34,40	11,30	-0,8	10,5	25,07	17,55	80,8	0,00
XII									
Topl									648,49

Not:

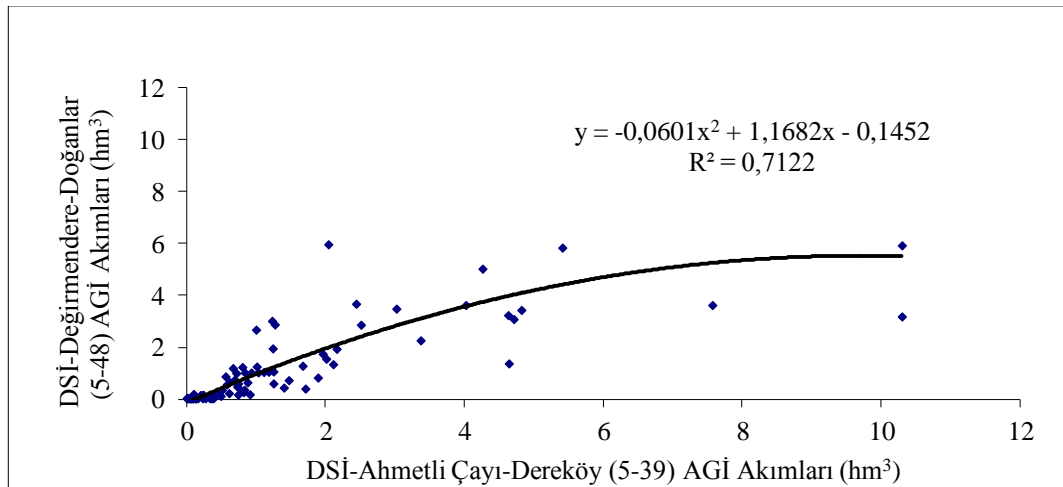
- Buharlaşma ve yağış birimleri mm, sıcaklık birimleri ⁰ C'dir.
- Sıcaklık düzeltmesi = $[0,5*(\text{Baz istasyonu kotu} - \text{Proje kotu}) / 100] + [1,0*(\text{Baz istasyonu enlemi} - \text{Proje enlemi}) / 60]$
- Düzeltilmiş sıcaklık = Baz istasyonu sıcaklık + Sıcaklık düzeltmesi
- Proje yüzeyi buharlaşma = $13,351 * \text{Düzeltilmiş Sıcaklık} - 115,11$
- Göl yüzeyi buharlaşma = Pan katsayısı * Proje yüzeyi buharlaşma
- Pan Katsayısı $(0,70 - 0,78) = 0,70$
- Net buharlaşma = Göl yüzeyi buharlaşma - Yağış

1970-2005 yılları arasında 35 su yılı akım gözlemi mevcut olan DSİ-Tabak Dere-Çaltılı AGİ ile DSİ-Değirmendere-Doğanlar AGİ arasında yapılan korelasyon analizinde, $R^2=0,8214$ ve $R=0,91$ ile lineer regresyon denklemi $Y = 0,5333X + 0,1842$ olarak bulunmuş ve grafiği Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.2 Tabak Dere-Çaltılı AGİ ve Değirmendere-Doğanlar AGİ korelasyonu

1988-2008 yılları arasında 20 su yılı akım gözlemi mevcut olan DSİ-Ahmetli Çayı-Dereköy AGİ ile DSİ-Değirmendere-Doğanlar AGİ arasında yapılan korelasyon analizinde ise $R^2=0,7122$ ve $R=0,84$ ile polinom regresyon denklemi $Y = -0,0601X^2 + 1,1682X - 0,1452$ olarak bulunmuş ve grafiği Şekil 6.3’de verilmiştir.



Şekil 6.3 Ahmetli Çayı-Dereköy AGİ ve Değirmendere-Doğanlar AGİ korelasyonu

Yapılan korelasyon analizlerinde en yüksek R regresyon katsayısı, DSİ-Değirmendere-Doğanlar AGİ ile DSİ-Tabak Dere-Çaltılı AGİ arasında sağlanmıştır. Bu nedenle DSİ-Değirmendere-Doğanlar AGİ'nin akımları, DSİ-Tabak Dere-Çaltılı AGİ'nin akımlarıyla uzatılarak 1970-2008 yılları arasındaki eksik akımları tamamlanmış ve su temin tablosu Tablo 6.2'de verilmiştir.

Tablo 6.2 DSİ-Değirmendere-Doğanlar (5-48) AGİ'nin 1970-2008 yılları arasında DSİ- Tabak Dere-Çaltılı (5-21) AGİ akımlarıyla uzatılmış akım verileri (hm³)

Su Yılı	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Yıllık Toplam
1970	0,51	0,55	3,01	3,49	6,26	7,06	3,45	1,26	0,79	0,55	0,00	0,00	26,93
1971	0,62	0,82	1,13	1,63	2,97	6,64	2,71	1,25	0,91	0,64	0,00	0,00	19,33
1972	0,53	0,80	2,89	1,77	3,77	2,77	1,70	1,28	0,84	0,75	0,00	0,00	17,10
1973	0,67	0,68	0,67	0,80	3,19	3,37	2,43	1,07	0,47	0,55	0,00	0,00	13,90
1974	0,48	0,66	1,31	0,80	4,15	6,74	1,99	1,33	0,80	0,53	0,00	0,00	18,79
1975	0,54	0,95	1,97	3,20	2,99	3,54	2,17	2,28	1,14	0,64	0,00	0,00	19,42
1976	0,62	1,43	2,57	2,06	2,99	1,98	6,10	2,17	1,02	0,63	0,00	0,00	21,57
1977	0,68	0,64	2,82	2,26	3,46	3,44	2,06	1,31	0,74	0,52	0,00	0,00	17,95
1978	0,63	0,72	1,14	5,12	10,42	6,53	4,62	1,73	0,88	0,55	0,00	0,00	32,34
1979	0,65	0,97	14,53	19,44	5,44	3,05	1,85	1,45	1,20	0,63	0,00	0,00	49,20
1980	0,46	0,77	2,37	7,97	3,29	6,69	4,00	2,92	1,31	0,65	0,00	0,00	30,42
1981	0,48	0,82	6,96	15,92	7,06	8,02	3,15	2,92	0,94	0,58	0,00	0,00	46,85
1982	0,47	0,98	12,61	3,99	2,17	4,91	3,11	2,67	1,24	0,65	0,00	0,00	32,81
1983	0,52	0,59	1,11	2,83	3,86	3,82	2,87	1,14	0,79	0,48	0,00	0,00	18,01
1984	0,50	1,31	1,12	6,26	6,58	4,64	3,46	1,99	0,71	0,64	0,00	0,00	27,23
1985	0,53	0,59	0,69	4,29	3,18	2,96	2,26	1,43	0,78	0,64	0,00	0,00	17,35
1986	0,95	0,71	0,59	3,78	4,99	2,78	1,01	0,73	0,52	0,40	0,00	0,00	16,47
1987	0,43	0,45	1,39	4,14	1,91	2,20	2,99	1,11	0,62	0,44	0,00	0,00	15,68
1988	0,43	0,65	1,36	1,14	1,49	5,45	2,99	1,07	0,61	0,42	0,00	0,00	15,60
1989	0,41	0,74	2,00	0,83	0,71	0,95	0,56	0,59	0,43	0,35	0,00	0,00	7,57
1990	0,40	1,02	1,17	1,06	1,41	1,83	1,44	0,81	0,56	0,35	0,00	0,00	10,04
1991	0,40	0,50	2,06	0,95	1,26	1,19	1,22	0,94	0,72	0,40	0,00	0,00	9,63
1992	0,38	0,43	0,59	0,67	0,64	0,95	1,43	0,70	0,47	0,36	0,00	0,00	6,61
1993	0,34	0,56	0,67	0,75	1,92	3,45	2,69	1,28	0,69	0,48	0,00	0,00	12,83
1994	0,37	0,40	0,59	0,82	1,04	1,55	1,61	0,98	0,53	0,34	0,00	0,00	8,24

Tablo 6.2 (devamı) DSİ-Değirmendere-Doğanlar (5-48) AGİ'nin 1970-2008 yılları arasında DSİ-Tabak Dere-Çaltılı (5-21) AGİ akımlarıyla uzatılmış akım verileri (hm³)

Su Yılı	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Yıllık Toplam
1995	0,35	0,51	1,01	4,37	1,38	4,38	4,55	1,48	0,64	0,40	0,00	0,00	19,08
1996	0,42	0,53	1,05	0,73	3,27	2,66	2,96	1,15	0,58	0,38	0,00	0,00	13,75
1997	0,45	0,50	1,01	1,04	0,70	1,22	3,45	1,15	0,59	0,37	0,00	0,00	10,48
1998	0,46	0,54	2,01	1,76	2,64	2,62	2,50	3,74	1,36	0,59	0,00	0,00	18,22
1999	0,53	0,87	1,42	2,49	9,57	4,18	2,37	0,96	0,55	0,40	0,00	0,00	23,34
2000	0,00	0,15	0,41	0,37	2,23	3,45	5,93	1,92	0,13	0,00	0,00	0,05	14,64
2001	0,08	0,09	0,14	0,24	0,57	0,84	1,02	0,99	0,11	0,00	0,00	0,06	4,14
2002	0,27	0,58	3,87	2,93	1,66	2,66	3,79	1,59	0,50	0,36	0,00	0,00	18,24
2003	0,72	2,64	1,03	3,64	5,89	1,34	4,99	1,90	0,33	0,12	0,00	0,00	22,60
2004	0,15	0,57	1,25	3,15	3,20	2,83	1,71	1,01	0,11	0,01	0,00	0,00	13,99
2005	0,00	0,16	0,44	1,22	3,05	5,80	2,84	0,98	0,28	0,06	0,00	0,00	14,83
2006	0,00	2,98	1,31	3,59	10,1	3,59	0,80	0,64	0,09	0,00	0,00	0,00	23,10
2007	0,27	1,00	0,20	0,62	0,97	1,16	0,54	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	4,87
2008	0,00	0,70	3,40	0,61	0,55	1,20	1,52	0,32	0,16	0,00	0,00	0,00	8,47
Toplam	16,67	30,56	85,86	122,74	132,94	134,47	102,84	54,38	25,16	15,88	0,00	0,11	721,60
Ortalama	0,43	0,78	2,20	3,15	3,41	3,45	2,64	1,39	0,65	0,41	0,00	0,00	18,50

1-) 5-48 nolu Değirmendere-Doğanlar AGİ akımları ile 5-21 Nolu Tabak Dere-Çaltılı AGİ akımları arasındaki yapılan korelasyonda regresyon ilişkisini bozan üç değer atılarak regresyon denklemi kurulmuştur.

2-) 5-48 nolu Değirmendere-Doğanlar AGİ akımları (1970-1999, 2002 Su Yılı Akımları), 5-21 Nolu Tabak Dere-Çaltılı AGİ akımları $Y = 0,5333X + 0,1842$ lineer regresyon denklemi kullanılarak uzatıldı.

3-) 5-48 nolu Değirmendere-Doğanlar AGİ'nin korelasyonla uzatılan ağustos ile eylül ayları, projenin ana kaynağı olan Değirmendere kurduğu için, bu aylardaki korelasyonla uzatılan akımlar 0,00 (sıfır yani kuru) kabul edilmiştir.

DSİ-Değirmendere-Doğanlar AGİ'nin 1970-2008 yılları arasında DSİ-Tabak Dere-Çaltılı AGİ akımlarıyla uzatılmış akım verilerinin temel istatistik özellikleri Tablo 6.3'de verilmiştir.

Tablo 6.3 DSİ-Değirmendere-Doğanlar (5-48) AGİ'nin 1970-2008 yılları arasında DSİ-Tabak Dere-Çaltılı (5-21) AGİ akımlarıyla uzatılmış akım verilerinin temel istatistik özellikleri

İstatistiksel Özellikler	Aylık		Yıllık		
	Ortalama Akım (m ³ /sn)	Ortalama Akış Hacmi (10 ⁶ m ³)	Ortalama Akım (m ³ /sn)	Ortalama Akış Hacmi (10 ⁶ m ³)	Toplam Akış Hacmi (10 ⁶ m ³)
Ortalama (μ)	0,05	1,54	0,05	1,54	18,50
Standart Sapma (σ)	0,07	2,17	0,03	0,81	9,78
Çarpıklık Katsayısı (C _s)	3,51		1,36		
Değişkenlik Katsayısı (C _v)	1,41		0,53		
Otokorelasyon Katsayısı (r ₁)	0,59		0,58		

DSİ-Değirmendere-Doğanlar AGİ'nin 1970-2008 yılları arasında DSİ-Tabak Dere-Çaltılı AGİ akımlarıyla uzatılmış yıllık toplam akım verilerine χ^2 (Ki-Kare) testi uygulanmış ve %5 anlamlılık seviyesinde Normal ($\chi^2 = 3,44 < \chi^2_{kr} = 5,991$), Lognormal(2) ($\chi^2 = 3,44 < \chi^2_{kr} = 5,991$) ve Gumbel ($\chi^2 = 3,18 < \chi^2_{kr} = 5,991$) dağılımlarının uygun olduğu tespit edilmiştir. Uygulamada daha çok bilinen ve basit bir dağılım olan Normal dağılım seçilmiştir.

6.1.5 Sulama Suyu İhtiyacı

Yeşilkavak barajı sulama amacıyla planlanmış bir barajdır. Yeşilkavak barajı ile Bağcılar, Beylikli, Kabazlı, Kordon, Köseali, Yenipazar ve Yeşilkavak köylerine ait brüt 2324 ha tarım alanının sulanması amaçlanmaktadır. Projeli koşullarda öngörülen bitki deseninin ekim nöbeti; hububat (%15), sebze (%15), bağ (%70), II. ürün kışlık sebze (%7) ve II. ürün silaj mısır (%5) şeklinde tasarlanmıştır.

Bitki su tüketiminin belirlenmesinde Blaney-Criddle yöntemi kullanılmıştır. Doorebus ve Puritt 13 farklı alandaki meteorolojik ölçüm sonuçlarını kullanarak Blaney-Criddle eşitliğini geliştirmeye çalışmışlardır. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda güneşlenme süresini, nisbi nemi ve rüzgar hızını ihtiva eden modifiye edilmiş Blaney-Criddle evapotranspirasyon denklemini geliştirmişlerdir (Cuenca, 1989).

Bitki su tüketiminin Topraksu Araştırma Müesseselerince geliştirilmiş şekli ile Blaney-Criddle formülü (Vanlı ve Toker, 2000);

$$U = K * F \quad (6.1)$$

(6.1) bağıntısında K: aylık su tüketim katsayısı ve F: aylık su tüketim faktörüdür.

$$K = KC * KT \quad (6.2)$$

$$KT = 0,031 * T + 0,24 \quad (6.3)$$

(6.2) ve (6.3) bağıntılarında KC: bitki gelişim dönemi katsayısı (Ek-5), KT: iklim katsayısı ve T: aylık ortalama sıcaklıktır ($^{\circ}C$).

Bitki gelişim dönemi katsayısı (KC) değerinin hesaplanması için “Ortaya Göre Birikmiş Gün Sayısı Yöntemi” kullanılır. Bu yöntemde büyümenin ayın ortasındaki günde olduğu kabulü yapılır ve bitki büyüme periyodu içinde geçen ayların ortasındaki güne birikmiş günler hesap edilerek bitki büyüme oranı ile buna karşılık gelen bitki gelişim dönemi katsayısı (KC) değeri bulunur.

Buna göre geliştirilmiş Blaney-Criddle formülü;

$$U = ((45,7 * T + 813) / 100) * P * KC * KT \quad (6.4)$$

(6.4) bağıntısı ile bitki su tüketimi (U) hesabı yapılır. (6.4) bağıntısında kullanılan P: aylık gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı (%) değeri Ek-6 yardımıyla belirlenir. Bitki su tüketiminin hesaplanmasından sonra etkili yağış değerleri (R) ve kıştan arta kalan rutubet (K.A.R) miktarları belirlenir. Etkili yağış değerleri ölçülen yağış değerlerinden bulunur (Ek-7). Kıştan artakalan rutubet değerleri ise aylık olarak hesaplanmış DMİ-Manisa MGİ'nun Penman Potansiyel Evapotranspirasyon değerleri (Ek-8) ile sulama alanını temsil eden DMİ-Salihli MGİ'nun aylık ortalama toplam yağış değerleri arasında yapılan bilanço çalışması sonucunda bulunur (Tablo 6.4). Yapılan bilanço çalışmasında esas olarak, tek yıllık bitkilerin sudan faydalandığı kök yoğunluğu olan 0-30 cm toprak derinliğinde 45 mm nem tutabildiği, çok yıllık bitkilerin sudan faydalandığı kök yoğunluğu olan 0-60 cm toprak derinliğinde ise 90 mm nem tutabildiği kabulü yapılır.

Tablo 6.4 Kıştan artakalan rutubetin bulunması (K.A.R)

İstasyon Adı : Manisa (DMİ) Metod : Penman	Aylar											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Potansiyel Evapotranspirasyon (mm) (Etp)	9	20	42	65	92	130	148	128	75	32	8	5
Ölçülen Yağış (Salihli-DMİ) (mm) (R)	74	68	60	43	34	16	6	5	12	33	58	81
Rezerve Su Değişimi (mm) (R-Etp)	65	48	18	-22	-58	-114	-142	-123	-63	1	50	76
Rezerve Su (mm) Toprak Kalınlığı 30cm	45	45	45	23	0	0	0	0	0	1	45	45
Rezerve Su (mm) Toprak Kalınlığı 60cm	90	90	90	68	10	0	0	0	0	1	51	90

Bitki su tüketimi hesabında kullanılan aylık gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı (P), aylık su tüketim faktörü (F), etkili yağış (R) ve iklim katsayısı (KT) değerlerinin bulunması Tablo 6.5’de verilmiştir.

Tablo 6.5 Aylık gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı (P), aylık su tüketim faktörü (F), etkili yağış (RE) ve iklim katsayısı (KT)

Aylar	Aylık Ortalama Sıcaklık (Salihli) (T) (°C /Ay)	Aylık Gündüz Saatlerinin Yıllık Gündüz Saatlerine Oranı (P) (%) (Kuzey Enl. Der. 38° 29')	Aylık Su Tüketim Faktörü (F) ((45,7*T+81)/100)*P	Aylık Ortalama Yağış (Salihli) (mm/ay)	Etkili Yağış (RE) (mm/ay)	İklim Katsayısı (KT) (0,031*T+0,24)
Ocak	6,40	6,84	75,61	74,00	66,16	0,44
Şubat	7,40	6,78	78,05	68,00	61,12	0,47
Mart	10,30	8,33	106,93	59,90	54,32	0,56
Nisan	15,20	8,90	134,18	42,60	39,78	0,71
Mayıs	20,50	9,94	173,94	33,50	32,14	0,88
Haziran	25,10	9,98	195,61	16,10	16,10	1,02
Temmuz	27,20	10,13	208,28	6,40	6,40	1,08
Ağustos	26,50	9,49	192,08	4,60	4,60	1,06
Eylül	22,40	8,39	154,10	12,00	12,00	0,93
Ekim	16,70	7,80	122,94	33,00	31,72	0,76
Kasım	11,30	6,80	90,40	58,30	52,97	0,59
Aralık	7,80	6,63	77,54	80,90	71,01	0,48

Projeli koşullarda öngörülen bu bitki desenine göre bitki su ihtiyacı (U-(R+K.A.R)) hesabı Tablo 6.6’da verilmiştir.

Sulama suyu ihtiyacının hesabında bitkinin büyümesi için gerekli su ihtiyacının karşılanabilmesi için kaynaktan alınacak su miktarı belirlenir. Kaynaktan alınıp kullanım yerine iletilen su, çiftlik randımanı ve diversiyon randımanı olmak üzere iki grupta incelenir.

Tablo 6.6 Projeli koşullarda öngörölen bitki desenine göre bitki su ihtiyacı hesabı

Aylar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Aydaki Gün Sayısı	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Hububat (Kışık) (a)							Büyüme Dönemi			25/10 - 31/12		
							Patern=0,15					
U- (RE+KAR)										3,75	0	0
Patern										0,56	0	0
Hububat (Kışık) (b)							Büyüme Dönemi			01/01 - 25/06		
							Patern=0,15					
U- (RE+KAR)	0	0	0	66,03	148,76	87,65						
Patern	0	0	0	9,90	22,31	13,15						
Domates							Büyüme Dönemi			15/04 - 15/08		
							Patern=0,08					
U- (RE+KAR)				20,95	119,19	157,99	178,97	40,52				
Patern				1,68	9,54	12,64	14,32	3,24				
Pathcan							Büyüme Dönemi			15/04 - 15/08		
							Patern=0,07					
U- (RE+KAR)				0	72,22	134,52	203,96	60,04				
Patern				0	5,06	9,42	14,28	4,20				
Bağ							Büyüme Dönemi			15/03 - 30/11		
							Patern=0,70					
U- (RE+KAR)			0	0	62,22	124,74	160,22	168,27	128,23	22,60	0	
Patern			0	0	43,56	87,32	112,16	117,79	89,76	15,82	0	
Hasıl Mısır (2. ürün)							Büyüme Dönemi			05/07 - 20/09		
							Patern=0,05					
U- (RE+KAR)							97,83	133,70	68,02			
Patern							4,89	6,68	3,40			
Sebze (2. Ürün)							Büyüme Dönemi			15/07 - 20/11		
							Patern=0,07					
U- (RE+KAR)							43,32	120,25	102,03	38,59	0	
Patern							3,03	8,42	7,14	2,70	0	
TOPLAM	0	0	0	11,58	80,46	122,52	148,68	140,34	100,31	19,09	0	0

Çiftlik randımanı (CRAN), sulamada kullanmak için çiftçi tarafından şebekeden alınan su miktarıdır. Ek-9'da verilen çiftlik ve diversiyon randımanları tablosundan, CRAN değeri yağmurlama tipi sulama için 0,80 damlama tipi sulama için 1,0 alınmıştır. $CRAN = 0,15*0,80 + 0,85*1,0 = 0,97$ (Sulama Tipi : Basınçlı Borulu, %15 Yağmurlama + %85 Damlama)

Diversiyon randımanı (DRAN), su kaynağında, sulama sistemi başlangıcında ve su dağıtım birimlerinden sulama sistemine verilecek su miktarıdır. Ek-9'da verilen çiftlik ve diversiyon randımanları tablosundan, DRAN değeri yağmurlama tipi sulama için ve damlama tipi sulama için 0,98 alınmıştır.

Sulama modülü hesabında kullanılan bağıntılar (Vanlı ve Toker, 2000);

$$\text{Sulama modülü (lt/sn/ha)} = \text{Diversiyon ihtiyacı (mm)} * 10000 / (86400 * \text{gün/ay}) \quad (6.5)$$

$$\text{Çiftlik ihtiyacı (mm)} = \text{Bitki su ihtiyacı (mm)} / \text{CRAN} \quad (6.6)$$

$$\text{Diversiyon ihtiyacı (mm)} = \text{Çiftlik ihtiyacı (mm)} / \text{DRAN} \quad (6.7)$$

Yukarıda verilen bağıntılar kullanılarak aylık olarak sulama modülü hesabı yapılır. Bulunan aylık sulama modülleri içerisindeki en büyük sulama modülü değeri proje modülü olarak değerlendirilir. Çiftlik ihtiyacı, diversiyon ihtiyacı ve sulama modülü hesabı Tablo 6.7'de verilmiştir.

6.1.6 Ekolojik Su İhtiyacı

Yeşilkavak barajı sulama amacıyla planlanmış bir baraj olduğundan içme suyu ihtiyacı karşılanmamaktadır. Yeşilkavak barajından yatağa bırakılan canlı hayat suyu, akım ölçümü yapılan son 10 yılın yıllık toplam akım değerlerinin ortalamasının %10'u olarak alınmış olup, aylara eşit olarak dağıtılmıştır (Tablo 6.8).

Tablo 6.7 iftlik ihtiyaı, diversiyon ihtiyaı ve sulama modülü hesabı

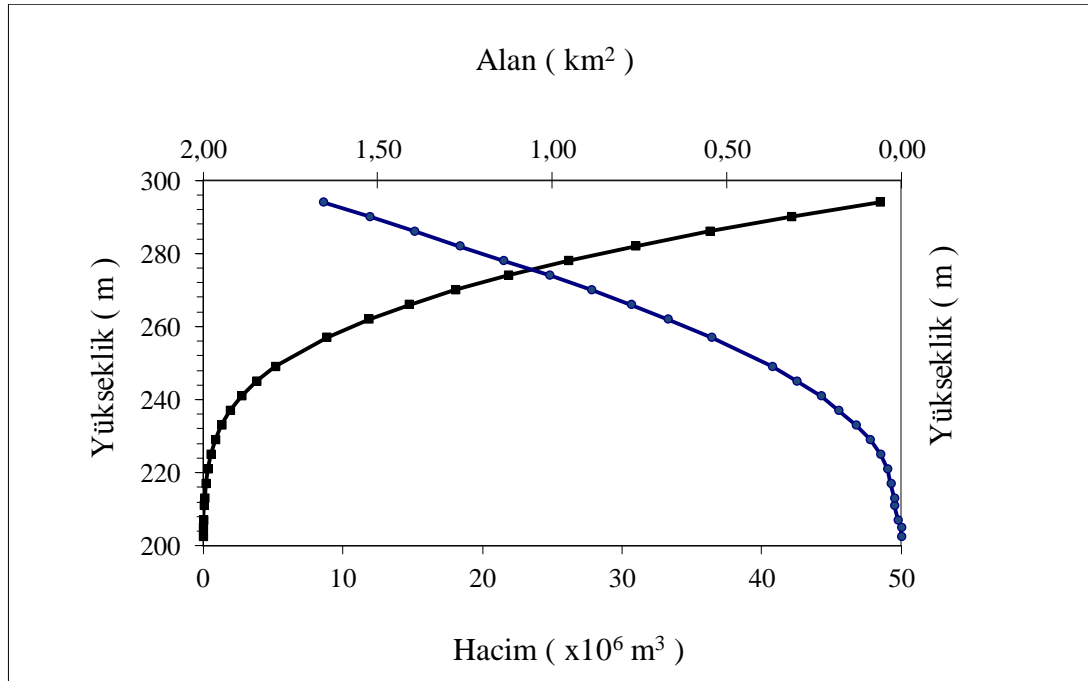
Aylar	Bitki Su İhtiyacı (mm)	iftlik İhtiyacı (mm)	iftlik İhtiyacı (m ³ /ha)	Diversiyon İhtiyacı (mm)	Diversiyon İhtiyacı (m ³ /ha)	Sulama Modülü (lt/sn/ha)
Ocak	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Şubat	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mart	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nisan	11,58	11,94	119,39	12,18	121,83	0,05
Mayıs	80,46	82,95	829,50	84,64	846,42	0,32
Haziran	122,52	126,31	1263,09	128,89	1288,87	0,50
Temmuz	148,68	153,27	1532,74	156,40	1564,02	0,58
Ağustos	140,34	144,68	1446,78	147,63	1476,30	0,55
Eyll	100,31	103,41	1034,07	105,52	1055,18	0,41
Ekim	19,09	19,68	196,76	20,08	200,77	0,07
Kasım	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aralık	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	622,97	642,23	6422,33	655,34	6553,40	

Tablo 6.8 Yeşilkavak barajından yatağa bırakılan ekolojik su ihtiyacı (hm³)

Aylar	Yeşilkavak Barajından Bırakılan Canlı Hayat Suyu (hm ³)
Ekim	0,12
Kasım	0,12
Aralık	0,12
Ocak	0,12
Şubat	0,12
Mart	0,12
Nisan	0,12
Mayıs	0,12
Haziran	0,13
Temmuz	0,13
Ağustos	0,13
Eylül	0,13
Toplam	1,48

6.1.7 Hacim-Satıh Değerleri

Yeşilkavak barajının kot-alan-hacim grafiği Şekil 6.4’de verilmiştir. Grafikten okunan kot (m), alan (10⁶ m²) ve hacim (10⁶ m³) değerleri Tablo 6.9’da verilmiştir.



Şekil 6.4 Yeşilkavak barajının kot-alan-hacim grafiği

Tablo 6.9 Yeşilkavak barajının kot-alan-hacim değerleri

Sıra No	Kot (m)	Alan (10 ⁶ m ²)	Hacim (10 ⁶ m ³)	Sıra No	Kot (m)	Alan (10 ⁶ m ²)	Hacim (10 ⁶ m ³)
1	202,50	0,00	0,00	13	245,00	0,30	3,82
2	205,00	0,00	0,00	14	249,00	0,37	5,17
3	207,00	0,01	0,02	15	257,00	0,544	8,83
4	211,00	0,02	0,06	16	262,00	0,669	11,85
5	213,00	0,02	0,10	17	266,00	0,774	14,74
6	217,00	0,03	0,19	18	270,00	0,888	18,06
7	221,00	0,04	0,34	19	274,00	1,008	21,85
8	225,00	0,06	0,55	20	278,00	1,140	26,15
9	229,00	0,09	0,87	21	282,00	1,265	30,96
10	233,00	0,13	1,32	22	286,00	1,395	36,28
11	237,00	0,18	1,93	23	290,00	1,523	42,12
12	241,00	0,23	2,75	24	294,00	1,656	48,47

6.1.8 Sızma Kayıpları

İşletme çalışmalarında genellikle sızma kayıpları ihmal edilebilir. Yapılacak jeolojik araştırmalar sonucunda tespit edilen baraj gövdesinin altında alüvyondan olan kayıplar, dikkate alınabilecek kadar büyük kayıplardır. Yeşilkavak barajının işletme çalışmasında, baraj yerinin geçirimsizlik durumu “Manisa Salihli Projesi Yeşilkavak Barajı ve Sulaması Planlama Raporu”nda az geçirimli-geçirimsiz olarak belirlendiği için sızma kayıpları ihmal edilmiştir.

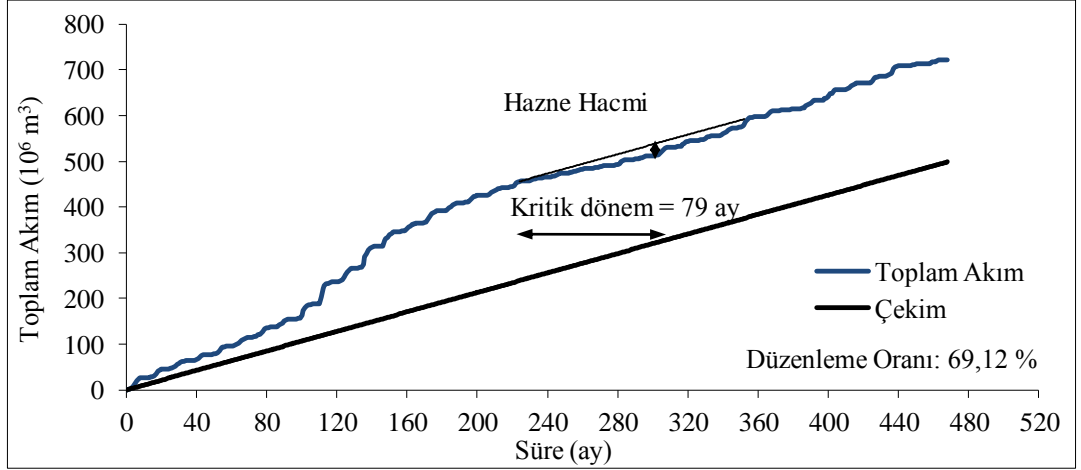
6.2 Hazne Kapasitesinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

6.2.1 Kritik Dönem Yöntemleri

Değirmendere-Doğanlar AGİ'nin 1970-2008 yılları arasındaki aylık ve yıllık akış hacimleri kullanılarak, Yeşilkavak barajının planlanan düzenleme oranı %69,12 için ve düzenleme oranındaki değişimin hazne kapasitesine etkisini araştırabilmek için de %75 düzenleme oranı için iki farklı uygulama yapılmıştır.

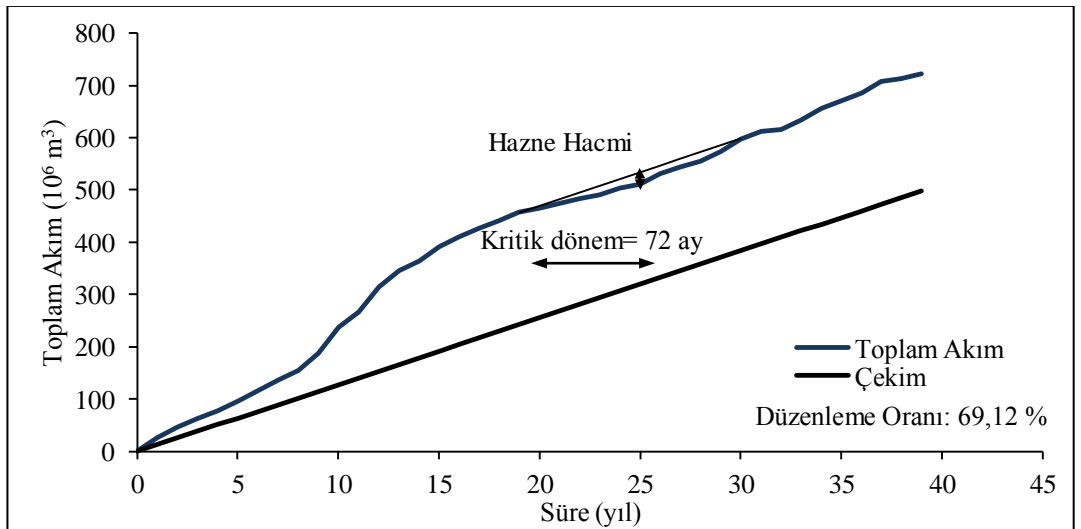
6.2.1.1 Rippl Yöntemi (Eklenik Akımlar Yöntemi)

Aylık akımlar kullanılarak %69,12 düzenleme oranı ($1,54 \times 10^6 \times 0,6912 = 1,07 \times 10^6 \text{ m}^3$) için eklenik akım ve çekim eğrileri Şekil 6.5’de verilmiştir. Gerekli hazne kapasitesi $26,37 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve kritik dönem uzunluğu 79 ay olarak belirlenmiştir.



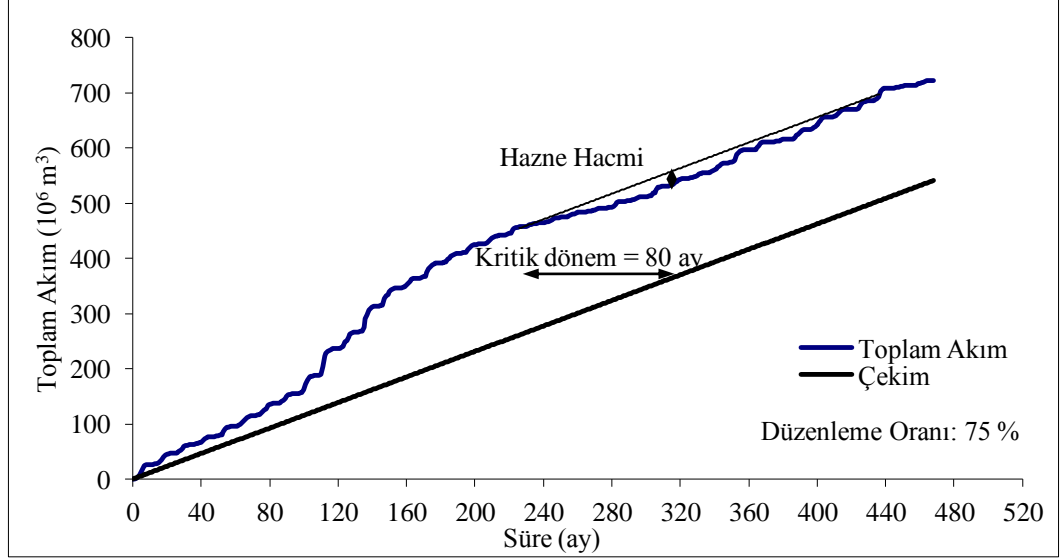
Şekil 6.5 Rippl yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (aylık akış, düzenleme oranı %69,12)

Yıllık toplam akımlar kullanılarak %69,12 düzenleme oranı ($18,50 \times 10^6 \times 0,6912 = 12,79 \times 10^6 \text{ m}^3$) için eklenik akım ve çekim eğrileri Şekil 6.6’da verilmiştir. Gerekli hazne kapasitesi $21,79 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve kritik dönem uzunluğu 72 ay olarak belirlenmiştir.



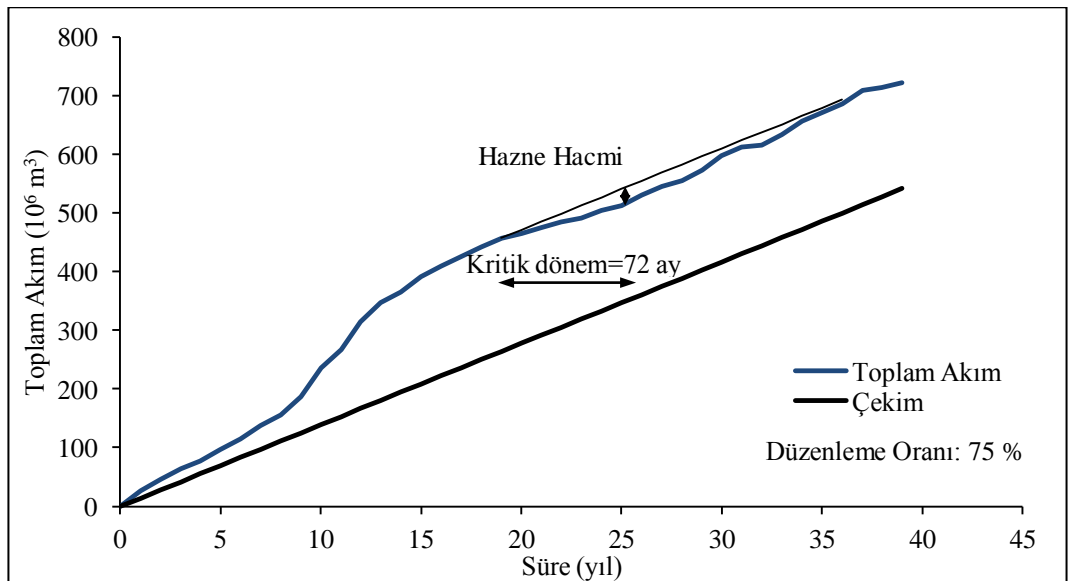
Şekil 6.6 Rippl yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (yıllık akış, düzenleme oranı %69,12)

Aylık akımlar kullanılarak %75 düzenleme oranı ($1,54 \times 10^6 \times 0,75 = 1,16 \times 10^6 \text{ m}^3$) için eklenik akım ve çekim eğrileri Şekil 6.7’de verilmiştir. Gerekli hazne kapasitesi $33,61 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve kritik dönem uzunluğu 80 ay olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.7 Rippl yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (aylık akış, düzenleme oranı %75)

Yıllık toplam akımlar kullanılarak %75 düzenleme oranı ($18,50 \times 10^6 \times 0,75 = 13,88 \times 10^6 \text{ m}^3$) için eklenik akım ve çekim eğrileri Şekil 6.8’de verilmiştir. Gerekli hazne kapasitesi $28,32 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve kritik dönem uzunluğu 72 ay olarak belirlenmiştir.



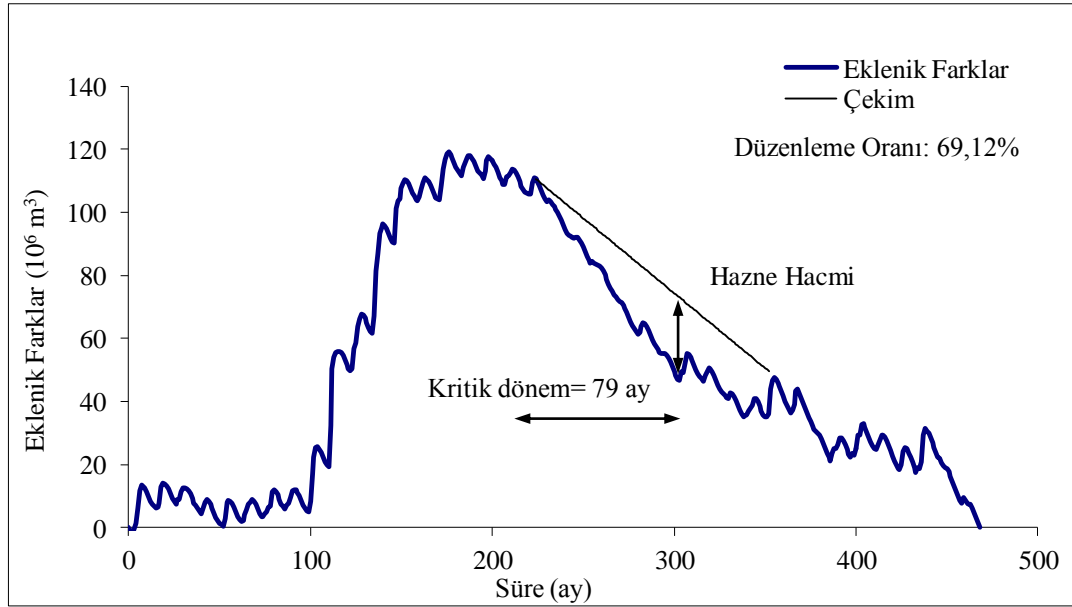
Şekil 6.8 Rippl yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (yıllık akış, düzenleme oranı %75)

$$P = 0,6 / (N+2) \quad (6.8)$$

(6.8) bağıntısından N akış ölçümü gözlem süresi olmak üzere, haznenin toplam süre içerisinde bir kez boş kalma olasılığı; $P = 0,6 / (39+2) = \%1,5$ olarak hesaplanmıştır.

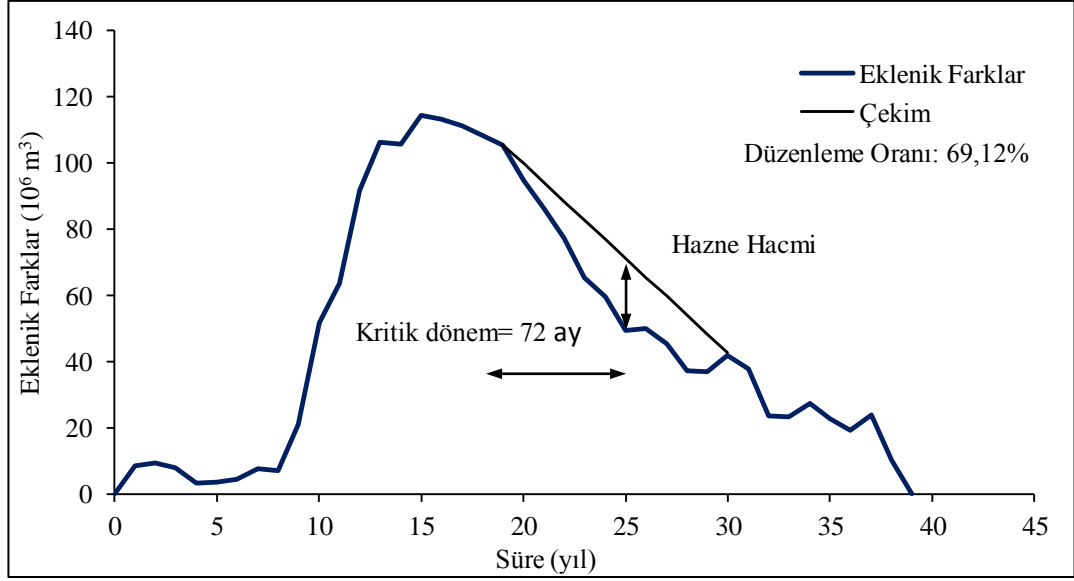
6.2.1.2 Eklenik Farklar Yöntemi

Aylık akımlar kullanılarak %69,12 düzenleme oranı ($1,54 \times 10^6 \times 0,6912 - 1,54 \times 10^6 = -0,48 \times 10^6 \text{ m}^3$) için eklenik farklar ve çekim eğrileri Şekil 6.9'da verilmiştir. Gerekli hazne kapasitesi $26,37 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve kritik dönem uzunluğu 79 ay olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.9 Eklenik farklar yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (aylık akış, düzenleme oranı %69,12)

Yıllık toplam akımlar kullanılarak %69,12 düzenleme oranı ($18,50 \times 10^6 \times 0,6912 - 18,50 \times 10^6 = -5,71 \times 10^6 \text{ m}^3$) için eklenik farklar ve çekim eğrileri Şekil 6.10'da verilmiştir. Gerekli hazne kapasitesi $21,79 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve kritik dönem uzunluğu 72 ay olarak belirlenmiştir.

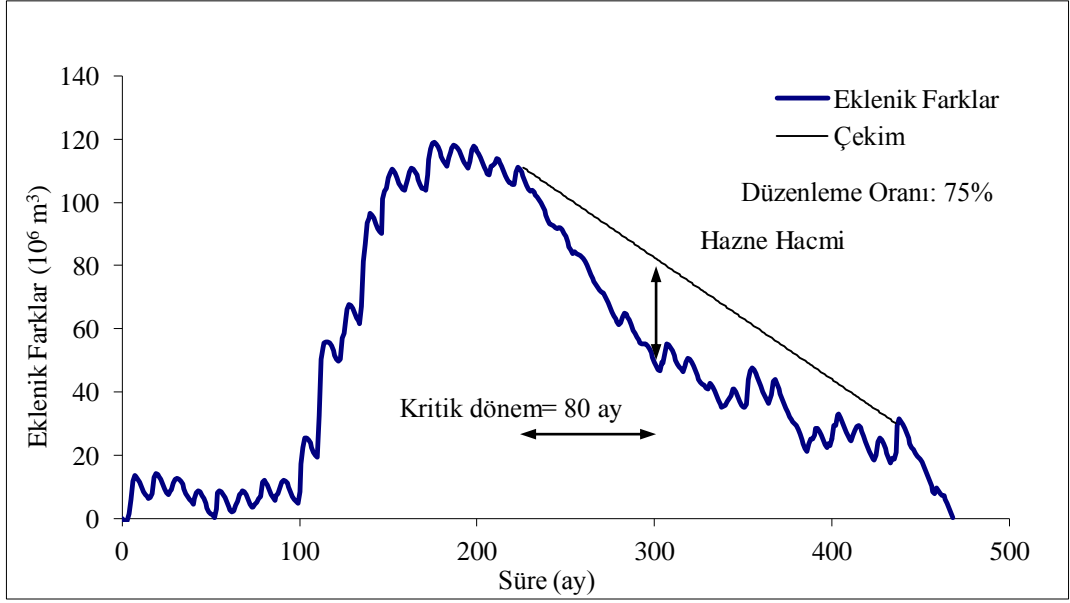


Şekil 6.10 Eklenik farklar yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (yıllık akış, düzenleme oranı %69,12)

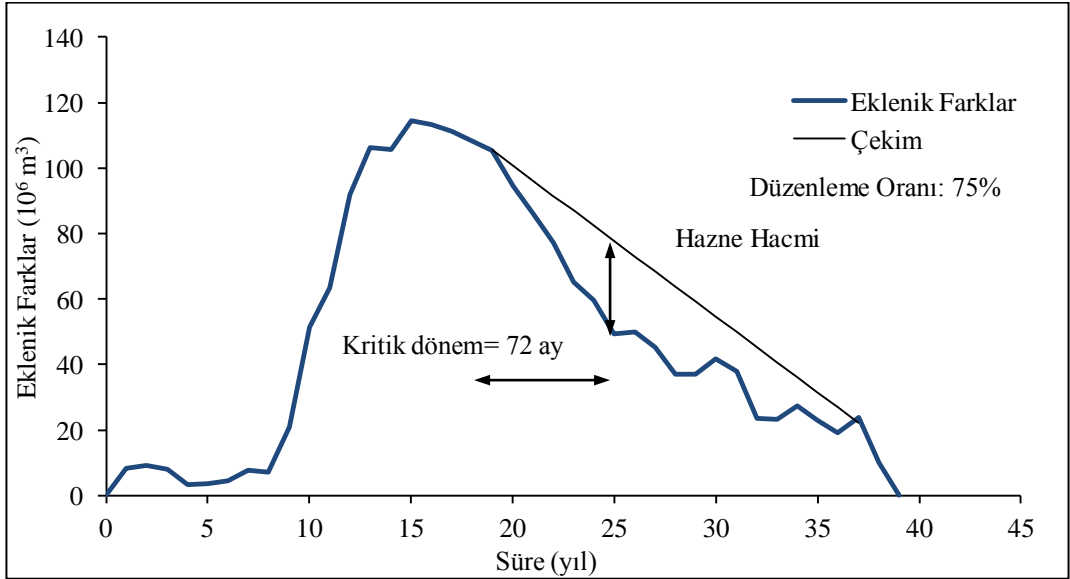
Aylık akımlar kullanılarak %75 düzenleme oranı ($1,54 \times 10^6 \times 0,75 - 1,54 \times 10^6 = -0,39 \times 10^6 \text{ m}^3$) için eklenik farklar ve çekim eğrileri Şekil 6.11'de verilmiştir. Gerekli hazne kapasitesi $33,61 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve kritik dönem uzunluğu 80 ay olarak belirlenmiştir.

Yıllık toplam akımlar kullanılarak %75 düzenleme oranı ($18,50 \times 10^6 \times 0,75 - 18,50 \times 10^6 = -4,63 \times 10^6 \text{ m}^3$) için eklenik farklar ve çekim eğrileri Şekil 6.12'de verilmiştir. Gerekli hazne kapasitesi $28,32 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve kritik dönem uzunluğu 72 ay olarak belirlenmiştir.

N akış ölçümü gözlem süresi olmak üzere, her iki düzenleme oranında da haznenin toplam süre içerisinde bir kez boş kalma olasılığı $P = 0,6 / (39+2) = \%1,5$ olarak bulunmuştur.



Şekil 6.11 Eklenik farklar yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (aylık akış, düzenleme oranı %75)



Şekil 6.12 Eklenik farklar yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi (yıllık akış, düzenleme oranı %75)

6.2.1.3 Ardışık Tepeler Yöntemi

Hazne hacmi kapasitesi, %69,12 düzenleme oranı için $26,37 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve %75 düzenleme oranı için $33,61 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak bulunmuştur. N akış ölçümü gözlem

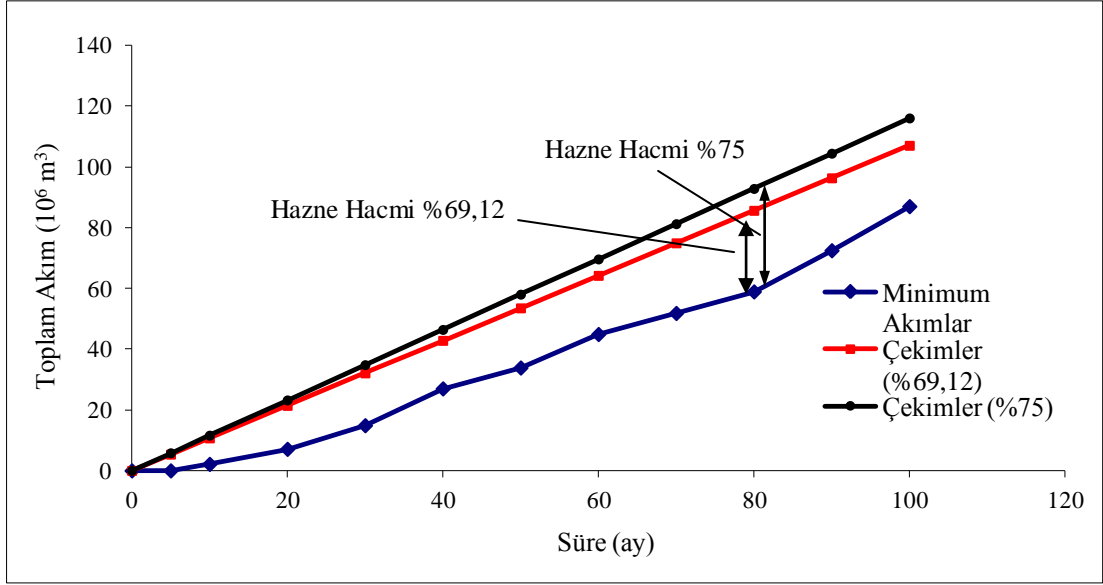
süresi olmak üzere, her iki düzenleme oranında da haznenin toplam süre içerisinde bir kez boş kalma olasılığı $P = 0,6 / (39+2) = \%1,5$ olarak bulunmuştur.

6.2.1.4 Minimum Akımlar Yöntemi

Değirmendere-Doğanlar AGİ'nin 1970-2008 yılları arasındaki aylık akış hacimleri kullanılarak 5, 10, 20, ... , 100 aylık sürelerde toplam minimum akımlar belirlenmiştir. %69,12 düzenleme oranı ($1,54 \times 10^6 \times 0,6912 = 1,07 \times 10^6 \text{ m}^3$) için gerekli hazne kapasitesi $26,70 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve kritik dönem uzunluğu 80 ay, %75 düzenleme oranı ($1,54 \times 10^6 \times 0,75 = 1,16 \times 10^6 \text{ m}^3$) için $33,90 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve kritik dönem uzunluğu 80 ay olarak belirlenmiştir (Tablo 6.10). %69,12 ve %75 düzenleme oranları için toplam hazne hacmi-süre arasındaki ilişkiyi gösteren grafik ise Şekil 6.13'de verilmiştir.

Tablo 6.10 Minimum akımlar yöntemiyle hazne hacmi hesabı

Süre (ay)	Minimum Akımlar (10^6 m^3)	Çekimler %69,12 (10^6 m^3)	Hazne Kapasitesi (10^6 m^3)	Çekimler %75 (10^6 m^3)	Hazne Kapasitesi (10^6 m^3)
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	5,35	5,35	5,80	5,80
10	2,14	10,70	8,56	11,60	9,46
20	7,09	21,40	14,31	23,20	16,11
30	14,87	32,10	17,23	34,80	19,93
40	26,98	42,80	15,82	46,40	19,42
50	33,86	53,50	19,64	58,00	24,14
60	44,88	64,20	19,32	69,60	24,72
70	51,81	74,90	23,09	81,20	29,39
80	58,90	85,60	26,70	92,80	33,90
90	72,46	96,30	23,84	104,40	31,94
100	86,97	107,00	20,03	116,00	29,03



Şekil 6.13 Minimum akımlar yöntemiyle hazne hacminin belirlenmesi

6.2.1.5 Alexander Yöntemi

Değirmendere-Doğanlar AGİ'nin 1970-2008 yılları arasında Tabak Dere-Çaltılı AGİ akımlarıyla uzatılmış akım verilerinin χ^2 (Ki-Kare) testi ile Gamma dağılımına uygun olmadığı belirlenmiştir. Gamma dağılımlı olmayan verilerin kullanılması halinde yöntemin güvenilirlik derecesini irdeleyebilmek amacıyla, Alexander yöntemi ile de hazne kapasitesi hesaplanmıştır. Gamma dağılımının parametreleri ($\alpha=3,58$ ve $\beta=5,17$) hesaplanmıştır. %69,12 ve %75 düzenleme oranları için 20 yıl ve 67 yıl tekerrür süreleri kullanılarak belirlenen hazne hacimleri ve kritik dönem uzunlukları Tablo 6.11'de verilmiştir.

6.2.1.6 Dinçer Yöntemi

Değirmendere-Doğanlar AGİ'nin 1970-2008 yılları arasında Tabak Dere-Çaltılı AGİ akımlarıyla uzatılmış akım verilerinin ($\mu=18,5.10^6$ m³ ve $C_v =0,53$), χ^2 (Ki-Kare) testi ile normal dağılıma uygun olduğu belirlenmiştir. %69,12 ve %75 düzenleme oranları için 20 yıl ve 67 yıl tekerrür süreleri kullanılarak belirlenen hazne hacimleri ve kritik dönem uzunlukları Tablo 6.12'de verilmiştir. Daha sonra bulunan değerler içsel bağımlılık etkisi dikkate alınarak Ek-2'ye göre düzeltilmiştir.

Tablo 6.11 Alexander yöntemi ile çeşitli düzenleme oranları ve tekerrür süreleri için belirlenen hazne hacimleri ve kritik dönem uzunlukları

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Tekerrür Süresi (T_r) (yıl)	Hazne Hacmi (τ_1)	Hesaplanan Hazne Hacmi ($10^6 m^3$)	İçsel Bağlımlık Etkisi Katsayısı	Gerekli Hazne Hacmi ($10^6 m^3$)	Kritik Dönem Uzunluğu (CP_1) (yıl)	Kritik Dönem Uzunluğu (ay)
69,12	5	20	1,5	7,75	3,7	28,68	7	23
	1,5	67	2,5	12,92	4,30	55,55	12	40
75	5	20	2,1	10,85	4,10	44,49	12	40
	1,5	67	3,6	18,60	4,80	89,30	19	64

Tablo 6.12 Dinçer yöntemi ile çeşitli düzenleme oranları ve tekerrür süreleri için belirlenen hazne hacimleri ve kritik dönem uzunlukları

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Z_p (% p olasılıklı standart normal değişken)	Hesaplanan Hazne Hacmi ($10^6 m^3$)	İçsel Bağlımlık Etkisi Katsayısı	Gerekli Hazne Hacmi ($10^6 m^3$)	Kritik Dönem Uzunluğu (ay)
69,12	5	1,64	11,32	4,2	47,53	24
	1,5	2,17	19,81	4,90	97,07	42
75	5	1,64	13,98	4,40	61,50	36
	1,5	2,17	24,47	5,10	124,80	63

6.2.1.7 Gould'un Gamma Yöntemi

%69,12 ve %75 düzenleme oranları için 20 yıl ve 67 yıl tekerrür süreleri kullanılarak belirlenen hazne hacimleri ve kritik dönem uzunlukları Tablo 6.13'de verilmiştir.

Tablo 6.13 Gould'un Gamma yöntemi ile çeşitli düzenleme oranları ve tekrür süreleri için belirlenen hazne hacimleri ve kritik dönem uzunlukları

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	z_p (% p olasılıklı standart normal değişken)	d (Gould düzeltme faktörü)	τ (hazne hacmi)	Hesaplanan Hazne Hacmi ($10^6 m^3$)	İçsel Bağlılık Etkisi Katsayısı	Gerekli Hazne Hacmi ($10^6 m^3$)	Kritik Dönem Uzunluğu (ay)
69,12	5	1,64	0,6	0,44	8,20	2,4	19,67	24
	1,5	2,17	1,3	0,71	13,06	2,70	35,25	42
75	5	1,64	0,6	0,59	10,86	2,60	28,23	36
	1,5	2,17	1,3	0,96	17,71	2,90	51,37	63

6.2.1.8 Aylık Su Bütçesi Yöntemi

Aylık su bütçesi yöntemiyle bulunan hazne kapasitesinin, ön tasarım yöntemlerinde bulunan hazne kapasitesi değerleriyle karşılaştırılabilmesi için iki farklı uygulama yapılmıştır. Birinci uygulamada, buharlaşma kayıpları ihmal edilmiş ve ihtiyaçlar Yeşilkavak barajının planlanan düzenleme oranı %69,12 için $1,06 \cdot 10^6 m^3$ ($0,53 \cdot 10^6 m^3$ sulama suyu, $0,53 \cdot 10^6 m^3$ kullanma suyu), düzenleme oranındaki değişimin hazne kapasitesine etkisini araştırabilmek için de %75 düzenleme oranı için $1,16 \cdot 10^6 m^3$ ($0,58 \cdot 10^6 m^3$ sulama suyu, $0,58 \cdot 10^6 m^3$ kullanma suyu) alınarak sabit kabul edilmiştir. Birinci uygulamaya ait belirlenen hazne hacimleri ve riskler Tablo 6.14'de verilmiştir.

İkinci uygulamada Yeşilkavak barajının planlanan hazne kapasitesinin irdelenebilmesi için, proje verilerinden yararlanılarak bulunan buharlaşma, sulama suyu ve kullanma suyu (yatağa bırakılan canlı hayat suyu) verileri kullanılmıştır. İkinci uygulamaya ait belirlenen hazne hacimleri ve riskler Tablo 6.15'de verilmiştir.

Tablo 6.14 Aylık su bütçesi yönteminin birinci uygulamasına (buharlaşma=0, sabit aylık çekim) ait %69,12 ve %75 düzenleme oranlarına göre hazne hacimleri ve riskler

Düzenleme Oranı: %69,12			Düzenleme Oranı: %75		
Hazne Hacmi (10 ⁶ m ³)	Haznenin Boş Olduğu Ay Sayısı	İhtiyacı Karşılıyamadığı Olasılığı (%)	Hazne Hacmi (10 ⁶ m ³)	Haznenin Boş Olduğu Ay Sayısı	İhtiyacı Karşılıyamadığı Olasılığı (%)
4,25	98	20,94	4,25	126	26,92
5,25	74	15,81	9,25	60	12,82
7,25	56	11,97	15,25	38	8,12
9,25	46	9,83	20,25	26	5,56
11,25	39	8,33	21,50	23	5,00
14,25	30	6,41	24,25	18	3,85
16,70	23	5,00	29,16 ^(*)	13	2,78
19,25	15	3,21	31,25	9	1,92
24,68	7	1,50	32,25	7	1,50
29,16 ^(*)	2	0,43	33,25	6	1,28
29,31	0	0	37,96	0	0

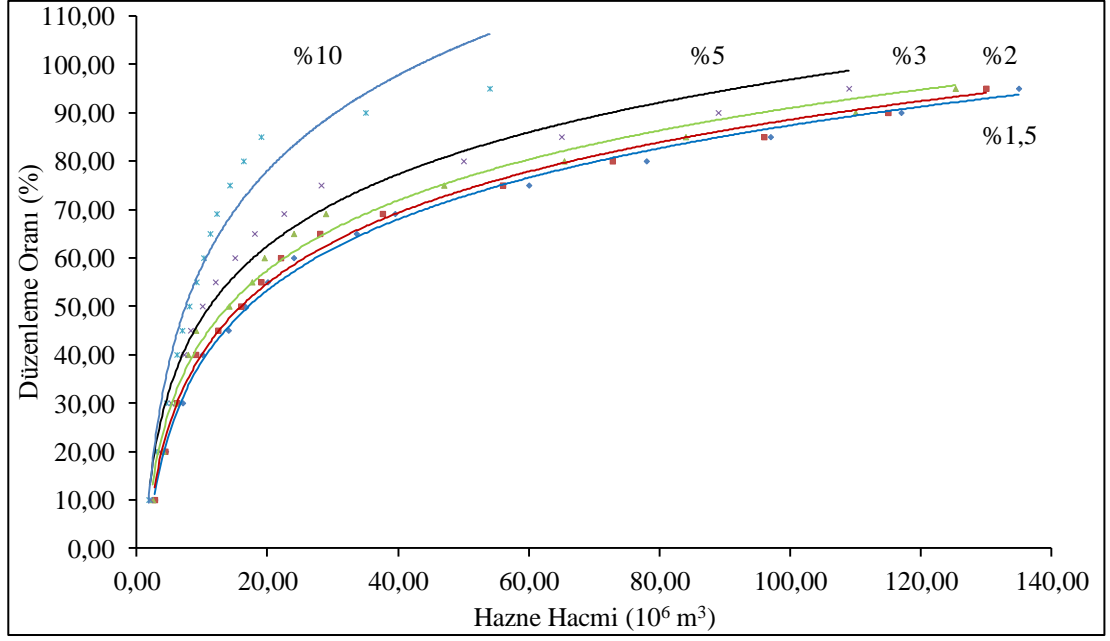
(*) Yeşilkavak barajının planlanan aktif hazne hacmi

Tablo 6.15 Aylık su bütçesi yönteminin ikinci uygulamasına (proje verileri kullanılarak bulunan buharlaşma, sulama ve kullanma suyu değerleri) ait %69,12 ve %75 düzenleme oranlarına göre hazne hacimleri ve riskler

Düzenleme Oranı: %69,12			Düzenleme Oranı: %75		
Hazne Hacmi (10 ⁶ m ³)	Haznenin Boş Olduğu Ay Sayısı	İhtiyacı Karşılıyamadığı Olasılığı (%)	Hazne Hacmi (10 ⁶ m ³)	Haznenin Boş Olduğu Ay Sayısı	İhtiyacı Karşılıyamadığı Olasılığı (%)
4,25	140	29,91	9,25	100	21,37
7,25	108	23,08	10,25	87	18,59
9,25	85	18,16	11,25	72	15,38
11,25	49	10,47	14,25	40	8,55
12,25	39	8,33	17,25	35	7,48
14,25	32	6,84	24,25	29	6,20
18,25	27	5,77	27,50	23	5,00
21,98	23	5,00	29,16 ^(*)	22	4,70
25,25	17	3,63	37,25	19	4,06
29,16 ^(*)	12	2,56	44,25	16	3,42
38,75	7	1,50	58,25	7	1,50
46,5	0	0	70,45	0	0

(*) Yeşilkavak barajının planlanan aktif hazne hacmi

Aylık su bütçesi yöntemiyle belirlenen hazne hacmi-verim-risk ilişkisini gösteren grafik Şekil 6.14'de verilmiştir.



Şekil 6.14 Aylık su bütçesi yöntemi ile belirlenen hazne hacmi-verim-risk ilişkisi

6.2.2 Olasılık Matris Yöntemleri

6.2.2.1 Moran Olasılık Matrisi Yöntemi

Geçiş olasılık matrisinin oluşturulması için, Değirmendere-Doğanlar AGİ'nin 1970-2008 yılları arasında Tabak Dere-Çaltılı AGİ akımlarıyla uzatılmış akım verilerine %5 anlamlılık seviyesinde uygulanan dağılım uygunluk testleri sonucunda Normal ($\bar{x}=18,5$, $S_x=9,78$), Lognormal(2) ($\bar{y}=2,79$, $S_y=0,5$) ve Gumbel ($u=14,1$, $\alpha=7,63$) dağılımlarının uygun olduğu belirlenmiştir. Basit ve yaygın olarak kullanılması sebebiyle, uygulamada Normal dağılım kullanılmıştır. Yıllık ortalama akım dizisinin değişkenlik katsayısı $C_v=0,53$ olup, $0,5 \leq C_v \leq 1,0$ aralığı için hazne hacminin $m=20$ dilime ayrılması önerilmektedir (Bayazıt, 1997; Özkul,2010).

Çalışmada farklı durum sayısının sonuçları nasıl etkilediğini irdeleyebilmek amacıyla üç farklı geçiş olasılıkları matrisi hazırlanmış ve Yeşilkavak barajının planlanan hazne hacmi $m=5$, 10 ve 20 farklı hacim dilimine ayrılmıştır. 5 durumlu, 10 durumlu ve 20 durumlu hallerdeki farklı hazne koşullarının sağlanabilmesi için gerekli akım miktarları, (4.10) bağıntısında verilen su bütçesi denklemi kullanılarak belirlenmiştir. Süreklilik denkleminde, t zaman periyodu süresindeki su kullanımları

için aylık su bütçesi yönteminde kullanılan su kullanımlarının yıllık ortalaması olan $D_t=14,27 \text{ hm}^3$ değeri ve t zaman periyodu süresindeki net buharlaşma hacmi için ise aylık su bütçesi yönteminde kullanılan net buharlaşma hacimlerinin yıllık ortalaması olan $E_t= 0,56 \text{ hm}^3$ değeri kullanılmıştır.

5 durumlu farklı hazne koşullarının sağlanabilmesi için gerekli akım miktarları Tablo 6.16'da verilmiştir.

Tablo 6.16 5 durumlu halde farklı hazne koşullarının sağlanabilmesi için gerekli akım miktarları

		t anındaki hazne hacmi (Z_t) (hm^3)				
		0	7,29	14,58	21,87	29,16
t+1 anındaki hazne hacmi (Z_{t+1}) (hm^3)	0	14,83	7,54	0,25	0,00	0,00
	7,29	22,12	14,83	7,54	0,25	0,00
	14,58	29,41	22,12	14,83	7,54	0,25
	21,87	36,70	29,41	22,12	14,83	7,54
	29,16	43,99	36,70	29,41	22,12	14,83

Tablo 6.16'da verilen aylık su bütçesi çalışmasına göre, başlangıçta boş olan haznenin sene sonunda da boş kalabilmesi için gelen akım miktarının $14,83 \text{ hm}^3$ 'ten az, sene sonunda dolu olabilmesi için gelen akım miktarının $43,99 \text{ hm}^3$ 'e eşit veya büyük olması gerekmektedir. Başlangıçta haznenin 1/4'ünün yani $7,29 \text{ hm}^3$ 'ünün dolu olması durumunda sene sonunda boş kalabilmesi için gelen akım miktarının $7,54 \text{ hm}^3$ 'ten az, sene sonunda dolu olabilmesi için gelen akım miktarının $36,70 \text{ hm}^3$ 'e eşit veya büyük olması gerekir. Başlangıçta haznenin 3/4'ünün yani $21,87 \text{ hm}^3$ 'ünün dolu olması durumunda ise sene sonunda boş kalabilmesi için gelen akım miktarının 0, sene sonunda dolu olabilmesi için gelen akım miktarının $22,12 \text{ hm}^3$ 'e eşit veya büyük olması gerekir.

Benzer şekilde 10 durumlu ve 20 durumlu farklı hazne koşullarının sağlanabilmesi için gerekli akım miktarları da hesaplanmıştır.

10 durumlu farklı hazne koşullarının sağlanabilmesi için gerekli akım miktarları Tablo 6.17'de verilmiştir.

Tablo 6.17 10 durumlu halde farklı hazne koşullarının sağlanabilmesi için gerekli akım miktarları

		t anındaki hazne hacmi (Z_t) (hm^3)									
		0	3,24	6,48	9,72	12,96	16,20	19,44	22,68	25,92	29,16
t+1 anındaki hazne hacmi (Z_{t+1}) (hm^3)	0	14,83	11,59	8,35	5,11	1,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3,24	18,07	14,83	11,59	8,35	5,11	1,87	0,00	0,00	0,00	0,00
	6,48	21,31	18,07	14,83	11,59	8,35	5,11	1,87	0,00	0,00	0,00
	9,72	24,55	21,31	18,07	14,83	11,59	8,35	5,11	1,87	0,00	0,00
	12,96	27,79	24,55	21,31	18,07	14,83	11,59	8,35	5,11	1,87	0,00
	16,2	31,03	27,79	24,55	21,31	18,07	14,83	11,59	8,35	5,11	1,87
	19,44	34,27	31,03	27,79	24,55	21,31	18,07	14,83	11,59	8,35	5,11
	22,68	37,51	34,27	31,03	27,79	24,55	21,31	18,07	14,83	11,59	8,35
	25,92	40,75	37,51	34,27	31,03	27,79	24,55	21,31	18,07	14,83	11,59
	29,16	43,99	40,75	37,51	34,27	31,03	27,79	24,55	21,31	18,07	14,83

20 durumlu farklı hazne koşullarının sağlanabilmesi için gerekli akım miktarları da Tablo 6.18’de verilmiştir.

Tablo 6.18 20 durumlu halde farklı hazne koşullarının sağlanabilmesi için gerekli akım miktarları

		t anındaki hazne hacmi (Z_t) (hm^3)																			
		0	1,53	3,06	4,59	6,12	7,65	9,18	10,71	12,24	13,77	15,3	16,84	18,38	19,92	21,46	23	24,54	26,08	27,62	29,16
t+1 anındaki hazne hacmi (Z_{t+1}) (hm^3)	0	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7	7,2	5,6	4,1	2,6	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1,53	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7	7,2	5,6	4,1	2,6	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3,06	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7	7,2	5,6	4,1	2,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	4,59	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7	7,2	5,6	4,1	2,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	6,12	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7	7,2	5,6	4,1	2,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	7,65	22,5	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7	7,2	5,6	4,1	2,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	9,18	24,0	22,5	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7	7,2	5,6	4,1	2,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	10,71	25,5	24,0	22,5	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7	7,2	5,6	4,1	2,6	1,0	0,0	0,0	0,0
	12,24	27,0	25,5	24,0	22,5	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7	7,2	5,6	4,1	2,6	1,0	0,0	0,0
	13,77	28,5	27,0	25,5	24,0	22,5	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7	7,2	5,6	4,1	2,6	1,0	0,0
	15,3	30,0	28,5	27,0	25,5	24,0	22,5	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7	7,2	5,6	4,1	2,6	1,0
	16,84	31,5	30,0	28,5	27,0	25,5	24,0	22,5	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7	7,2	5,6	4,1	2,6
	18,38	33,0	31,5	30,0	28,5	27,0	25,5	24,0	22,5	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7	7,2	5,6	4,1
	19,92	34,5	33,0	31,5	30,0	28,5	27,0	25,5	24,0	22,5	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7	7,2	5,6
	21,46	36,0	34,5	33,0	31,5	30,0	28,5	27,0	25,5	24,0	22,5	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7	7,2
	23	37,5	36,0	34,5	33,0	31,5	30,0	28,5	27,0	25,5	24,0	22,5	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2	8,7
	24,54	39,0	37,5	36,0	34,5	33,0	31,5	30,0	28,5	27,0	25,5	24,0	22,5	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8	10,2
	26,08	40,5	39,0	37,5	36,0	34,5	33,0	31,5	30,0	28,5	27,0	25,5	24,0	22,5	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3	11,8
	27,62	42,0	40,5	39,0	37,5	36,0	34,5	33,0	31,5	30,0	28,5	27,0	25,5	24,0	22,5	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8	13,3
	29,16	43,5	42,0	40,5	39,0	37,5	36,0	34,5	33,0	31,5	30,0	28,5	27,0	25,5	24,0	22,5	20,9	19,4	17,9	16,4	14,8

Daha sonraki aşamada; 5, 10 ve 20 durumlu halde farklı hazne koşullarının sağlanabilmesi için gerekli akım miktarlarının normal dağılıma uygun olarak hesaplanan eklenik olasılıklarından yararlanarak geçiş olasılıkları hesaplanmıştır.

5 durumlu hal için geçiş olasılıkları Tablo 6.19'da verilmiştir.

Tablo 6.19 5 durumlu hal için geçiş olasılıkları

		t anındaki hazne hacmi (Z_t) (hm^3)				
		0	7,29	14,58	21,87	29,16
t+1 anındaki hazne hacmi (Z_{t+1}) (hm^3)	0	0,35	0,13	0,03	0,03	0,03
	7,29	0,29	0,22	0,10	0,00	0,00
	14,58	0,22	0,29	0,22	0,10	0,00
	21,87	0,10	0,22	0,29	0,22	0,10
	29,16	0,03	0,13	0,36	0,65	0,87

Benzer şekilde hesaplanan 10 durumlu hal için geçiş olasılıkları Tablo 6.20'de verilmiştir.

Tablo 6.20 10 durumlu hal için geçiş olasılıkları

		t anındaki hazne hacmi (Z_t) (hm^3)									
		0	3,24	6,48	9,72	12,96	16,20	19,44	22,68	25,92	29,16
t+1 anındaki hazne hacmi (Z_{t+1}) (hm^3)	0	0,35	0,24	0,15	0,09	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	3,24	0,13	0,11	0,09	0,06	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
	6,48	0,13	0,13	0,11	0,09	0,06	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00
	9,72	0,12	0,13	0,13	0,11	0,09	0,06	0,04	0,02	0,00	0,00
	12,96	0,10	0,12	0,13	0,13	0,11	0,09	0,06	0,04	0,02	0,00
	16,2	0,07	0,10	0,12	0,13	0,13	0,11	0,09	0,06	0,04	0,02
	19,44	0,05	0,07	0,10	0,12	0,13	0,13	0,11	0,09	0,06	0,04
	22,68	0,03	0,05	0,07	0,10	0,12	0,13	0,13	0,11	0,09	0,06
	25,92	0,01	0,03	0,05	0,07	0,10	0,12	0,13	0,13	0,11	0,09
	29,16	0,01	0,03	0,05	0,10	0,17	0,27	0,39	0,52	0,65	0,76

20 durumlu hal için geçiş olasılıkları ise Tablo 6.21'de verilmiştir.

Tablo 6.21 (devamı) 20 durumlu hal için geçiş olasılıkları

		t anındaki hazne hacmi (Z_t) (hm^3)																				
		0	1,53	3,06	4,59	6,12	7,65	9,18	10,71	12,24	13,77	15,3	16,84	18,38	19,92	21,46	23,00	24,54	26,08	27,62	29,16	
t+1 anındaki hazne hacmi (Z_{t+1}) (hm^3)	21,46	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	23,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
24,54	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
26,08	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
27,62	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
29,16	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
0	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
1,53	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
3,06	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
4,59	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
6,12	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
7,65	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
9,18	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	
10,71	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	
12,24	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	
13,77	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	
15,3	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	
16,84	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	
18,38	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	
19,92	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	
21,46	0,40	0,40	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	
23,00	0,46	0,46	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	
24,54	0,52	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	
26,08	0,59	0,59	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	
27,62	0,65	0,65	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	
29,16	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	

5, 10 ve 20 durumlu hal için geçiş olasılıkları belirlendikten sonra, haznenin ilk sene başındaki kabul edilen durum vektörü (hazne başlangıçta dolu) ile geçiş olasılıkları matrisleri çarpılarak birinci sene sonundaki durum vektörü belirlenmiştir. Bir önceki senenin sonundaki durum vektörü bir sonraki senenin başındaki durum vektörü kabul edilerek, durum vektörü kararlı hale ulaşıncaya kadar, her seneye ait durum vektörünün geçiş olasılıkları matrisi ile çarpılması işlemine devam edilmiştir.

5 durumlu hal için kararlı hale ulaşmak için yapılan işlemler ve sonuçları Şekil 6.15'de verilmiştir. Mevcut işletme koşullarında, ilk sene başında dolu olan haznenin, 1. sene sonunda dönemi dolu tamamlama olasılığı %87, 2. sene sonunda dönemi dolu tamamlama olasılığı %82, 3. sene sonunda dönemi dolu tamamlama olasılığı %80 ve kararlı halde dolu tamamlama olasılığı ise %76 olarak hesaplanmıştır.

5 durumlu hal için haznenin başlangıç durumunun sonuçları nasıl etkilediğini belirlemek için, hazne başlangıçta boş kabul edilerek bulunan kararlı hal çözümü Şekil 6.16'da verilmiştir.

$\begin{bmatrix} 0,35 & 0,13 & 0,03 & 0,03 & 0,03 \\ 0,29 & 0,22 & 0,10 & 0,00 & 0,00 \\ 0,22 & 0,29 & 0,22 & 0,10 & 0,00 \\ 0,10 & 0,22 & 0,29 & 0,22 & 0,10 \\ 0,03 & 0,13 & 0,36 & 0,65 & 0,87 \end{bmatrix}$	\times	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	$=$	$\begin{bmatrix} 0,03 \\ 0,00 \\ 0,00 \\ 0,10 \\ 0,87 \end{bmatrix}$
Geçiş olasılıkları matrisi		1. Sene başı durum vektörü		1. Sene sonu durum vektörü
$\begin{bmatrix} 0,35 & 0,13 & 0,03 & 0,03 & 0,03 \\ 0,29 & 0,22 & 0,10 & 0,00 & 0,00 \\ 0,22 & 0,29 & 0,22 & 0,10 & 0,00 \\ 0,10 & 0,22 & 0,29 & 0,22 & 0,10 \\ 0,03 & 0,13 & 0,36 & 0,65 & 0,87 \end{bmatrix}$	\times	$\begin{bmatrix} 0,03 \\ 0,00 \\ 0,00 \\ 0,10 \\ 0,87 \end{bmatrix}$	$=$	$\begin{bmatrix} 0,04 \\ 0,01 \\ 0,02 \\ 0,11 \\ 0,82 \end{bmatrix}$
Geçiş olasılıkları matrisi		2. Sene başı durum vektörü		2. Sene sonu durum vektörü
$\begin{bmatrix} 0,04 \\ 0,02 \\ 0,03 \\ 0,12 \\ 0,80 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0,04 \\ 0,02 \\ 0,03 \\ 0,12 \\ 0,78 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0,05 \\ 0,02 \\ 0,04 \\ 0,12 \\ 0,77 \end{bmatrix}$	$\dots\dots\dots$	$\begin{bmatrix} 0,05 \\ 0,02 \\ 0,04 \\ 0,13 \\ 0,76 \end{bmatrix}$
3.	4.	5.		Kararlı hal
Sene sonu durum vektörleri				

Şekil 6.15 5 durumlu hal için kararlı hal çözümü (hazne başlangıçta dolu)

$\begin{bmatrix} 0,35 \\ 0,29 \\ 0,22 \\ 0,10 \\ 0,03 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0,17 \\ 0,19 \\ 0,22 \\ 0,19 \\ 0,22 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0,11 \\ 0,12 \\ 0,16 \\ 0,19 \\ 0,43 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0,08 \\ 0,07 \\ 0,11 \\ 0,17 \\ 0,57 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0,06 \\ 0,05 \\ 0,08 \\ 0,15 \\ 0,66 \end{bmatrix}$	$\dots\dots\dots$	$\begin{bmatrix} 0,05 \\ 0,02 \\ 0,04 \\ 0,13 \\ 0,76 \end{bmatrix}$
1.	2.	3.	4.	5.		Kararlı hal
Sene sonu durum vektörleri						

Şekil 6.16 5 durumlu hal için kararlı hal çözümü (hazne başlangıçta boş)

Benzer şekilde 10 durumlu ve 20 durumlu hal için de hesaplamalar yapılmıştır. 10 durumlu hal için kararlı hal çözümü Şekil 6.17’de verilmiştir. 20 durumlu hal için kararlı hal çözümü Şekil 6.18’de verilmiştir. Kararlı hal çözümlerinden de görüldüğü üzere; planlanan 29,16 hm³ aktif hazne hacminin Moran olasılık matrisi yöntemine göre 5, 10 ve 20 durumlu hal için, boş kalma olasılıkları sırasıyla, %5, %5 ve %6 olarak hesaplanmıştır. Yıllık ortalama akım dizisinin değişkenlik katsayısı C_v=0,53 olup, 0,5≤C_v≤1,0 aralığı için hazne hacminin 20 durumlu hal için yöntemin daha güvenilir olduğu göz önüne alınırsa, planlanan 29,16 hm³ aktif hazne hacminin 39 yıllık dönem boyunca boş kalma olasılığı %6 olarak belirlenmiştir.

0,03	0,04	0,04	0,05	0,05		0,05
0,00	0,00	0,01	0,01	0,01		0,01
0,00	0,01	0,01	0,01	0,01		0,02
0,00	0,01	0,01	0,02	0,02		0,02
0,00	0,01	0,02	0,02	0,02		0,03
0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
0,04	0,05	0,05	0,06	0,06		0,06
0,06	0,07	0,07	0,08	0,08		0,08
0,09	0,09	0,09	0,09	0,09		0,09
0,76	0,69	0,65	0,63	0,62		0,60
1.	2.	3.	4.	5.		Kararlı hal
Sene sonu durum vektörleri						

Şekil 6.17 10 durumlu hal için kararlı hal çözümü (hazne başlangıçta dolu)

0,03	0,04	0,04	0,05	0,05		0,06
0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		0,01
0,00	0,00	0,00	0,01	0,01		0,01
0,00	0,00	0,00	0,01	0,01		0,01
0,00	0,00	0,01	0,01	0,01		0,01
0,00	0,00	0,01	0,01	0,01		0,01
0,00	0,00	0,01	0,01	0,01		0,01
0,00	0,00	0,01	0,01	0,01		0,01
0,00	0,01	0,01	0,01	0,01		0,02
0,09	0,01	0,01	0,01	0,01		0,02
0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
0,01	0,02	0,02	0,02	0,03		0,03
0,02	0,02	0,03	0,03	0,03		0,03
0,02	0,03	0,03	0,03	0,03		0,03
0,03	0,03	0,04	0,04	0,04		0,04
0,03	0,04	0,04	0,04	0,04		0,04
0,04	0,04	0,04	0,04	0,04		0,04
0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		0,05
0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		0,05
0,70	0,62	0,58	0,56	0,54		0,51
1.	2.	3.	4.	5.		Kararlı hal
Sene sonu durum vektörleri						

Şekil 6.18 20 durumlu hal için kararlı hal çözümü (hazne başlangıçta dolu)

6.2.2.2 Gould Olasılık Matrisi Yöntemi

Gould olasılık matrisi yöntemi ile geçiş olasılık matrisi oluşturulurken; planlanan hazne hacmi, ilki boş sonuncusu dolu duruma karşılık gelen 20 eşit aralığa ayrılmıştır. Haznenin 60 farklı başlangıç hacmi için her yıl için 12 ay boyunca süreklilik denklemi uygulanmış ve 39 yıl için 2340 adet (60 başlangıç durumu*39 yıl=2340) yıl sonu hacmi elde edilmiştir. Haznenin döneme boş (0. dilim) başlayıp

boş (0. dilim) tamamladığı dilimde 3 farklı başlangıç hacmi ile 39 yılda 117 farklı işletme çalışması yapılmış ve 45 işletme çalışmasında hazne dönemi boş tamamlamıştır. Geçiş olasılığı ise $45/117= \%38$ olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde diğer dilimlerdeki 3 farklı başlangıç hacmi için de işletme çalışmaları yapılmış ve haznenin dönemi boş tamamladığı (0. dilime düştüğü) işletme çalışması sayısının 117'ye bölünmesiyle geçiş olasılıkları hesaplanmıştır. Gould yöntemi geçiş olasılıkları matrisi Tablo 6.22'de verilmiştir.

Tablo 6.22 Gould yöntemi geçiş olasılıkları matrisi (olasılıklar % olarak verilmiştir.)

Dilim no	t anındaki hazne hacmi (Z_t) (hm^3)																					
	Boş	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
		0,77-2,31	2,31-3,85	3,85-5,39	5,39-6,93	6,93-8,47	8,47-10,01	10,01-11,55	11,55-13,09	13,09-14,62	14,62-16,15	16,15-17,68	17,68-19,21	19,21-20,74	20,74-22,27	22,27-23,80	23,80-25,33	25,33-26,86	26,86-28,39	Dolu		
13	9	9	10	8	13	13	13	13	13	7	11	8	1	7	6	4	2	3	0	0	0	0
9	38	31	23	22	15	9	5	4	5	0	5	0	3	6	2	10	13	7	11	8	1	7
9	0	1	2	3	2	10	13	7	11	8	1	7	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0
10	0	3	6	2	10	13	7	11	8	1	7	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0
8	0	3	6	2	10	13	7	11	8	1	7	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0
13	0	3	6	2	10	13	7	11	8	1	7	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0
13	3	6	2	10	13	7	11	8	1	7	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
15	7	2	10	13	7	11	8	1	7	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	4	10	13	7	11	8	1	7	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	13	7	11	8	1	7	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	15	7	11	8	1	7	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	9	11	8	1	7	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	16	8	1	7	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	16	1	7	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	11	7	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	17	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	16	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	18	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	18	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	18	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 6.22 (devamı) Gould yöntemi geçiş olasılıkları matrisi (olasılıklar % olarak verilmiştir.)

Dilim no		t anındaki hazne hacmi (Z_t) (hm^3)																			
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
t+1 anındaki hazne hacmi (Z_{t+1})	14	Boş	0,77-2,31	2,31-3,85	3,85-5,39	5,39-6,93	6,93-8,47	8,47-10,01	10,01-11,55	11,55-13,09	13,09-14,62	14,62-16,15	16,15-17,68	17,68-19,21	19,21-20,74	20,74-22,27	22,27-23,80	23,80-25,33	25,33-26,86	26,86-28,39	Dolu
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Farklı başlangıç hacimleri ile işletme çalışmaları yapılırken, her başlangıç hacmi için haznenin boş kaldığı ayların sayısı da belirlenmiştir. İşletme çalışmaları her dilimde 3 farklı başlangıç hacmi için toplam 1404 ayı kapsamaktadır. Her dilimdeki farklı 3 başlangıç hacmi için yapılan işletme çalışmalarında; 0. dilimde 277 ay, 1. dilimde 94 ay, 2. dilimde 58 ay, 3. dilimde 48 ay, 4. dilimde 27 ay, 5. dilimde 17 ay, 6. dilimde 7 ay, 7. dilimde 4 ay hazne kurumuştur. Diğer dilimlerde ise hiçbir ay kurumamıştır. Bulunan bu değerlerin toplam ay sayısı olan 1404'e oranlanmasıyla haznenin koşullu başarısızlık olasılığı vektörü (F) hesaplanmıştır. $11,22 \text{ hm}^3$ 'ten daha büyük bir hacimle döneme başlanması halinde hazne hiç kurumamaktadır.

Tablo 6.22'de verilen geçiş olasılıkları matrisinin başlangıç durum vektörü ile ardışık olarak çarpılmasıyla kararlı hal vektörü hesaplanmıştır (Tablo 6.23-a sütunu). Tablo 6.23'te b sütununda ise haznenin koşullu başarısızlık olasılığı vektörü (F) verilmiştir. Tablo 6.23'te c sütununda ise bu iki vektörün çarpılmasıyla elde edilen toplam boş kalma olasılığındaki paylar hesaplanmıştır. Buradan Yeşilkavak barajının planlanan aktif hazne hacminin kuruma olasılığı ise %1,35 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 6.23 Gould olasılık matrisi yöntemine göre hazne boş kalma olasılığı

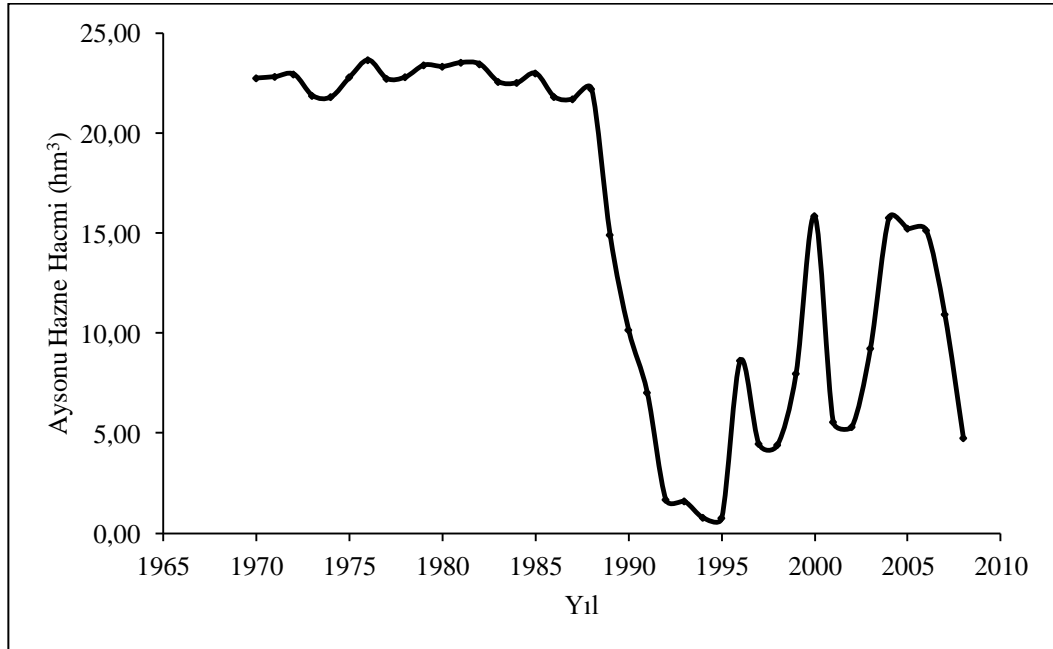
Dilim no	Geçiş olasılıkları kararlı hal vektörü	Koşullu başarısızlık olasılığı vektörü (F)	Toplam boş kalma olasılığındaki paylar
	(a)	(b)	(c)
0	0,05	0,197293	0,009160668
1	0,02	0,066952	0,001146909
2	0,02	0,041311	0,000902913
3	0,03	0,034188	0,000918651
4	0,03	0,019231	0,000541622
5	0,04	0,012108	0,000514740
6	0,04	0,004986	0
7	0,05	0,002849	0
8	0,06	0,000000	0
9	0,06	0,000000	0
10	0,05	0,000000	0
11	0,12	0,000000	0
12	0,36	0,000000	0
13	0,08	0,000000	0
14	0,00	0,000000	0
15	0,00	0,000000	0
16	0,00	0,000000	0
17	0,00	0,000000	0
18	0,00	0,000000	0
19	0,00	0,000000	0
Toplam kuruma olasılığı %1,35			

6.2.3 Kısıntılı Sulamalı İşletme Çalışması

Değirmendere-Doğanlar AGİ'nin 1970-2008 yılları arasında Tabak Dere-Çaltılı AGİ akımlarıyla uzatılmış akımları, aylık toplam net buharlaşma değerleri, kullanma suyu ihtiyacı değerleri, bitki su ihtiyacı değerleri ve kot alan hacim değerleri kullanılarak kısıntılı sulamalı işletme çalışması yapılmıştır. Kısıntılı sulamalı işletme çalışmasında, 1991 yılında gereksinimin %85'i, 1992 yılında gereksinimin %80'i, 1993 yılında gereksinimin %75'i, 1994 yılında gereksinimin %70'i ve 1995 yılında gereksinimin %65'i karşılanmıştır.

İşletme çalışması yapılırken başlangıçta haznenin tam dolu olduğu kabul edilmiş ve gelen akım (+), sulamaya verilen su, buharlaşan su ile kullanma suyu (-) alınarak hazne hacmi, gelen akım, sulamaya verilen su, buharlaşan su ve kullanma suyu cebrik olarak toplanmıştır. Bulunan değer ay sonu hazne hacmi olarak kabul edilmiştir. Bulunan bu hacim başlangıçtaki aybaşı hazne hacminden büyükse fazla suyun dolu savaktan atıldığı kabul edilmiştir. Aylık buharlaşan su miktarı, aylık

ortalama göl hacmine karşılık gelen göl alanı ile o aya ait buharlaşma değeri ile çarpılarak hesaplanmıştır. Bir önceki ayın ay sonu hazne hacmi bir sonraki ayın aybaşı hazne hacmi olarak kabul edilmiş ve sonraki aylar için de aynı işlemlere devam edilmiştir. Kısıntılı sulamalı işletme çalışması sonucunda Yeşilkavak barajının planlanan düzenleme oranı %69,12 için net sulama alanı 1951,50 ha, toplam hacim 33,69 hm³, aktif hazne hacmi 32,94 hm³ olarak bulunmuş, yıllara göre hazne hacmi değişimi grafiği Şekil 6.19'da ve kısıntılı sulamalı işletme çalışmasına ait detaylar Tablo 6.24'de verilmiştir. Düzenleme oranının net sulama alanını ve hazne hacmini nasıl etkilediğini irdeleyebilmek için %75 düzenleme oranı için de hesaplamalar yapılmıştır. %75 düzenleme oranı için net sulama alanı 2117,51 ha, toplam hazne hacmi 52,48 hm³, aktif hazne hacmi 51,73 hm³ olarak bulunmuştur. Kısıntılı sulamalı işletme çalışması sonucunda planlanan düzenleme oranı %69,12 için tam sulamalı işletme çalışması yapıldığında net sulama alanı 1951,50 ha, toplam hazne hacmi ise 47,25 hm³, aktif hazne hacmi 46,50 hm³ olarak bulunmuştur. Ayrıca Yeşilkavak barajının planlanan net sulama alanı 2029 ha için de kısıntılı sulamalı işletme çalışması yapılmış ve düzenleme oranı %71,86 , toplam hazne hacmi 37,42 hm³, aktif hazne hacmi 36,67 hm³ olarak bulunmuştur.



Şekil 6.19 Kısıntılı sulamalı işletme çalışmasında yıllara göre hacim değişimi

Tablo 6.24 Kısıntılı sulamalı işletme çalışması

Yıl	Gelen Akım (hm ³)	Sulama Suyu (hm ³)	Kullanma Suyu (hm ³)	Buharlaştırma (hm ³)	Savak (hm ³)	Sızma (hm ³)	Aysonu Hazne (hm ³)	Sulama Suyu Karşılama Yüzdesi (%)
1970	26,93	12,79	1,48	0,80	22,82	0,00	22,73	100,00
1971	19,33	12,79	1,48	0,79	4,06	0,00	22,80	100,00
1972	17,10	12,79	1,48	0,80	1,97	0,00	22,92	100,00
1973	13,90	12,79	1,48	0,78	0,00	0,00	21,85	100,00
1974	18,79	12,79	1,48	0,79	2,79	0,00	21,79	100,00
1975	19,42	12,79	1,48	0,81	3,37	0,00	22,78	100,00
1976	21,57	12,79	1,48	0,81	6,64	0,00	23,64	100,00
1977	17,95	12,79	1,48	0,79	3,82	0,00	22,71	100,00
1978	32,34	12,79	1,48	0,80	16,69	0,00	22,79	100,00
1979	49,20	12,79	1,48	0,80	34,02	0,00	23,38	100,00
1980	30,42	12,79	1,48	0,81	14,79	0,00	23,31	100,00
1981	46,85	12,79	1,48	0,81	32,21	0,00	23,51	100,00
1982	32,81	12,79	1,48	0,81	17,36	0,00	23,43	100,00
1983	18,01	12,79	1,48	0,79	4,27	0,00	22,55	100,00
1984	27,23	12,79	1,48	0,80	11,36	0,00	22,50	100,00
1985	17,35	12,79	1,48	0,80	2,65	0,00	22,97	100,00
1986	16,47	12,79	1,48	0,78	2,59	0,00	21,80	100,00
1987	15,68	12,79	1,48	0,79	0,11	0,00	21,68	100,00
1988	15,60	12,79	1,48	0,79	0,62	0,00	22,19	100,00
1989	7,57	12,79	1,48	0,64	0,00	0,00	14,90	100,00
1990	10,04	12,79	1,48	0,52	0,00	0,00	10,15	100,00
1991	9,63	10,87	1,48	0,41	0,00	0,00	7,02	85,00
1992	6,61	10,23	1,48	0,25	0,00	0,00	1,67	80,00
1993	12,83	9,59	1,48	0,27	0,00	0,00	1,59	75,00
1994	8,24	8,95	1,48	0,19	0,00	0,00	0,77	70,00
1995	19,08	8,31	1,48	0,44	0,00	0,00	0,75	65,00
1996	13,75	12,79	1,48	0,48	0,00	0,00	8,62	100,00
1997	10,48	12,79	1,48	0,36	0,00	0,00	4,46	100,00
1998	18,22	12,79	1,48	0,44	0,00	0,00	4,40	100,00
1999	23,34	12,79	1,48	0,66	0,00	0,00	7,97	100,00
2000	14,64	12,79	1,48	0,66	0,00	0,00	15,85	100,00
2001	4,14	12,79	1,48	0,41	0,00	0,00	5,55	100,00
2002	18,24	12,79	1,48	0,48	0,00	0,00	5,30	100,00
2003	22,60	12,79	1,48	0,67	0,00	0,00	9,23	100,00
2004	13,99	12,79	1,48	0,66	0,00	0,00	15,76	100,00
2005	14,83	12,79	1,48	0,66	0,00	0,00	15,22	100,00
2006	23,10	12,79	1,48	0,76	2,85	0,00	15,13	100,00
2007	4,87	12,79	1,48	0,56	0,00	0,00	10,93	100,00
2008	8,47	12,79	1,48	0,38	0,00	0,00	4,75	100,00

6.2.4 İklim Değişikliği Verileri İle Hazne Hacminin Belirlenmesi

Yeşilkavak barajı aks ve rezervuarı konumunda ($38^{\circ}26'10''$ - $38^{\circ}25'08''$ kuzey enlemleri ile $28^{\circ}14'08''$ - $29^{\circ}15'21''$ doğu boylamları), “Türkiye İçin İklim Değişikliği Senaryoları” başlıklı proje kapsamında hazırlanan iklim modelleri için veri dağıtım sisteminden, B1 senaryosu ECHAM5 küresel modeli RegCM3 bölgesel iklim modeli için, 2001-2099 yılları arasında aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verileri temin edilmiştir. DMİ-Salihli (17792) MGİ’nda gözlenmiş aylık ortalama sıcaklık verileri ile aylık toplam buharlaşma verileri arasında yapılan korelasyon analizinde, $R^2=0,9336$ ve $R=0,97$ ile lineer regresyon denklemi $Y = 12,193X - 95,316$ olarak bulunmuştur. 2001-2099 yılları arasındaki iklim değişikliği verilerinden aylık ortalama sıcaklık değerleri, bulunan lineer regresyon denkleminde kullanılmış ve 2001-2099 yılları arasındaki aylık toplam buharlaşma değerleri hesaplanmıştır. DSİ-Doğanlar (5-14) MGİ’nda gözlenmiş aylık toplam yağış verileri ile DSİ-Değirmendere-Doğanlar (5-48) AGİ akımları arasında yapılan korelasyon analizinde, $R^2=0,3321$ ve $R=0,58$ ile lineer regresyon denklemi $Y = 0,0226X + 0,4018$ olarak bulunmuştur. 2001-2099 yılları arasındaki iklim değişikliği verilerinden aylık toplam yağış değerleri, bulunan regresyon denkleminde kullanılmış ve 2001-2099 yılları arasındaki aylık akım değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan aylık ortalama sıcaklık, aylık toplam buharlaşma ve aylık toplam yağış değerleri kullanılarak aylık net buharlaşma değerleri hesaplanmıştır. Yıllık toplam net buharlaşma değeri ise 577,62 mm olarak bulunmuştur. Daha sonra, planlanan bitki paternine göre aylık bitki su ihtiyaçları, aylık sulama suyu ihtiyaçları ve aylık ekolojik su ihtiyaçları hesaplanmıştır. Yıllık toplam sulama suyu ihtiyacı 5859,73 m³/ha, yıllık toplam ekolojik su ihtiyacı ise 1,61 hm³ olarak bulunmuştur. 2001-2099 yılları arasındaki hesaplanan iklim değişikliği verileri (gelen akım, sulama suyu ihtiyacı, ekolojik su ihtiyacı ve net buharlaşma değerleri) kullanılarak haznenin 60 farklı başlangıç hacmi için her yıl için 12 ay boyunca süreklilik denklemi uygulanmış ve 99 yıl için 5940 adet (60 başlangıç durumu*99 yıl=5940) yıl sonu hacmi elde edilmiştir. Gould olasılık matrisi yöntemine göre hazne boş kalma olasılığı Tablo 6.25’de verilmiştir.

Tablo 6.25 İklim değışikliği verileri kullanılarak Gould olasılık matrisi yöntemine göre hazne boş kalma olasılığı

Dilim no	Geçiş olasılıkları kararlı hal vektörü	Koşullu başarısızlık olasılığı vektörü (F)	Toplam boş kalma olasılığındaki paylar
	(a)	(b)	(c)
0	0,00	0,062570	0,000000040
1	0,00	0,010382	0,000000018
2	0,00	0,003367	0,000000020
3	0,00	0,000281	0,000000006
4	0,00	0,000000	0,000000000
5	0,00	0,000000	0,000000000
6	0,00	0,000000	0
7	0,00	0,000000	0
8	0,01	0,000000	0
9	0,04	0,000000	0
10	0,08	0,000000	0
11	0,73	0,000000	0
12	0,14	0,000000	0
13	0,01	0,000000	0
14	0,00	0,000000	0
15	0,00	0,000000	0
16	0,00	0,000000	0
17	0,00	0,000000	0
18	0,00	0,000000	0
19	0,00	0,000000	0
Toplam kuruma olasılığı % 0			

BÖLÜM YEDİ

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Hazne kapasitesinin belirlenmesinde kullanılan kritik dönem yöntemlerinin ön tasarım ve kesin tasarım aşamasında kullanılan yöntemleriyle bulunan farklı hazne hacimlerine ait değerler Tablo 7.1’de verilmiştir.

Tablo 7.1 Farklı yöntemlerle bulunan aktif hazne hacimleri

Yöntemler			Veri türü	Düzenleme oranı: %69,12			Düzenleme oranı: %75		
				İhtiyacı karş. olasılığı	Hazne kapasitesi	Kritik dönem uzunluğu	İhtiyacı karş. olasılığı	Hazne kapasitesi	Kritik dönem uzunluğu
				P (%)	C (10 ⁶ m ³)	CP (ay)	P (%)	C (10 ⁶ m ³)	CP (ay)
Ön tasarım yöntemleri	Eklenik akımlar	aylık	1,5	26,37	79	1,5	33,61	80	
		yıllık	1,5	21,79	72	1,5	28,32	72	
	Eklenik farklar	aylık	1,5	26,37	79	1,5	33,61	80	
		yıllık	1,5	21,79	72	1,5	28,32	72	
	Minimum akımlar	aylık	1,5	26,70	80	1,5	33,90	80	
	Ardışık tepeler	aylık	1,5	26,37		1,5	33,61		
	Alexander	yıllık	1,5	12,92	40	1,5	18,60	64	
			5	7,75	23	5	10,85	40	
	Dinçer	yıllık	1,5	19,81	42	1,5	24,47	63	
			5	11,32	24	5	13,98	36	
	Gould Gamma	yıllık	1,5	13,06	42	1,5	17,71	63	
			5	8,2	24	5	10,86	36	
Kesin tasarım yöntem.	Aylık su bütçesi	1. uyg.	aylık	1,5	24,68		1,5	32,25	
			5	16,70		5	21,50		
	2. uyg.	aylık	1,5	38,75		1,5	58,25		
		5	21,98		5	27,50			

Ön tasarım yöntemleri ve kesin tasarım yöntemlerinden Aylık su bütçesi (1. uygulama) yöntemi ile Yeşilkavak barajının planlanan düzenleme oranı %69,12 için %1,5 risk oranı ile bulunan hacimlerin, 29,16 hm³’lük planlanan aktif hazne hacminden küçük olduğu görülmüştür. %75 düzenleme oranı için %1,5 risk oranı ile yapılan hesaplamalarda ise; ön tasarım yöntemlerinden Eklenik akımlar (aylık), Eklenik farklar (aylık), Minimum akımlar, Ardışık tepeler ve kesin tasarım yöntemlerinden Aylık su bütçesi (1. ve 2. uygulama) yöntemi ile bulunan hacimlerin planlanan aktif hazne hacminden büyük olduğu görülmüştür. Aylık su bütçesi

(2. uygulama) yöntemi ile bulunan 38,75 hm³'lük aktif hazne hacminin toplam gözlem süresinde 7 ay boş kalacağı, ihtiyacı karşılayamama olasılığının ise %1,5 olduğu, 29,16 hm³'lük planlanan aktif hazne hacminin ise 12 ay boş kalacağı ve ihtiyacı karşılayamama olasılığının %2,56 olduğu bulunmuştur. Buradan, planlanan aktif hazne hacminin Aylık su bütçesi hacminden (2. uygulama) daha büyük bir risk göz önüne alınarak tasarlandığı söylenebilir.

Ön tasarım ve kesin tasarım yöntemlerinde bulunan sonuçlara göre; %75 düzenleme oranı için bulunan hazne hacimlerinin %69,12 düzenleme oranı için bulunan hazne hacimlerinden daha büyük olduğu görülmüştür. Düzenleme oranının artması durumunda, tahmin edilen hazne hacminin büyüdüğü söylenebilir.

Ön tasarım yöntemlerinden Alexander, Dinçer ve Gould'un Gamma yöntemleri ile kesin tasarım yöntemlerinden Aylık su bütçesi (1. ve 2. uygulama) yöntemi ile tahmin edilen sonuçlardan görüldüğü üzere; %1,5 risk göz önüne alınarak tahmin edilen hazne hacimlerinin %5 risk göz önüne alınarak tahmin edilen hazne hacimlerinden daha büyük olduğu görülmüştür. Buradan daha büyük bir risk oranı göz önüne alınarak, daha küçük hazne hacmi tahmininin yapılabileceği söylenebilir.

Eklenik akımlar ve Eklenik farklar yöntemlerinde bulunan sonuçlara göre; aylık akış verileri yerine yıllık akış verilerinin kullanılması durumunda, bulunan hazne hacminin daha küçük olduğu görülmüştür. Eklenik akımlar, Eklenik farklar, Ardışık tepeler ve Minimum akımlar gibi kritik dönem yöntemlerinde buharlaşma kayıpları dikkate alınmadığı için, genellikle hazne hacmi gerekenden büyük tahmin edilebilmektedir.

Alexander, Dinçer ve Gould'un Gamma yöntemleri gibi düşük akım dizilerinin belirli bir dağılıma uygunluğunu öngören kritik dönem yöntemlerinde, genellikle daha doğru tahminler yapılabilmekte ve hazne hacmi ile risk ilişkisi kurulabilmektedir. Yıllık toplam akımların genellikle Gamma dağılımına daha uygun olması nedeniyle, normal dağılım kabulünün yapıldığı Dinçer yöntemi yerine Alexander ve Gould'un Gamma yöntemlerinin uygulanmasının daha uygun olacağı

söylenbilir. Uygulamada Normal, Lognormal(2) ve Gumbel dağılımlarının uygun olduğu görülmüş, daha basit ve yaygın olarak kullanılması sebebiyle normal dağılım uygulanmıştır. Normal dağılım kabulünün yapıldığı Dinçer yöntemiyle bulunan hazne hacminin planlanan aktif hazne hacmine Alexander ve Gould'un Gamma yöntemlerine göre daha yakın olduğu görülmüştür. Yıllık akım verilerinin kullanılarak mevsimsel değişmelerin göz önüne alınmadığı Alexander yönteminde, özellikle kısa kritik dönem uzunluklarında gerekenden küçük hazne hacmi tahmini yapılabilmektedir. Dinçer yönteminde ise, yıllık verilerin normal dağılıma uygun olmaması durumunda daha büyük hazne hacmi tahmini yapılabilmektedir. Yıllık verilerin genellikle Gamma dağılımına daha uygun olması ve normal dağılımın daha kolay uygulanabilmesi nedeniyle, Gould'un Gamma yöntemiyle yıllar arası düzenleme yapan büyük haznelerin hacimlerinin tahmin edilmesi iyi sonuçlar verebilmektedir.

Aylık su bütçesi yönteminde buharlaşma ve diğer kayıpların dikkate alınabilmesi, aylık akım değerlerinin kullanılması nedeniyle su ihtiyacının aylık ve mevsimsel değişimlerinin dikkate alınabilmesi, kısıntılı sulamalı işletme çalışmasının yapılabilmesi, yöntemin basit ve kolay uygulanabilir olması, yöntemi kesin tasarım aşamasında güvenli bir şekilde kullanılabilir hale getirdiği söylenebilir.

Moran olasılık matrisi yönteminde yıllık akım verileri kullanıldığı için kesikli veri kullanılabilir. Haznenin başlangıçta boş ve dolu olarak kabul edilmesi durumunda yapılan iki farklı uygulamada, kararlı hal çözümlerinin aynı olduğu görülmüştür. Buradan kararlı hal çözümünde belirlenen hazne hacminin başlangıçta kabul edilen hazne doluluk oranından bağımsız olduğu söylenebilmektedir. Moran olasılık matrisi yöntemiyle; döneme belirli bir doluluk oranıyla başlayan haznenin o yılın sonunda ve daha sonraki yılların sonunda hangi doluluk oranına sahip olacağı belirlenebilmektedir. Yöntemde 5, 10 ve 20 durumlu uygulamalar ile bulunan kararlı hal çözümlerinin birbirinden farklı olduğu görülmüştür. 5 durumlu hal için dönemi dolu bitirme olasılığı %76 ve boş bitirme olasılığı %5, 10 durumlu hal için dönemi dolu bitirme olasılığı %60 ve boş bitirme olasılığı %5, 20 durumlu hal için dönemi dolu bitirme olasılığı %51 ve boş bitirme olasılığı %6 olarak bulunmuştur. Daha

güvenilir sonuçlar elde edebilmek için, değişkenlik katsayısı (C_v) arttıkça hazne dilim sayısı da arttırılmalıdır.

Gould olasılık matrisi yönteminde de Moran olasılık matrisi yöntemi için yukarıda verilen özellikler geçerlidir. Ancak Gould olasılık matrisi yönteminde her yıl için ayrı işletme çalışması yapılmakta ve akım verilerindeki içsel bağımlılık etkisi ile mevsimsellik etkisi göz önüne alınmaktadır. Bu durumun Gould olasılık matrisi yöntemini, Moran olasılık matrisine göre üstün hale getirdiği söylenebilir. Gould olasılık matrisi yöntemi, haznenin uzun dönemde herhangi bir doluluk oranında bulunma olasılığının tahmin edilmesinde, başlangıç doluluk oranına göre kısa süreli hazne doluluk oranlarının tahmin edilmesinde ve yıllar arası düzenleme amaçlı büyük haznelerin kesin tasarım aşamasında kullanılabilir. Uygulamada toplam boş kalma olasılığı %1,35 olarak hesaplanmıştır. Geçiş olasılıkları matrisinden görüldüğü üzere; 29,16 hm^3 'lük planlanan aktif hazne hacminin döneme 0. dilimde (boş) başlayıp dönemi 0. dilimde (boş) tamamlama olasılığı %38 olarak hesaplanmış, 14. dilimde (20,74-22,27 hm^3) ve daha büyük dilimlerde ise dönemi hiç tamamlamamıştır. Döneme 19. dilimde (dolu) başlayıp dönemi 0. dilimde (boş) tamamlama olasılığı %0 olarak hesaplanmış, 15. dilimde (22,27-23,80 hm^3) ve daha büyük dilimlerde ise dönemi hiç tamamlamamıştır. Ayrıca haznenin 11,22 hm^3 'ten daha büyük bir hacimle döneme başlaması halinde hiç kurumadığı görülmüştür.

Planlanan aktif hazne hacminin boş kalma olasılıkları sırasıyla aylık su bütçesi yönteminde %2,56, Moran olasılık matrisi yönteminde %6 ve Gould olasılık matrisi yönteminde ise %1,35 olarak bulunmuştur. Buradan, aylık su bütçesi yöntemi sonucu ile Gould olasılık matrisi yöntemi sonucunun daha uyumlu olduğu görülmüştür.

Yeşilkavak barajının planlanan düzenleme oranı %69,12 için kısıntılı sulamalı işletme çalışmasında; net sulama alanı 1951,50 ha ve aktif hazne kapasitesi 32,94 hm^3 olarak hesaplanmıştır. %75 düzenleme oranı için ise net sulama alanının 2117,51 ha ve aktif hazne hacmi 51,73 hm^3 bulunmuştur. Burada, düzenleme oranının artması durumunda tahmin edilen hazne hacminin ve net sulama alanının arttığı söylenebilir. Planlanan düzenleme oranı %69,12 için tam sulamalı işletme

çalışması yapıldığında net sulama alanı 1951,50 ha, aktif hazne hacmi ise 46,50 hm³ olarak bulunmuştur. Düzenleme oranının aynı olması durumunda, sulamanın kısıntılı veya tam olmasının net sulama alanını değiştirmedeği ancak tam sulamalı işletme çalışması yapılması durumunda suyu depolayacak hazne hacminin daha büyük olacağı görülmüştür. Böylece, özellikle kurak dönemlerde kısıntılı sulamalı işletme çalışması yapılmasıyla, tam sulamalı işletme çalışmasında sulanan net sulama alanı için gerekli hazne hacminin daha küçük tutulmasına imkan sağlayacağı ve proje ekonomisinde önemli bir avantaj sağlayacağı söylenebilir.

2001-2099 yılları arasında türetilen sıcaklık verilerinin, beklenenin aksine gözlenmiş sıcaklık ortalamalarından daha düşük olduğu; türetilen yağış verilerinin ise gözlenmiş yağış ortalamalarının üzerinde olduğu görülmüştür. Planlanan aktif hazne hacminin, 2001-2099 yılları arasındaki iklim değişikliği verileri kullanılarak Gould olasılık matrisi yöntemi ile toplam boş kalma olasılığı %0 olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliğinin etkisiyle haznenin boş kalma olasılığının artması beklenirken, aksine %1,35'den %0'a düştüğü görülmüştür. Buradan, kullanılan iklim modelinin bölgeyi çok iyi yansıtmadığı söylenebilir. Bu nedenle, iklim değişikliği verilerinin türetilmesi kısmında daha detaylı bir çalışma yapılmasının gerektiği söylenebilir.

Tüm dünya ülkeleri için yaşamsal öneme sahip olan su, büyüyen ve gelişen ülkemiz için de son derece önemli bir yaşam kaynağıdır. Mevcut su kaynaklarımızın artan su ihtiyacını karşılayamayacak hale gelmesi, geleceğe yönelik su politikalarını ve artan su ihtiyacına cevap verecek projeler üretilmesini etkileyecektir. Bu amaçla; devam eden baraj ve sulama projelerine hız kazandırılması, su kaynaklarımızın geliştirilmesi, mevcut su kaynaklarımızdan daha etkin bir şekilde faydalanabilmeyi sağlayacak yeni projeler üretilmesi ve bu projelere daha çok yatırım yapılması büyük önem taşımaktadır. Barajların planlama ve tasarımı aşamasında; ihtiyaçları karşılayabilecek en uygun hazne kapasitesinin belirlenmesi, belirlenen hazne kapasitesinin akım ve taleplerdeki zaman içinde oluşabilecek değişiklikler ve iklim değişikliği gibi nedenlerle talepleri karşılayamama risklerinin belirlenmesi, geleceğe yönelik önlemlerin zamanında alınabilmesi açısından son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

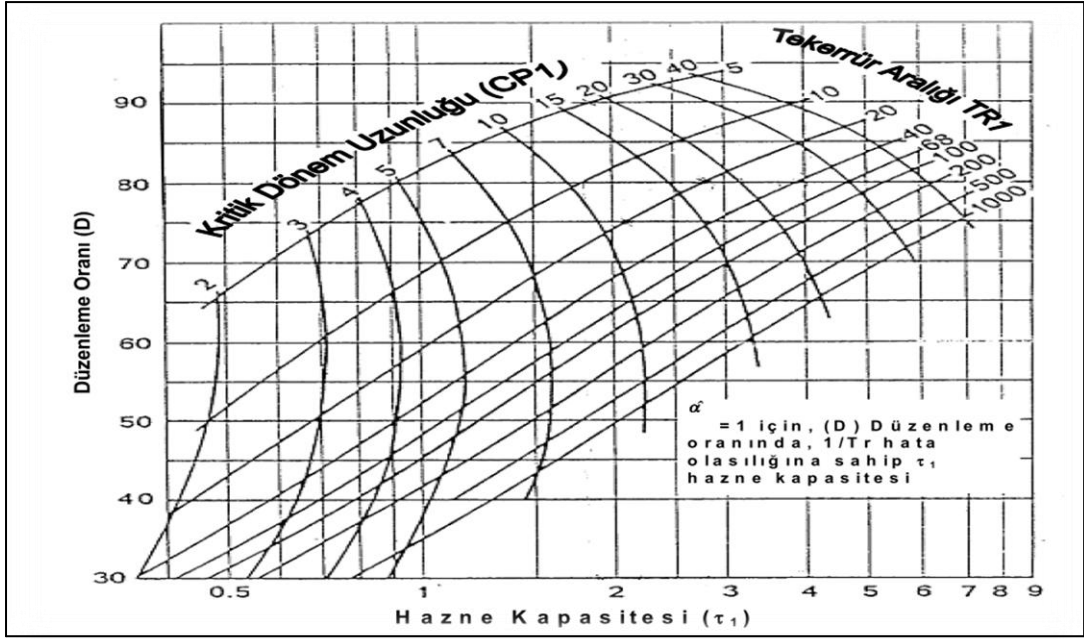
- Akar-Su Mühendislik Müşavirlik Limited Şirketi (2010). *DSİ II. Bölge Müdürlüğü Manisa Salihli Projesi Yeşilkavak Barajı ve Sulaması Planlama Raporu*. Ankara.
- Akkaya, C. ve Tanrıverdi, M. (1992). Sulama amaçlı barajlarda kısıntılı sulama ve işletme çalışmaları. *Planlama Semineri, Karataş, Adana, 7. Kısım*, 1-32.
- Aksoy, H. (2001). Storage capacity for river reservoirs by wavelet-based generation of sequent-peak algorithm. *Water Resources Management*, 15 (6), 423-437.
- Alexander, G. N. (1962). The use of the Gamma distribution in estimating regulated output from storages. *Civil Engineering Transactions, The Institution of Engineers, Australia, CE4* (1), 29-34.
- Bacanlı, Ü. G. ve Baran, T. (2006). Çine çayı örneğinde biriktirme haznelерinin tasarımında farklı yöntemlerin değerlendirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12 (1), 27-36.
- Bacanlı, Ü. G. ve Koç, A. C. (2006). Moran olasılık matrisi yöntemiyle hazne tasarımı: Yenidere Barajı örneği. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (2), 255-261.
- Bacanlı, Ü. G., Özkul, S. ve Baran, T. (2003). Dicle havzası botan çayı örneğinde farklı yöntemlerle biriktirme haznelерinin tasarımı. *I. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, Gümüldür, İzmir*, 389-401.
- Bayazıt, M. (1997). *Biriktirme haznelерinin tasarımı ve işletilmesi*. İstanbul: İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, 200 s.
- Bayazıt, M. (1982). Ideal reservoir capacity as a function of yield and risk. *Journal of Hydrology*, 58 (1-2), 1-9.

- Bayazıt, M. ve Bulu, A. (1991). Generalized probability distribution of reservoir capacity. *Journal of Hydrology*, 126 (3-4), 195-205.
- Bilen, Ö. (1996). *Ortadoğu su sorunları ve Türkiye*. Ankara: TESAV Yayınları.
- Cuenca, R. H. (1989). *Irrigation System Design: an Engineering Approach*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Çeber, H.P. (19 Aralık 2012). *Emisyon Senaryoları Özel Raporu (SRES)*. 11 Şubat 2013, <http://www.yesilgazete.org/blog/2012/12/19/emisyon-senaryolari-ozel-raporu-sres-zeynep-pelin-ceber/>
- Gould, B. W. (1961). Statistical methods for estimating the design capacity of dams. *Journal of the Institution of Engineers, Australia*, 33 (12), 405-416.
- Görev ve sorumlulukları*, (b.t). 11 Şubat 2013, <http://www.dsi.gov.tr/kurumsal-yapi/hakkimizda#misyon>
- Halden, E. ve Özkul, S. (2004). Kritik dönem yöntemleri ile hazne hacminin belirlenmesi. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6 (1), 99-113.
- Koutsoyiannis, D. (2004). Reliability concepts in reservoir design. *The Encyclopedia of Water*, 1-17.
- Kuruçim, A. Y. (2008). Değişen stratejiler ve Türkiye'nin su politikası. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Ankara*, 2, 357-364.
- McMahon, T. A. ve Mein, R.G. (1986). *River and reservoir yield*. Elsevier, 367pp.

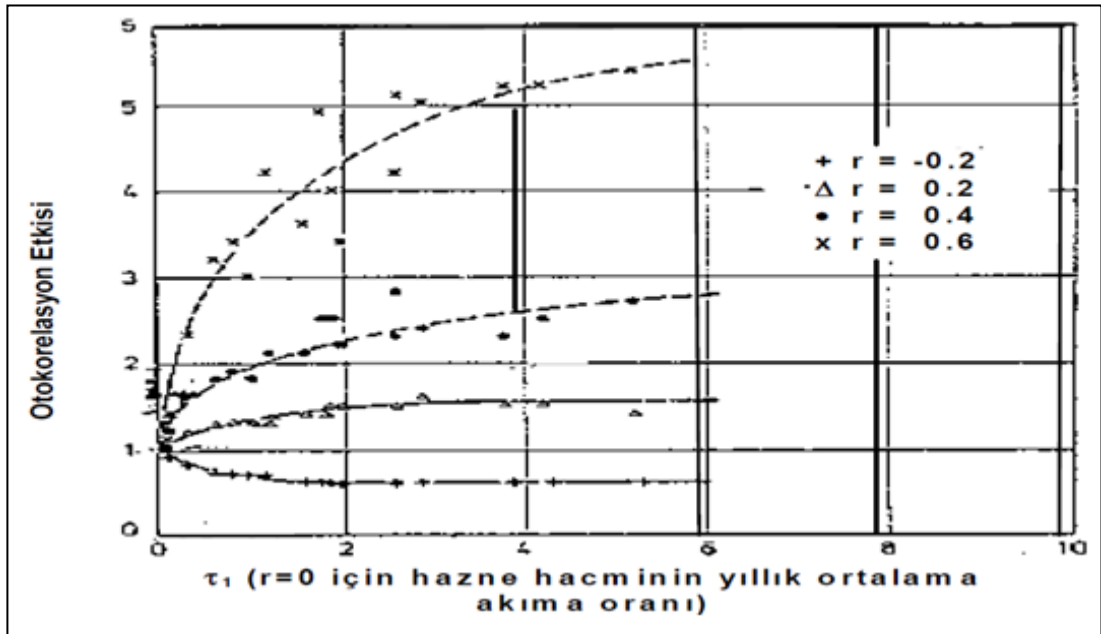
- McMahon, T. A., Pegram, G. G. S., Vogel, R. M. ve Peel, M. C. (2007). Review of Gould-Dincer reservoir storage-yield-reliability estimates. *Advances in Water Resources*, 30 (9), 1873-1882.
- Oğuz, B. ve Bayazıt, M. (1991). Statistical properties of the critical period. *Journal of Hydrology*, 126 (3-4), 183-194.
- Özkuş, S. (2010). Çağlayan barajı aktif hazne hacminin olasılık matris yöntemleriyle irdelenmesi. *DSİ Teknik Bülten*, 107, 27-38.
- Rao, Z., Moore, I. N., O'Connell, P. E. ve Jamieson, D. G. (2001). An interactive management system for operational control of Kirazdere Reservoir (Turkey). *Water Resources Management*, 15 (4), 223-234.
- Sattari, M. T., Salmasi, F. ve Öztürk, F. (2008). Sulama amaçlı hazne kapasitesinin belirlenmesinde çeşitli yöntemlerin karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi*, 14 (1), 1-7.
- Teoh, C. H. ve McMahon T. A. (1982). Evaluation of rapid reservoir storage-yield procedures. *Advances in Water Resources*, 5 (4), 208-216.
- Thomas, H.A. ve Burden, R.P. (1963). *Operations Research in Water Quality Management*. Harward Water Resources Group.
- Türkiye İçin İklim Değişikliği Senaryoları*, (b.t). 11 Şubat 2013, <http://gaia.itu.edu.tr/>
- Türkiye'nin Su Politikası*, (b.t). 11 Şubat 2013, http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-su-politikasi.tr.mfa
- Vanlı, M. ve Toker, A.E. (2000). Sulama suyu ihtiyacının hesaplanması. *Hidroloji Semineri, İstanbul, Bölüm 6*, 63-83.

Yalçın, G. ve Eken, G (2006). Türkiye'nin baraj politikası ve önemli doğa alanları doğa derneği kurumsal görüşü. *TMMOB Su Politikaları Kongresi, Ankara, 2*, 250-265.

EKLER



Ek-1 Alexander'in hazne kapasitesi-düzenleme oranı-olasılık abağı (McMahon ve Mein, 1986)



Ek-2 %70 düzenleme oranı için içsel bağımlılığın hazne kapasitesine etkisi (McMahon ve Mein, 1986)

Ek-3 Gould tarafından verilen düzeltme faktörü (McMahon ve Mein, 1986)

P Altında Kalma Olasılığı %	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
d	1,5	1,1	0,9	0,8	0,6

Ek-4 DSİ-Değirmendere-Doğanlar (5-48) AĞİ doğal akımları (hm³) (Akar-Su, 2010; DSİ)

Su Yılı	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Yıllık Toplam
2000	0,00	0,15	0,41	0,37	2,23	3,45	5,93	1,92	0,13	0,00	0,00	0,05	14,64
2001	0,08	0,09	0,14	0,24	0,57	0,84	1,02	0,99	0,11	0,00	0,00	0,06	4,14
2003	0,72	2,64	1,03	3,64	5,89	1,34	4,99	1,90	0,33	0,12	0,00	0,00	22,60
2004	0,15	0,57	1,25	3,15	3,20	2,83	1,71	1,01	0,11	0,01	0,00	0,00	13,99
2005	0,00	0,16	0,44	1,22	3,05	5,80	2,84	0,98	0,28	0,06	0,00	0,00	14,83
2006	0,00	2,98	1,31	3,59	10,1	3,59	0,80	0,64	0,09	0,00	0,00	0,00	23,10
2007	0,27	1,00	0,20	0,62	0,97	1,16	0,54	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	4,87
2008	0,00	0,70	3,40	0,61	0,55	1,20	1,52	0,32	0,16	0,00	0,00	0,00	8,47
Top.	1,21	8,28	8,18	13,4	26,5	20,2	19,3	7,89	1,23	0,19	0,00	0,11	106,63
Ort.	0,15	1,03	1,02	1,68	3,32	2,53	2,42	0,99	0,15	0,02	0,00	0,01	13,33

Ek-5 Projeli koşullarda öngörölen bitki desenine göre bitki gelişme katsayıları (KC) (Vanlı ve Toker, 2000)

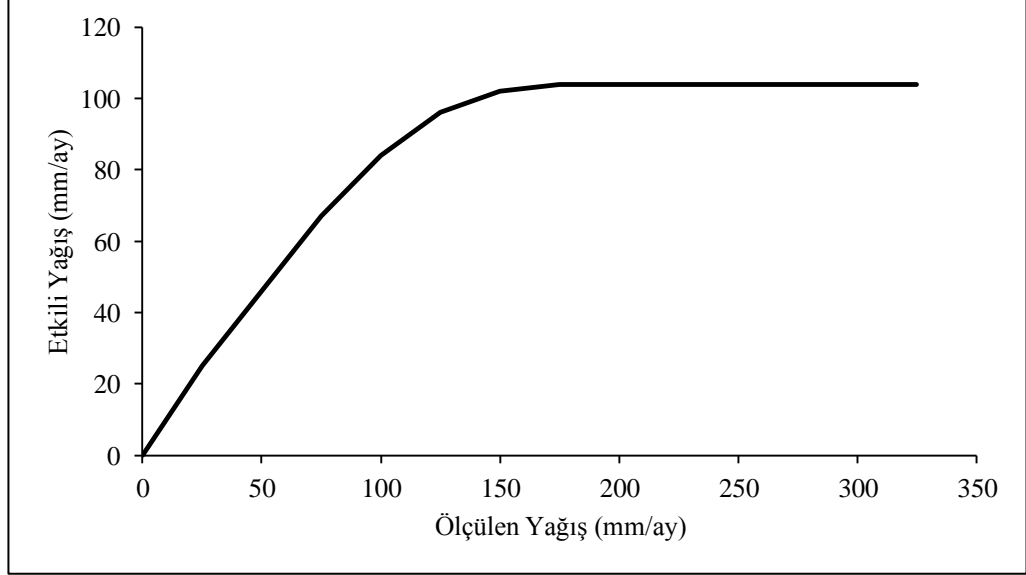
Bitki Cinsleri	Büyüme Oranları											Etkili Kök Derinliđi (cm)
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
Hububat (Kışlık) (a)	0,51	0,55	0,60	0,64	0,68	0,73	0,75	0,77	0,81	0,83	0,85	30
Hububat (Kışlık) (b)	0,84	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	1,35	1,34	1,11	0,80	0,15	30
Domates	1,01	1,07	1,03	0,94	0,87	0,87	0,87	0,86	0,77	0,53	0,20	30
Patlıcan	0,48	0,50	0,60	0,77	0,79	0,76	0,84	0,92	0,94	0,71	0,40	30
Bağ	0,66	0,66	0,68	0,70	0,71	0,75	0,85	0,97	0,64	0,39	0,38	60
Hasıl MısıR (2.Ürün)	0,50	0,49	0,54	0,58	0,62	0,66	0,70	0,74	0,78	0,80	0,80	30

Ek-6 P değerleri (aylık gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı) (Vanlı ve Toker, 2000)

Kuzey Enlem Derecesi	P Değeri											
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
44	6,45	6,59	8,25	9,04	10,22	10,38	10,50	9,73	8,43	7,67	6,51	6,23
42	6,60	6,66	8,28	8,97	10,10	10,21	10,37	9,64	8,42	7,73	6,63	6,39
40	6,73	6,73	8,30	8,92	9,99	10,08	10,24	9,56	8,41	7,78	6,73	6,53
38	6,87	6,79	8,34	8,90	9,92	9,95	10,10	9,47	8,38	7,80	6,82	6,66
36	6,99	6,86	8,35	8,85	9,31	9,83	9,99	9,40	8,36	7,85	6,92	6,79
34	7,10	6,91	8,36	8,80	9,72	9,70	9,88	9,33	8,36	7,90	7,02	6,92

Ek-7 Etkili yağış değerleri tablosu (Vanlı ve Toker, 2000)

Ölçülen Yağış (mm/ay)	Etkili Yağış (mm/ay)
0	0
25	25
50	46
75	67
100	84
125	96
150	102
175	104
200	104
225	104
250	104
275	104
300	104
325	104



Ölçülen yağış ile etkili yağış arasındaki ilişki

Ek-8 Çeşitli meteoroloji istasyonları için potansiyel evapotranspirasyon değerleri (Vanlı ve Toker, 2000)

Manisa	Kuşadası	İzmir	Dalaman	Bodrum	Bergama	Aydin	Akhisar	Afyon	Meteoroloji İstasyonu	
									Rakım (m)	Enlem Derecesi
71	22	25	9	27	45	57	93	1034		
38°36'	37°50'	38°24'	36°45'	37°02'	39°07'	37°51'	38°55'	38°45'		
16/3-30/11	26/2-24/12	15/2-5/12	Tüm Yıl	28/1-18/12	17/3-4/12	22/2-24/12	27/3-24/11	17/4-22/10		
9	20	27	28	15	14	4	9	16		I
20	20	40	64	29	25	12	20	24		II
42	52	63	94	47	46	31	41	45		III
65	72	87	91	70	78	59	64	70		IV
92	95	120	131	98	102	92	94	90		V
130	125	150	174	129	173	110	122	107		VI
148	144	174	191	149	227	131	142	133		VII
128	124	152	177	124	198	109	122	121		VIII
75	82	95	124	77	117	63	70	75		IX
32	46	55	75	38	66	26	30	41		X
8	22	27	36	19	18	5	9	19		XI
5	18	23	24	15	13	0	4	14		XII
753	820	1013	1208	809	1076	643	726	754		Yıllık

Ek-9 iftlik ve diversiyon randımanları (Vanlı ve Toker, 2000)

Sulama Sistemi	Ana Kanal	Yedek Kanal	Tersiyer Kanal	iftlik+Parsel	iftlik Randımanı	Diversiyon Randımanı
Klasik California	Klasik	Klasik	Klasik	Klasik	Üst toprak	0,83 – 0,85
	Klasik	Klasik	Kanalet	Kanalet	Üst toprak	0,84 – 0,87
	Klasik	Kanalet	Kanalet	Kanalet	Üst toprak	0,86 – 0,90
	Klasik	Boru	Boru	Boru	Üst toprak	0,93
Kanalet	Kanalet	Kanalet	Kanalet	Kanalet	Üst toprak	0,91 – 0,93
	Kanalet	Kanalet	Boru	Boru	Üst toprak	0,97
Yağmurlama	Klasik	Klasik	Alçak basınçlı boru	Yağmurlama	0,80	0,86
	Klasik	Alçak basınçlı boru	Alçak basınçlı boru	Yağmurlama	0,80	0,93
	Klasik	Kanalet	Alçak basınçlı boru	Yağmurlama	0,80	0,88
	Boru	Yüksek basınçlı boru	Yüksek basınçlı boru	Yağmurlama	0,80	0,97
	Yüksek basınçlı boru	Yüksek basınçlı boru	Yüksek basınçlı boru	Yağmurlama	0,80	0,98

Ek-9 (devamı) Çiftlik ve diversiyon randımanları (Vanlı ve Toker, 2000)

Sulama Sistemi	Ana Kanal	Yedek Kanal	Tersiyer Kanal	Çiftlik+Parsel	Çiftlik Randımanı	Diversiyon Randımanı
Damla	Klasik	Klasik	Klasik	Damla	1,0	0,87
	Klasik	Kanalet	Kanalet	Damla	1,0	0,92
	Klasik	Alçak basınçlı boru	Alçak basınçlı boru	Damla	1,0	0,95
	Alçak basınçlı boru	Alçak basınçlı boru	Alçak basınçlı boru	Damla	1,0	0,98
Gölet Sulamaları	< 6 km					0,95
	6 – 10 km				Üst toprak	0,93
	>10 km					0,87 – 0,92
Sera Sulamaları	Klasik	Klasik	Klasik	Alçak basınçlı boru	0,85	0,86
	Klasik	Klasik	Kanalet	Alçak basınçlı boru	0,85	0,87
	Kanalet	Kanalet	Alçak basınçlı boru	Damla	1,0	0,90
	Alçak basınçlı boru	Alçak basınçlı boru	Alçak basınçlı boru	Yağmurlama	0,80	0,98 – 1,0