

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANALİTİK HİYERARŞİK SÜREÇ YÖNTEMLERİ KULLANILARAK
HAVZALAR ARASI SU TRANSFERİNİN OPTİMİZASYONU

Ahmet Sancak ŞANLI

DOKTORA TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Hidrolik Programı

Danışman

Prof. Dr. Hayrullah AĞAÇCIOĞLU

Ocak, 2022

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANALİTİK HİYERARŞİK SÜREÇ YÖNTEMLERİ KULLANILARAK
HAVZALAR ARASI SU TRANSFERİNİN OPTİMİZASYONU**

Ahmet Sancak ŞANLI tarafından hazırlanan tez çalışması 13.01.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hidrolik Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hayrullah AĞAÇCIOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Hayrullah AĞAÇCIOĞLU, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet ÖZGER, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Berna AYAT AYDOĞAN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Cüneyd DEMİREL, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üye. Cihan ŞAHİN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Hayrullah AĞAÇCIOĞLU sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Analitik Hiyerarşik Süreç Yöntemleri Kullanılarak Havzalar Arası Su Transferinin Optimizasyonu başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Ahmet Sancak ŞANLI

İmza



Bu alışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü'nün 117Y384 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

*Değerli danışman hocam merhum,
Prof. Dr. Ahmet DOĞAN' ı rahmet ve saygı ile anıyorum.*

TEŞEKKÜR

2015 Yılında başlayan zorlu doktora öğrenimim boyunca gerek ders aşamasında, gerek tez yazım süresi içerisinde desteğini esirgemeyen tüm hocalarıma, sayısız arkadaş ve yakınlarıma teşekkür ederim.

Çalışmalarımı, desteği sayesinde tamamlayabildiğim değerli danışman hocam Prof. Dr. Hayrullah AĞAÇCIOĞLU'na vermiş olduğu emek ve yardımları için teşekkür ederim.

Optimizasyon çalışmalarında kullanmış olduğum bilgi ve verilerin elde edilmesinde büyük pay sahibi olan TÜBİTAK 117Y384 no'lu proje ekibinde görev alan tüm arkadaşlarıma ve sağlamış olduğu maddi destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Geride kalan altı yıl boyunca desteğini esirgemeyen ve anlayışını her zaman koruyan müdürüm Tuncer KAHRAMAN' a teşekkür ederim.

Her daim yanımda olan, çalışmamı son noktaya getirebilmemdeki en büyük pay sahibi ve motivasyon kaynağım olan değerli eşim Merve ŞANLI 'ya teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın devam etmesini her zaman destekleyen, tahsil, kültür ve liyakâte verdiği değer sayesinde bugünlere erişmemi sağlayan babam Hikmet ŞANLI ile annem Fatma ŞANLI' ya teşekkür ederim.

Ahmet Sancak ŞANLI

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	viii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
TABLO LİSTESİ	xiii
HARİTA LİSTESİ	xv
ÖZET	xvi
ABSTRACT	xviii
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı	8
1.3 Hipotez	9
2 ÇALIŞMA ALANININ KARAKTERİSTİK YAPISI VE ELDEKİ VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	10
2.1 Beyşehir Gölü, Gembos Havzası ve Manavgat Çayı Havzalarının Genel Özellikleri	10
2.2 Beyşehir Gölü Havzası, Gembos Havzası ve Manavgat Çayı Havzaları Arasındaki Hidrojeolojik İlişkinin Açıklanması	13
2.3 Beyşehir Gölü Havzası, Gembos Havzası ve Manavgat Havzaları Arasındaki İstatistik İlişkinin Açıklanması	23
3 HAVZALAR ARASI SU TRANSFERİ SEÇENEĞİNİN AHS YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ: BEYŞEHİR GÖLÜ-GEMBOS HAVZASI -MANAVGAT ÇAYI HAVZASI ÖRNEĞİ	28
3.1 Giriş	28
3.2 Modelin Kurulması ve Uygulanması	31
3.3 Veri Toplama Aşaması.....	36
3.4 Kıyas/Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması	37
3.5 Faktörlerin Yüzde Önem Dağılımlarının ve Öz Vektör Değerlerinin Belirlenmesi	41
3.6 Faktörlerin Kıyaslamalarındaki Tutarlılık Ölçümü	48
3.7 Her Bir Faktör İçin Karar Noktasındaki Önem Değerinin Bulunması	51
3.8 Karar Noktalarındaki Sonuç Dağılımının Bulunması	59
3.9 AHS Yöntemi İle Elde Edilen Sonuçların Yorumlanması ve Tartışma	61

4 HAVZALAR ARASI SU TRANSFERİ OPTİMİZASYON MODELİNİN OLUŞTURULMASI: BEYŞEHİR GÖLÜ-GEMBOS HAVZASI -MANAVGAT ÇAYI HAVZASI ÖRNEĞİ	64
4.1 Giriş	64
4.2 Modelleme Kapsamı ve Tanımı	66
4.3 GAMS Optimizasyon Programı ile Model Oluşturulması	69
5 BEYŞEHİR GÖLÜ-GEMBOS HAVZASI-MANAVGAT ÇAYI HAVZALARI ARASI SU TRANSFERİ OPTİMİZASYON MODELİ SONUÇLARININ ANALİZ EDİLMESİ	103
5.1 Giriş	103
5.2 Mevcut İklimsel Şartlar ve Kullanım Alışkanlıkları Altında Elde Edilen Sonuçlar.....	106
5.3 Farklı Senaryolar Altında Elde Edilen Model Sonuçlarının Analiz Edilmesi	117
6 SONUÇ VE ÖNERİLER	126
KAYNAKÇA	132
A AHS ANKET SORULARI	138
B GAMS YAZILIMI OPTİMİZASYON MODEL KODLARI	145
C GAMS OPTİMİZASYON MODELİ ÇIKTILARI	157
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	165

SİMGELİSTESİ

λ	AHS Temel Değeri
Q	Debi
ha	Hektar
hm ³	Hektometreküp
N	Nüfus
H	Su Derinliğı
P	Yağış



KISALTMA LİSTESİ

AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
AHP	Analytic Hierarchy Process
AHS	Analitik Hiyerarşik Süreç
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇED	Çevre Etki Değerlendirme
CI	Tutarlılık Göstergesi
CR	Tutarlılık Oranı
DSİ	Devlet Su İşleri
GAMS	General Algebraic Modeling System
LP	Linear Programming
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MODFLOW	Visual Modular Finite Difference Groundwater Flow Model Üç Boyutlu Sonlu Fark Yeraltı Suyu Akışı Modeli
NLP	Non-linear Programming
RI	Rastsal Gösterge
TBMM	Türkiye Büyük Millet Meclisi
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
WMS	Havza Modelleme Sistemi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Beyşehir Gölü Havzası ve komşu havzaların konumu ve havzalar arasındaki ilişki.....	12
Şekil 2.2 Beyşehir Gölü hidrojeoloji haritasından elde edilen şematik enine kesitler (Doğan vd., 2013)	15
Şekil 2.3 Manavgat taban akışı ve Beyşehir Göl Seviyesi standartlaştırılmış değerleri (Sanlı vd., 2021).....	26
Şekil 2.4 Manavgat Çayı Havzası'nın genel görünümü.....	27
Şekil 3.1 AHS yönteminde karar hiyerarşisi genel taslağı yönteminde karar hiyerarşisi genel taslağı.....	29
Şekil 3.2 Çalışmada kullanılan AHS yönteminin genel akış şeması	31
Şekil 3.3 Havzalar arası su transferi seçeneğinin önem ve faydası karar hiyerarşisi	32
Şekil 3.4 Çalışma kapsamında uygulanan ankette bulunan ikili karşılaştırmalara örnek	37
Şekil 3.5 Karşılaştırma matrislerinden yüzdesel önem matrislerinin elde edilmesi	41
Şekil 3.6 Yüzdesel Önem Matrislerinden Göreli Önem Vektörlerinin Elde Edilmesi.....	42
Şekil 3.7 Tüm havzalarda tüm katılımcılara göre faktörlerin önem dağılımı.....	44
Şekil 3.8 Tüm havzalarda halk niteliğindeki katılımcılara göre faktörlerin önem dağılımı	45
Şekil 3.9 Tüm havzalarda uzman niteliğindeki katılımcılara göre faktörlerin önem dağılımı.....	46
Şekil 3.10 (a) Beyşehir Gölü Havzası katılımcılarına göre faktörlerin önem dağılımı (b) Manavgat Çayı Havzası katılımcılarına göre faktörlerin önem dağılımı	47
Şekil 3.11 Çalışma kapsamında uygulanan ankette karar noktalarının ana faktörler açısından değerlendirilmesine ilişkin sorulan sorulara örnekler	52
Şekil 3.12 Genel durum için oluşturulan ikili kıyaslama matrislerinden s sütun vektörlerinin elde edilmesi	58
Şekil 3.13 Genel durum için karar noktalarındaki sonuç dağılımının (L vektörü) elde edilişi	59
Şekil 3.14 AHS ve GAMS Modellerinin Sentez Mantığı.....	63
Şekil 4.1 Su transferi optimizasyon modeli oluşturulması çalışmasına ait akış diyagramı	65
Şekil 4.2 GAMS Optimizasyon modeli su bütçesi değişkenleri	67

Şekil 4.3 GAMS yazılımı kullanıcı ara yüzü.....	70
Şekil 4.4 Bitki su ihtiyaçlarının GAMS programı ara yüzüne girilmesi	71
Şekil 4.5 Sabit parametrelerin GAMS programı ara yüzüne girilmiş haline ait ekran görüntüsü	75
Şekil 4.6 Oluşturulan optimizasyon modeline ait akış şeması	77
Şekil 4.7 Sulu tarım AHS önem değeri – sulu tarım alanı ilişkisi.....	80
Şekil 4.8 Balıkçılık/Hayvancılık AHS önem değeri – göl su seviyesi ilişkisi	83
Şekil 4.9 Kentsel kullanım AHS önem değeri – göl su seviyesi ilişkisi	85
Şekil 4.10 Sosyal faaliyetler AHS önem değeri – göl su seviyesi ilişkisi.....	87
Şekil 4.11 Doğal hayat AHS önem değeri – göl su seviyesi ilişkisi.....	89
Şekil 4.12 Beyşehir Gölü su hacminin hesaplandığı denklemin GAMS kodu koşul yapısı.....	91
Şekil 4.13 Su bütçesi faktörlerinin hesaplandığı denklemlere ait GAMS kodlarının koşul yapısı.....	92
Şekil 4.14 Su bütçesi faktörlerinin hesaplandığı denklemlerde devretme işlemine ait GAMS kodlarının koşul yapısı.....	93
Şekil 4.15 Yüzeysel akış faktörlerinin hesaplandığı denklemlerde GAMS kodlarının koşul yapısı.....	95
Şekil 4.16 Beyşehir Gölü yüzey alanı – göl su seviyesi ilişkisi.....	96
Şekil 4.17 Beyşehir Gölü yüzey kotu-yeraltı suyu hacim giriş-çıkış ilişkisi.....	97
Şekil 4.18 Beyşehir Gölü hacim – su seviyesi arasındaki ilişki.....	100
Şekil 5.1 Beyşehir Gölü su transferi optimizasyon modeli sonuç raporu bilgilendirme ekran görüntüsü.....	104
Şekil 5.2 GAMS ile elde edilen sonuçların DSİ tarafından yapılan ölçüm sonuçları ile karşılaştırılması (Göl Taban Kotu 1114 m)	105
Şekil 5.3 Sabit iklimsel şartlar ve kullanım alışkanlıkları altında su transferi yapılması -yapılmaması durumları için göl su seviyesi değişimi	107
Şekil 5.4 Mevcut iklimsel şartlar ve kullanım alışkanlıkları altında su seviyesi değişimi	108
Şekil 5.5 Mevcut iklimsel şartlar altında 60.000-120.000 ha sulu tarım aralığında su seviyesi – sulu tarım alanı değişimi (Halk ve uzman AHS katsayıları kullanılarak)	110
Şekil 5.6 Mevcut iklimsel şartlar altında 60.000 - 90.000 ha sulu tarım alanı ve $c=0,144$ yüzeysel akış katsayısı ile su seviyesi-sulu tarım alanı değişimi	112
Şekil 5.7 Mevcut İklimsel Şartlar ve Kullanım Alışkanlıkları Altında Sinanhoca Tali Havzası Taban Akımı Değişimi.....	113
Şekil 5.8 Mevcut iklimsel şartlar altında 50.000 ha sulu tarım alanı için göl su seviyesi değişimi (Halk AHS katsayıları ile)	118

Şekil 5.9 Mevcut iklimsel şartlar altında farklı sulu tarım alanlarında göl su seviyesi değişimi (Halk AHS katsayıları ile)	118
Şekil 5.10 Mevcut iklimsel şartlar altında 300.000 ha sulu tarım alanı üst sınırı seçilmesi halinde göl su seviyesi değişimi (Halk AHS katsayıları ile)	121
Şekil 5.11 Farklı yağış yüksekliği değerlerinde göl su seviyesinin değişimi	124
Şekil 5.12 Beyşehir Gölü Havzası'ndaki farklı yağış yüksekliği değerlerinde Sinanhoca Tali Havzası taban akışı değerlerindeki değişim	124



TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Manavgat Havzası Hidrometeorolojik Veriler Arasındaki Korelasyon Matrisi (Sinan, 2021)	24
Tablo 2.2 Taban akışı indeksi model katsayıları (Sinan, 2021)	25
Tablo 3.1 AHS yönteminde kriterlerin birbirlerine göre önem değerleri (Saaty,2000)	30
Tablo 3.2 Ana kriterler için elde edilmiş karşılaştırma tabloları ((a):Genel durum, (b): Halk vasfındaki katılımcılara göre, (c): Uzman vasfındaki katılımcılara göre)	38
Tablo 3.3 Ana kriterler için elde edilmiş karşılaştırma tabloları ((a):Beyşehir Havzası katılımcılarına göre, (b): Manavgat Havzası katılımcılarına göre)	39
Tablo 3.4 Genel durum, Halk ve Uzman kategorisinde bulunan kişiler için öncelik vektörleri	43
Tablo 3.5 Beyşehir Gölü Havzası, Manavgat Çayı Havzası ve genel durum için öncelik vektörleri	43
Tablo 3.6 AHS metodunda kullanılan RI- Rastsal Gösterge tablosu	49
Tablo 3.7 Çalışma alanında uygulanan AHS yöntemi sonucunda elde edilen tutarlılık oranı değerleri.....	50
Tablo 3.8 Ana faktörlerin genel duruma göre su transfer edilmesi ve su transfer edilmemesi seçeneklerine göre kıyaslanması ile elde edilen karşılaştırma değerleri	53
Tablo 3.9 Ana faktörlerin havza halkı açısından su transfer edilmesi ve su transfer edilmemesi seçeneklerine göre kıyaslanması ile elde edilen karşılaştırma değerleri	54
Tablo 3.10 Ana faktörlerin havzalarda yaşayan uzmanlar açısından su transfer edilmesi ve su transfer edilmemesi seçeneklerine göre kıyaslanması ile elde edilen karşılaştırma değerleri	55
Tablo 3.11 Ana faktörlerin Beyşehir Gölü Havzası'nda yaşayan katılımcılar açısından su transfer edilmesi ve su transfer edilmemesi seçeneklerine göre kıyaslanması ile elde edilen karşılaştırma değerleri	56
Tablo 3.12 Ana faktörlerin Manavgat Çayı Havzası'nda yaşayan katılımcılar açısından su transfer edilmesi ve su transfer edilmemesi seçeneklerine göre kıyaslanması ile elde edilen karşılaştırma değerleri	56
Tablo 3.13 Tüm kategoriler için karar noktalarındaki sonuç dağılımı	60
Tablo 4.1 2040 yılındaki nüfus tahmini ve kullanma suyu ihtiyacı hesabı.....	73
Tablo 5.1 Mevcut iklimsel şartlar altında su transferi öncesi ve sonrasında su kullanımı ana faktörlerinden elde edilecek fayda beklentilerinin karşılanma oranı (Halk AHS katsayılarına göre)	115

Tablo 5.2 Mevcut iklimsel şartlar altında su transferi öncesi ve sonrasında su kullanımı ana faktörlerinden elde edilecek fayda beklentilerinin karşılanma oranı (Uzman AHS katsayılarına göre)	116
Tablo 5.3 Farklı sulu tarım alanları seçilmesi halinde ana faktörlerin sahip olduğu değerler (Halk AHS değerleri ile)	120
Tablo 5.4 300.000 ha sulu tarım alanı üst sınırı olması halinde su transferi öncesi ve sonrasında su kullanımı ana faktörlerinden elde edilecek fayda beklentilerinin karşılanma oranı	123



HARİTA LİSTESİ

Harita 2.1 Beyşehir Gölü hidrojeoloji haritası (Doğan vd., 2013)	14
Harita 2.2 Isparta Büklümü'nün basitleştirilmiş jeoloji haritası (Yağmurlu vd., 1997).....	19
Harita 2.3 Türkiye karst haritası	23



Analitik Hiyerarşik Süreç Yöntemleri Kullanılarak Havzalar Arası Su Transferinin Optimizasyonu

Ahmet Sancak ŞANLI

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Hayrullah AĞAÇCIOĞLU

Dünya nüfusundaki artışa ve küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine bağlı olarak, tatlı su kaynaklarının değeri her geçen gün artmaktadır. Su kaynaklarındaki sınırlı zenginliğine rağmen, sürekli artış gösteren temiz su ihtiyacı, yeni paylaşım yöntemleri geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda, Türkiye'nin en büyük tatlı su gölü olan Beyşehir Gölü, artan talebin yarattığı olumsuz sonuçların ortaya çıktığı belirgin bir örnek olarak karşımıza çıkmaktadır. 2007 yılı sonundan itibaren, göl su seviyesinin korunabilmesi amaçlanarak göl havzasının güneyinde bulunan Gembos Kapalı Havzası suyu, inşa edilen derivasyon kanalı ile göle aktarılmaya başlanmıştır. Su transferi sonrası dönemde Beyşehir Gölü su seviyesi artmış olsa da sulama amaçlı su kullanımı göl su seviyesinin kısa sürede düşmesine neden olmuştur.

Bu çalışmada, Gembos Havzası ile Beyşehir Gölü Havzası arasında gerçekleştirilen su transferi örneği göz önüne alınarak, hem hidrolojik faktörler hem de göl ile etkileşim halinde olan farklı sosyal gruplardaki insanların su kullanımı konusunda sahip oldukları değer yargıları analiz edilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak su

bütçesi faktörleri açığa çıkartılmış ve su kullanımına ait görece önem değerleri elde edilerek bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir.

İnsanların değer yargıları, çok nitelikli karar verme problemlerinde kullanılan istatistik yöntemlerden biri olan Analitik Hiyerarşik Süreç (AHS) metodunun çalışmaya uyarlanması ile elde edilmiştir. Havzalara ait yağış, buharlaşma, yüzeysel akış, yeraltı suyu seviyeleri ve göl su seviyesine ilişkin veriler analiz edilerek, gölden sulanan tarım arazilerine ait bitki su ihtiyacı tespit edilmiş, optimizasyon modeli için gerekli hidrolojik ve matematiksel ilişkiler belirlenmiştir. AHS ile elde edilen “su önem değerleri”, meteoroloji istasyonlarından alınan ölçüm verileri ile hesaplanan su bütçesi değerleriyle sentezlenerek, karar vericilerin sübjektif olabilen hükümleri ile nesnel hidrolojik faktörler arasındaki ilişkinin açığa çıkartılması hedeflenmiştir. Elde edilen tüm veriler GAMS optimizasyon yazılımı kullanılarak oluşturulan optimizasyon modelinde bir araya getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su transferi, Göl Yönetimi, Optimizasyon, AHS, GAMS.

Optimization of Interbasin Water Transfer Using Analytical Hierarchical Process Method

Ahmet Sancak ŞANLI

Department of Civil Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Hayrullah AĞAÇCIOĞLU

Depending on the increase in the world population and the negative effects of global climate change, the value of fresh water resources is increasing day by day. Despite its limited wealth in water resources, the ever-increasing need for fresh water necessitates the development of new sharing methods. In this context, Beyşehir Lake, Turkey's largest freshwater lake, stands out as a clear example of the consequences of increasing demand. Since the end of 2007, the water of the Gembos Closed Basin, located in the south of the lake basin, has started to be transferred to the lake through the diversion channel built, in order to protect the lake water level. Although the water level of Beyşehir Lake increased in the post-water transfer period, the use of water for irrigation caused the lake water level to decrease in a short time. In this study, considering the example of water transfer between Gembos Basin and Beyşehir Lake Basin, both hydrological factors and the value judgments of people in different social groups interacting with the lake about water use were analyzed. By using the obtained data, water budget factors were revealed and an optimization model was developed by obtaining the relative importance values of water use.

People's value judgments were obtained with the Analytical Hierarchical Process (AHP) method, which is one of the statistical methods used in multi-qualified decision making problems. By analyzing the data on precipitation, evaporation, surface flow, groundwater levels and lake water level of the basins, the plant water requirement of the agricultural lands irrigated from the lake was determined, and the necessary hydrological and mathematical relations for the optimization model were determined. It is aimed to reveal the relationship between the subjective judgments of the decision makers and the objective hydrological factors by synthesizing the "water importance values" obtained with the AHP with the measurement data obtained from the meteorology stations and the calculated water budget values. All the obtained data were brought together in the optimization model created using GAMS optimization software.

Keywords: Water transfer, Lake Management, Optimization, AHP, GAMS.

1.1 Literatür Özeti

Dünyada her geçen yıl artış göstermekte olan havzalar arası su transferleri projeleri artan su talebinin karşılanması için uygulanan yeni çözüm yöntemlerinden biridir. Ülkemizde su talebinin çok olduğu havzalarda veya şehirlerde su talebinin havza öz kaynakları ile karşılanamaması nedeniyle komşu havzalardan (Göksu'dan Konya ovasına, Melen'den İstanbul'a gibi) su ihtiyacının yüksek olduğu havzalara su transferleri projeleri hayata geçirilmeye başlanmıştır. Bu projelerden biri Beyşehir Gölü'nün güneyinde bulunan Gembos Kapalı Havzası'nda inşa edilmiş olan Derebucak Barajı'ndan, Gembos Derivasyon Kanalı ile Beyşehir Gölü'ne su aktarılması projesidir. Bu proje ülkemizde uygulamaya konan havzalar arası su transferi projelerinin ilklerindendir.

Çalışmanın çıkış noktasını, havzalar arası su transferi projelerinin başarı/fayda derecelerinin hidrolojik ve istatistik yöntemler kullanılarak ölçülmesi fikri almaktadır. Nitekim, kamuoyunda havzalar arası su transferi projelerine karşı eleştiri konusu olan hususların en başında sadece hidrolojik faktörlerin göz önüne alınıyor olması, diğer taraftan doğal hayat, sosyal hayat gibi diğer hususların göz ardı ediliyor olması eleştirisi gelmektedir. Bu çalışma ile hidrolojik faktörler ve istatistik modeller sentezlenerek ortaya, su transferi öncesinde ve sonrasında bu işlemde etkilenen havzalara ait çeşitli parametrelerin optimum değerlerini verecek bir optimizasyon modeli çıkartılması hedeflenmiştir. Çalışmada, söz konusu modelin Beyşehir Gölü, Gembos ve Manavgat Çayı havzaları arasındaki ilişki örneği üzerinde kurgulanabileceği öngörülmüştür.

Çalışmanın bu bölümünde Beyşehir Gölü, Gembos ve Manavgat Çayı havzalarının olası ilişkisi ile ilgili çalışmalar, havzalar arası su transferi projeleri ile ilgili çalışmalar, AHS (Analitik Hiyerarşik Süreç) ile ilgili yapılmış çalışmalar ile optimizasyon konusuna ilişkin çalışmalara ait literatür araştırması sunulmuştur. Literatür araştırması, bu dört ana grup göz önüne alınarak yapılmıştır.

1.1.1 Beyşehir Gölü, Gembos Havzası ve Manavgat Çayı Havzalarının Olası İlişkisi Hakkında Çalışmalara Ait Literatür Araştırması

Çalışmaya konu olan havzalardan özellikle Beyşehir Gölü temel alınarak yürütülmüş farklı alanlarda ve çeşitli niteliklerde çalışmalar mevcuttur. 60'lı yıllardan itibaren göl su seviyesindeki değişimleri ve bu değişimlerin çevreye olan etkilerini analiz eden çalışmalarda artış gözlenmiştir. 90'lı yıllardan itibaren gelişen bilgisayar teknolojisi ve modelleme programları ile özellikle yeraltı suyu modelleme çalışmaları büyük ivme kazanmıştır.

Beyşehir Gölü morfolojik olarak kapalı bir havza görünümünde olmakla birlikte, yüzey suyu yönünden doğudaki Çarşamba Suyu ile önce Suğla Ovası'na, daha sonra sırasıyla Konya Ovası ile Tuz Gölü'ne sularını drene etmektedir. Havza, Türkiye'nin en önemli karst bölgelerinden biri olan Batı Toroslar içinde yer almaktadır. Batı Toroslar Bölgesi'nde karstlaşma 2500-3000 m rakımlarından başlayarak, deniz seviyesi altında 150-200 m derinliğe kadar her yerde gelişmiştir. Bu bölgedeki yüksek dağlar, derin ve dar vadiler, göller, dolinler, polyeler, estavelleler (alıcı verici kaynaklar), ponorlar (polyelerdeki bazı derelerin döküldüğü mağara veya derin çukurluklar), düdenler, büyük debili kaynaklar, yeraltı dereleri (hatta yeraltı ırmakları), mağaralar vb. karst morfolojisinin en belirgin özelliklerini göstermektedir. Bu karstik bölgede yüzey suyu akımlarını, Türkiye'nin birçok bölgesinden çok farklı olarak yeraltı suları kontrol etmektedir (TÜSTAŞ, 1999).

Beyşehir Gölü su toplama alanındaki yeraltı sularının drenaj alanı, güneyden Gembos ve Eynif Polyelerini de içine aldıktan sonra Manavgat ve Köprüçay Havzalarına kadar uzanmaktadır. Hatta bu alan içine Suğla Ovası ve onunla yakın ilişkisi nedeniyle Akseki Havzası da dahil edilebilir. Bu bilgiler yeraltı suyu drenaj alanının, yüzeysel su drenaj alanının yaklaşık 2-3 katı büyüklüğünde bir alan olduğunu göstermektedir (Doğan vd., 2013).

Yurtsever (1978) "Beyşehir Gölü'nden yüksek miktarda kaçak olsaydı, göl suyunun yaşlı olamayacağını" ifade etmiştir. Öte yandan "eğer ilişki varsa, Dumanlı Kaynağı suyunun Beyşehir Gölü suyundan da yaşlı olması gerektiğini ve

buna uygun olarak Dumanlı Kaynağı'nın Manavgat Çayı Havzası'nın batısındaki kapalı havzalardan ve Suğla Gölü'nden beslendiğini" iddia etmiştir.

Birleşmiş Milletler tarafından 1983 yılında yeraltı suyu hakkında yayınlanan raporda "Beyşehir Gölü'nün suyunun Şarkikaraağaç'ta bulunan düdenlerle Beşkonak Çayı'na ulaştığı, Gembos Polyesi'ndeki akımın da Beyşehir Gölü'ne ulaştığı" anlatılmıştır (Anonim,1983).

Yanar ve Öziş (1984) Manavgat Çayı üzerinde bulunan olan Oymapınar Barajı'nı incelemişler, Oymapınar Barajı'nın bulunduğu havzada görünen yağış alanının 715 km² olduğunu, baraj yerinde Manavgat Çayı'nın ortalama akışının 140 m³/s mertebesinde bulunduğunu, bu akışa baraj gölü altında kalan Dumanlı Pınarı'nın katkısının 50 m³/s kadar olduğunu ve 20-100 m³/s arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Günay (1986) Manavgat Nehir Havzası ile yakın havzaları karst hidrojeolojisi açısından incelemiştir. Araştırma kapsamında havzalar arasında hidrojeolojik ilişkileri araştırmıştır. Çalışmalar Manavgat Çayı'ndaki debinin drenaj alanına düşen yıllık ortalama yağışın üç-dört katı olduğunu göstermiştir. Bu durum Manavgat Çayı ile diğer havzalar arasında muhtemel bir ilişkinin olduğunu desteklemektedir.

Yaşar vd. (2003) yapmış oldukları çalışmada "Türkiye'nin içilebilir nitelikteki en büyük su deposu olan bu göl, gölden çeşitli amaçlarla geliş güzel su çekilmesi nedeniyle yavaş yavaş yok olma, kirlenme ve bozulma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Göl, 27 adet yazın kuruyan dere ile beslenmektedir. Eni 10-25 km. boyu ise 45 km olan gölün en derin yeri 10 m'dir. Beyşehir Gölü'nün denizden yüksekliği ortalama 1124 m olup değer değişik zamanlar içerisinde 1126 metreye kadar çıkabilmekte ve 1121 m'ye kadar düşebilmektedir. Bu durum gölde 5 m'ye yaklaşan seviye farkları oluştuğunu göstermektedir." bilgilerini vermiştir.

Nas vd. (2008) yapmış oldukları çalışma sonucunda "Beyşehir Gölü'nün dibi delik doğal bir baraj rezervuarı" olarak kabul edebileceğini belirtmiştir. Buna göre, "gölün su tutabilmesinin en büyük şansı, yüzey sularının yanı sıra yeraltı sularından da büyük çapta beslenmesi, göl tabanının kuzey ve kuzeydoğudaki Sultan Dağları'nın geçirimsiz kayaçlarından göle gelen oldukça ince malzemeli

(killi, marnlı) teressubatla dolmuş olması ve bu havzanın yeraltı suyu drenaj alanın beslenim bölgesinde olduğundan karstik kanalların boşalım sahalarına nazaran daha az gelişmiş olmasıdır.” demişlerdir.

Ekmekçi (1987) Beyşehir Gölü ile yakın havzalarda oluşan akış arasındaki etkileşimi araştırmak için hidrometeorolojik data analizi yapmış ve istatistiksel bir yaklaşım kullanmıştır. Gölden karstik alanlara sızan su miktarı hakkında bir fikir elde etmek amacıyla 23 yıllık bir periyot için aylık olarak bir su bütçesi hesaplaması yapmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar sızmanın ortalama 5 m³/s olduğu ve göl su seviyesinin yükseldiği yağışlı periyotlar boyunca 29 m³/s’ye ulaştığı şeklindedir.

1.1.2 Analitik Hiyerarşik Süreç (AHS) Yöntemi İle İlgili Literatür Araştırması

Hidrolojide uzun bir geçmişi bulunan istatistiksel yöntemler yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Hidrolojik süreçlerin karmaşıklığı karşısında deterministik yaklaşımların doğal olarak yetersiz kalması bu süreçlerin istatistiksel olarak tanımlanmalarını zorunlu kılmıştır. Hidrolojik uygulamalarda birbirine alternatif olabilen çeşitli istatistiksel yaklaşımlar vardır. Aynı amaca hizmet eden yaklaşımlardan hangisinin en iyi sonuç verebileceği mevcut hidrometrik ve meteorolojik verilerin analizi ile belirlenir.

Geçmiş yıllarda karmaşık karar problemlerinin çözümünde kullanılmak üzere pek çok mühendislik karar verme aracı geliştirilmiştir. Bunların içerisinde en yaygın olanı Analitik Hiyerarşik Süreç Yöntemi (AHS)’dir. Bu teknik, 1970’lerin başında Saaty tarafından karar verme kuramında uygulanması amacıyla ortaya çıkarılmıştır. AHS, kararı etkilemesi mümkün olan pek çok faktör aracılığıyla seçeneklerin önceliklendirilmesi temeline dayanmaktadır.

Geliştirildiğinden bu yana iktisat, planlama, enerji politikaları, kaynak tahsisleri, sağlık, anlaşmazlık çözümü, proje seçimi, pazarlama, bilgisayar teknolojisi, bütçe tahsisi, muhasebe, eğitim, sosyoloji, mimarlık vb. çok ve çeşitli alanda karar desteğinde uygulanan AHS, doğal kaynak ve çevresel problemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

AHS, doğal kaynak kullanımının katılımcı bir anlayışla planlanmasına olanak sağlayan bir yapıya sahiptir. Yaklaşımın su kaynakları yönetimi sahasında

kullanımı giderek artmaktadır. Özellikle havza planlama çalışmalarında; risk analizi, paydaş modelleme, grup kararı verme, en uygun havza yönetim stratejisi geliştirme, anlaşmazlık analizi ile çevresel politika tercihlerinin yaygın etkilerini ve ilgi grupları tarafından nasıl algılandığını analiz etmede yöntemden geniş ölçüde yararlanılmaktadır (Yavuz, 2011).

Literatürde AHS yönteminin kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur. Ramanathan (2001) Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) konusunda yaptığı uygulamada, Hindistan'ın geri kalmış bölgesinde faaliyet gösteren bir LPG geri dönüşüm tesisinin değerlendirmesini, ÇED'in bir alt kolu olan Sosyo-Ekonomik Etki Değerlendirmesi için uygulamıştır. Sözü geçen projenin çevresel etkilerinin değerlendirildiği bu süreçte AHS yöntemiyle iskân, su kaynakları, sağlık ve ulaşım gibi önemli tüm potansiyel etkilerin ve sosyal sonuçların önem derecelerini sözel olarak irdelemiştir.

Yılmaz (1999) AHS'yi arazi kullanımı seçiminde yöntem olarak uygulamıştır. Üretim ormanı, muhafaza ormanı ve rekreasyon alanı gibi farklı üç alternatif arazileri karar alternatifleri olarak belirtmiş; alternatiflerin kullanıldığı ölçütleri de maliyet minimizasyonu, odun hammaddesi üretimi, peyzaj değeri ve yaban hayatı habitat kalitesi olarak belirlemiştir. AHS hiyerarşisini bu alternatif ve ölçütler altında oluşturup ikili karşılaştırmalar yöntemiyle en uygun alternatifin seçimini sunarak en son aşamada AHS'ye yönelik yapılan eleştirilere değinmiş ve bu yöntemin üstün yanlarını da açıklamıştır.

Lamy (2003) havza paydaşlarının sosyo-ekonomik ve çevresel kaygılarını veri ve bilgilerle bütünleştirmede ve karar alternatiflerinin belirsiz sonuçlarını incelemede AHS yönteminden yararlanmışlardır.

Tokgözlü ve Özkan (2018) Aksu Çayı Alt Havzası'na coğrafi bir bakış açısıyla bütüncül yaklaşılarak taşkın olmasında etkili olan faktörlerin (yağış, eğim, arazi kullanımı-bitki örtüsü, toprak, akarsu ağlarına yakınlık ve litoloji) kendi aralarında önem sıralaması yapılmıştır. Bunlar AHS ile elde edilen katsayılara göre de tekrar sınıflandırılarak CBS ortamında taşkın risk haritası oluşturulmuştur.

Yavuz (2011) AHS'yi kullanmış olduğu çalışmada ekonomik değer ile çevresel değer arasında en uygun noktayı bulabilen planlama seçeneklerini destekleyen,

havza paydaşları arasında etkili işbirliği için politikalar geliştirerek anlaşmazlıkları azaltan, basit, şeffaf ve hızlı bir karar alma süreci sağlayan, havza yönetimindeki başarı oranını arttırmaya yönelik anlayışlar sağlayan, katılımcı havza yönetim stratejisini belirlemeye yönelik bir mekanizma sağlayarak, su kaynakları planlamasına katkıda bulunan bilgi temelli, paydaş odaklı ve ayrıntılı bir karar destek sistemi sunmuştur.

Mainuddin vd. (1997) sulama projesi yöneticileri ve çiftçilerin tercihlerini dikkate alarak en uygun tarımsal ürün deseni planlaması ve sulama projesi seçimi için AHS yöntemini kullanmışlardır.

Villa vd. (2002) korunan bir deniz alanının planlanmasında öncelikleri çatışan çıkar grupları ile objektif verileri bütünleştirme, kıyı alanlarının farklı kullanım ve koruma düzeylerini tespit etmede AHS yönteminden yararlanmışlardır.

Badri (1999) yaptığı çalışma kapsamında yer seçimi/ dağıtım probleminin çözümü için AHS metodu ile hedef programlamanın birlikte kullanıldığı bir model önerisinde bulunmuştur. Yer seçimi ve dağıtım için önemli olan kriterlerin AHS ile ağırlıkları belirlenmiş ve bu belirlenen kriterler modele hedef kısıtı olarak eklenmiştir. Modelin amacı toplam ağırlıklı sapmayı minimize etmektir. Çalışma AHS metodu ile ağırlıklandırmanın nasıl hedef programlama ile birleştirileceğini göstermiştir.

Ünsal (2018) çalışmasında, esnek ambalaj üretiminde sürdürülebilir tedarik zinciri tasarımı için iki aşamalı hibrit çözüm yöntemi sunmaktadır. İlk olarak, şirketin farklı performans göstergelerini dikkate alarak en verimli tedarikçileri seçmek için AHS yöntemi uygulanmaktadır. Bu aşamada elde edilen sonuçlar, toplam maliyet, zaman ve sosyal faktörler açısından ikinci aşamada önerilen sürdürülebilir tedarik zincirinin tasarımını optimize etmek için karmaşık tamsayı doğrusal çok amaçlı matematiksel modelde kullanılır. Önerilen yaklaşımın matematiksel modeli, GAMS programında uygulanmaktadır.

Yıldır vd. (2016) Türkiye’de beyaz eşya sektöründe faaliyet göstermekte olan bir işletmenin yer seçimi ve dağıtım planlaması problemi ele alınarak, problemin çözümüne yönelik bütünsel bir yaklaşım geliştirilmiştir. Problemin çözümünde AHS yönteminden yararlanılmıştır. Daha sonra toplam taşıma maliyetlerini

minimize edecek ve firmanın dağıtım merkezinin yeri belirlenirken önem verdiği kriterler açısından elde edilecek olan faydayı maksimize edecek çok amaçlı karma tamsayılı programlama modeli geliştirilmiştir.

Taş vd. (2017) çalışmada raylı sistem projeleri arasından 3 farklı bütçe senaryosu ile proje seçimi yapılmıştır. AHS ile ağırlıklandırılan raylı sistem türlerinin, hedef programlama modeli ile optimum seçimi yapılmıştır.

1.1.3 Optimizasyon İle İlgili Literatür Araştırması

Optimizasyon, kısaca “matematiksel programlama veya optimizasyon terimi; bir gerçel fonksiyonu minimize ya da maksimize etmek amacı ile gerçek veya tamsayı değerlerini tanımlı bir aralıkta seçip, fonksiyona yerleştirerek sistematik olarak bir problemi incelemek ya da çözmek işlemleri” olarak ifade edilmektedir (Çetin, 2004).

Ravikumar ve Venugopal (1998) Güney Hindistan’da bulunan sulama amaçlı rezervuar sistemleri için matematiksel dinamik optimizasyon modeli hazırlamışlardır. Jain vd. (1998) 4 rezervuar, 3 kontrol çevirme yapısı olan Sabramat sulama sistemi için en uygun şekle sokma ve simülasyon modeli kurmuşlardır. Getachew vd. ABD’de doğrusal işletme kurallarından yararlanarak yeraltı ve sulama amaçlı rezervuar ortak sistemine optimizasyon ve simülasyon modeli yazmışlardır. Needham vd. (2000) ABD’nin Iowa ve Des Moines Nehirleri’nde taşkın kontrolü için doğrusal programlamadan yararlanmışlardır.

Montaseri vd. (2002) ardışık Pik Analizleri ve İran’la İngiltere verilerinden yararlanarak çok amaçlı çok rezervuarlı sistemlerde depo-çekim ilişkilerini ve ondan elde edilen faydaları belirlemişlerdir. Ming-Yen vd. (2003) Tayvan’da bulunan çok amaçlı çok rezervuarlı sistemde tamsayılı doğrusal programlama yardımı ile optimum işletme kurallarını belirlemişlerdir. Sunita vd. (2005) Hindistan’da Subernarekha Nehri üzerinde bulunan 7 küçük ve büyük rezervuarlı havzada su tüketicileri arasında doğrusal programlama ile optimum paylaşımı yapmışlardır. Hossein vd. (2006) İran’da tamsayılı doğrusal programlama yöntemi ile kentsel su dağıtım sisteminin optimizasyonunu gerçekleştirmişlerdir.

1.2 Tezin Amacı

Su kaynaklarına olan talebin her geçen gün artması ile kullanılabilir su kaynağına sahip olan coğrafyalar bu kaynakları mümkün olduğunca kendi faaliyetleri için değerlendirmek istemektedirler. Bu durumun etkisi ile kamuoyunda, havzalar arası su transferi projelerinin toplumsal yönünün irdelenmediği, su kaynaklarının yönetiminde ağırlıklı olarak nicel, hidrolojik faktörlerin göz önüne alındığı, halk vasfındaki kişilerin yönetim sürecine etki edemediği, doğal hayat, sosyal hayat gibi nitel faktörlerin karar süreçlerinde yeterince değerlendirilmediği şeklinde eleştirel yaklaşımlar bulunmaktadır.

Bu çalışma ile havzalar arası su transferi projeleri etkilerinin analiz edilmesinde, insan değer yargılarının etkileri ile hidrolojik parametrelerin ortaya çıkardığı etkilerin bir arada değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Beyşehir Gölü, Gembos Havzası, Manavgat Çayı etkileşimi çerçevesinde elde edilen optimizasyon modelinin diğer havzalar arası su transferi projelerin için de kullanılabilecek, genel bir yöntem ve fayda sistemi oluşturması hedeflenmiştir.

Çalışma alanında etkileşim halinde olduğu değerlendirilen üç havzada yaşayan insanların değer yargıları, çok nitelikli karar verme problemlerinde kullanılan istatistik yöntemlerden biri olan Analitik Hiyerarşik Süreç (AHS) yönteminin GAMS yazılımı ile kurgulanan optimizasyon modeline uyarlanması ile elde edilmiştir. Göle ait yağış, buharlaşma, yüzeysel akış, yeraltı suyu seviyeleri ve göl su seviyesine ilişkin veriler ilgili kurumlardan temin edilip analiz edilerek gölden sulanan tarım arazilerine ait bitki su ihtiyacı tespit edilmiş, optimizasyon modeli için gerekli hidrolojik ve matematiksel ilişkiler belirlenmiştir. AHS ile elde edilen “su önem değerleri”, meteoroloji ve DSİ istasyonlarından alınan ölçüm verileri ve hesaplanan su bütçesi değerleri ile sentezlenerek, karar vericilerin sübjektif olabilen hükümleri ile nesnel hidrolojik faktörler arasındaki ilişkinin açığa çıkartılması amaçlanmıştır.

Sonuç olarak, Beyşehir Gölü Havzası - Gembos Havzası ve Manavgat Çayı Havza’sı arasındaki etkileşim incelenerek Gembos Havzası’ndan Beyşehir Havzası’na su transfer edilmesinin etkilerini ortaya koyan, olası iklimsel şartlar ve kullanım alışkanlıkları altında gölün optimum olarak hangi seviyelerde işletilebileceğini

gösteren, gölden sulama ve kentsel kullanım için ne kadar su çekilebileceğini öngören ve alternatif koşullar altında su bütçesi değişkenlerini hesaplayarak optimum koşulları tahmin eden bir optimizasyon modeli oluşturulması amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Havzalar arası su transferinde, havza içerisindeki su kaynaklarının iletimden önce ve sonraki durumları dikkatli bir şekilde değerlendirilmeli hidrolojik parametrelerin yanı sıra çevresel, sosyal ve ekonomik yönden ayrıntılı analizler gerçekleştirilmelidir. Eksik değerlendirmeler havzalar arası su iletiminde beklenen fayda yerine denge halindeki ekosistemlerin bozulmasına sebep olunabilmekte bu ise sosyal, çevresel ve ekonomik problemleri beraberinde getirebilmektedir.

Buna göre bu çalışmada, su transferi projesinin etkilemiş olduğu Beyşehir Gölü, Gembos ve Manavgat Havzalarında yaşayan insanların su kullanımına ilişkin değer yargılarının Analitik Hiyerarşi Süreç Tekniği (AHS) ile ortaya konulabileceği ileri sürülmüştür. Böylece su kullanımında insanlar için değerli olan ancak para ile ölçülemeyen hususlar ile ölçülebilen değerlerin kıyaslanabileceği öngörülmüştür.

Farklı su önem değerlerinin o havzadaki nicel hidrolojik veriler ile sentezlenmesi sonucunda havza su bütçesinin de farklılaşacağı öngörülmüştür. AHS ve hidrolojik verilerin bir arada kullanılması ile kurulan optimizasyon modeli kullanılarak alternatif iklimsel koşullar ve kullanım alışkanlıkları altında su bütçesi değişkenlerinin nasıl değişeceğinin ortaya konulabileceği değerlendirilmiştir.

ÇALIŞMA ALANININ KARAKTERİSTİK YAPISI VE ELDEKİ VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1 Beyşehir Gölü, Gembos Havzası ve Manavgat Çayı Havzalarının Genel Özellikleri

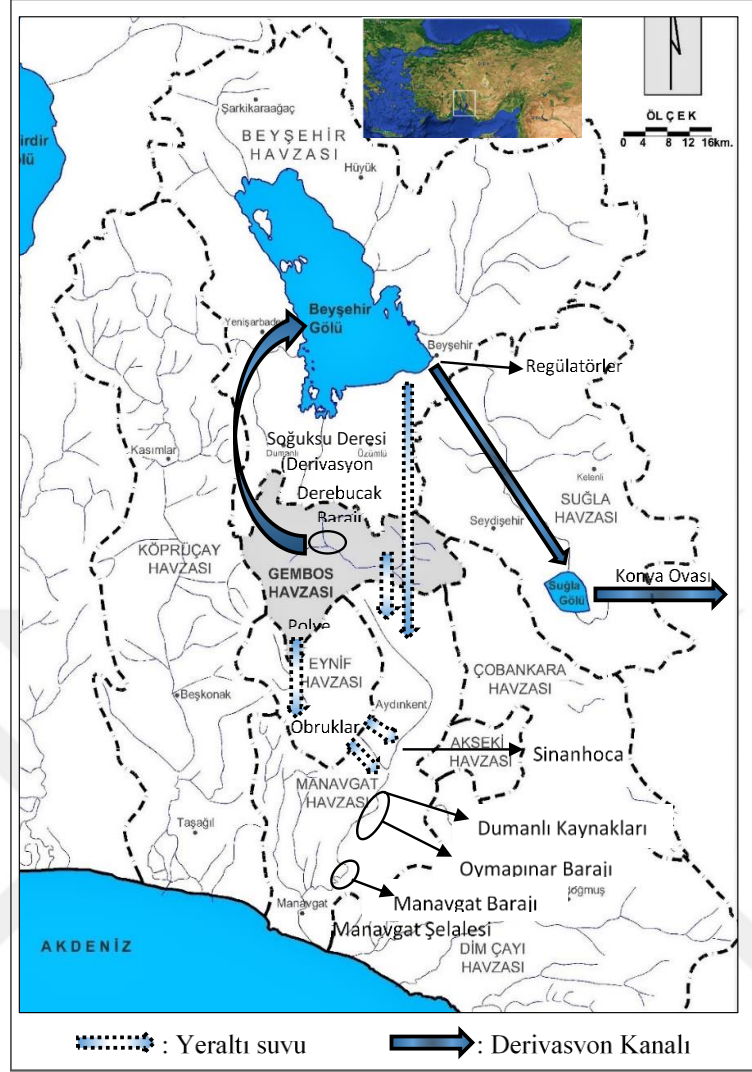
Bu çalışmanın odak noktasında yer alan ve Türkiye'nin en büyük tatlı su gölü olan Beyşehir Gölü, sahip olduğu karakteristik özelliklerinin yanı sıra, özel konumu ile yerel seviyeden uluslararası seviyeye kadar çeşitli düzeylerdeki ilişkilere etki edebilecek niteliklere sahiptir. Beyşehir Gölü Havzası, Gembos ve Manavgat Çayı Havzası'nın kuzeyinde, Konya Havzası'nın batısında yer almaktadır. Göl ile etkileşimde bulunan bu havzalardan her birinin Türkiye açısından kendine özel nitelikleri bulunmaktadır.

Beyşehir Gölü doğal bir göl olmasına rağmen, gölün güney doğusunda bulunan regülatörler kullanılarak gerekli görülen hallerde kontrollü olarak su salınabilmesi, göle doğal bir baraj olma özelliği sağlamaktadır. Söz konusu regülatörler ile salınan sular drenaj kanalları ile Konya Ovası'na gönderilerek tarımsal sulama için kullanılmaktadır. Konya Ovası, üst sınırı olan 2,6 milyon ha'lık tarım alanı ile Türkiye'nin toplam tarım alanının %11,2'si gibi çok önemli bir oranını oluşturmaktadır (KOP, 2021). Yakın gelecekte Konya Ovası'nda hayata geçirilecek su transferi gibi alternatif projeler ile sulama alanının yaklaşık 560.000 ha'a kadar çıkması planlanmaktadır (TBMM, 2019). Nitekim bu hedef doğrultusunda göl havzasının hemen güneyinde bulunan Gembos Havzası suyu inşa edilen baraj ve derivasyon kanalı ile 2008 yılından itibaren Beyşehir Gölü'ne aktarılmaktadır.

Beyşehir Gölü Havzası ile güneyinde bulunan Manavgat Çayı Havzası arasındaki potansiyel ilişki ise çok eski dönemlerden bu yana araştırılmaktadır. Yapılan çalışmalar Beyşehir Gölü su seviyesinde artış olması halinde, gölün güneyindeki karstik boşluklardan Manavgat Çayı Havzası'na doğru yer altı suyu çıkışlarında artış olduğunu göstermektedir (Gümüş, 2013).

Sinan (2021), yaptığı çalışmada Beyşehir Gölü, Gembos ve Manavgat Çayı arasındaki ilişkiyi istatistiki yöntemler kullanarak açıklamıştır. Buna göre Gembos Havzası'na düşen yağış bir ay gecikmeli olarak Manavgat Çayı'nın kuzeyinde bulunan Sinanhoca Tali Havzası'na ulaşmakta, Beyşehir Gölü su seviyesi ile Sinanhoca Tali Havzası taban akışı değerleri arasında anlamlı bir regresyon denklemi oluşturulabilmektedir. Elde edilen korelasyon verileri göl-nehir ilişkisinin nehir üzerinde bulunan ve Dumanlı Kaynakları üzerine inşa edilen Oymapınar Barajı'na kadar anlamlı seviyede devam ettiğini göstermektedir.

Bu bağlamda Beyşehir Gölü su seviyesinde görülen değişimin gecikmeli ve dolaylı olarak güneyindeki Manavgat Çayı'nı etkileyebileceği değerlendirilmektedir. Bu etkileşimin hem yerel hem ulusal sonuçları olması beklenebilir. Manavgat Havzası Türkiye'nin en önemli turizm yörelerinden biridir. Bu havzada yürütülen turizm faaliyetleri yılda ortalama 3,5 Milyar \$ ile Türkiye'nin turizm gelirinin yaklaşık %10'unu sağlamaktadır (MATSO, 2016). Havzada bulunan ve varlığı ile turizme büyük katkı sağlayan Manavgat Çayı'nın 4,7 milyar m³ olan yıllık ortalama akımı, Türkiye su potansiyelinin %2,5' ine karşılık gelmektedir (Yıldız,2006). Manavgat Çayı üzerine kurulu Oymapınar Barajı sahip olduğu yıllık 1,6 milyar Kwh ile Türkiye'nin altıncı büyük hidroelektrik santralidir (İMO, 2005). Ayrıca, Manavgat Çayı 1990'lı yılların sonunda tamamlanan ve nehir sularının bir kısmının Ortadoğu ülkelerine satışını öngören projeler gibi bazı önemli projelere konu olmaktadır. Suudi Arabistan, Cezayir, Fas ve özellikle İsrail'in yoğun ilgi gösterdiği bu projede İsrail ile 2004 yılında yıllık 50 milyon m³ su arz edilmesi hususunda anlaşmaya varılmasına karşın daha sonra bu anlaşma çeşitli gerekçeler gösterilerek iptal edilmiştir (TBMM, 2012). Çalışmaya konu olan Beyşehir Gölü, Gembos ve Manavgat Havzaları ile bu havzalar arasındaki etkileşim harita üzerinde Şekil 2.1' de sunulmuştur.



Şekil 2.1 Beyşehir Gölü Havzası ve komşu havzaların konumu ve havzalar arasındaki ilişki

Bu çalışma açısından Beyşehir Gölü'nün güneyindeki Gembos Kapalı Havzası'ndaki en önemli unsuru, havzada bulunan Prof. Dr. Yılmaz MUSLU Barajı oluşturmaktadır. Bu baraj Kocaçay üzerinde inşa edilmiş olup, su transferine ek olarak sulama amaçlı kullanılan bir barajdır. 37.3643° Kuzey enlemi, 31.5427° Doğu boylamı koordinatlarında yer almaktadır. Akarsu yatağından yüksekliği 52 m, normal su kotunda göl hacmi $13,80 \text{ hm}^3$ 'tür. Baraj ile 3750 ha tarım arazisi sulanmaktadır (Sinan,2021). Sulanan bu tarım arazileri barajın batısından başlayarak hilal biçiminde güneye doğru yönelen dar ve uzun bir ova olan Gembos Ovası'nda (polyesi) bulunmaktadır. Gembos Ovası, Batı Torosların Beyşehir Gölü'ne bakan güney tarafında yer almakta ve yüksek miktarda yağış alan bir bölgede bulunmaktadır. Gembos Ovası'nın bulunduğu bu bölgeden gelen yağış

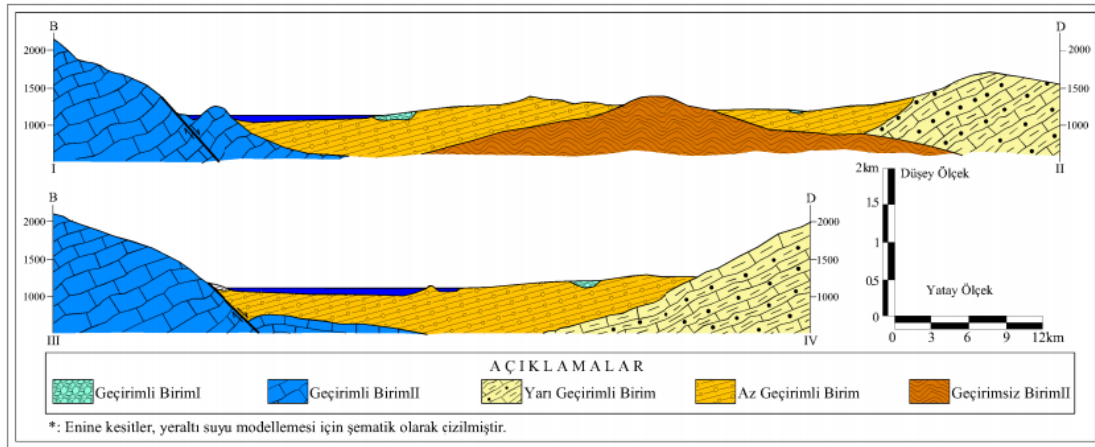
sularının Beyşehir Gölü'ne katkısı oldukça önemli miktardadır (Doğan vd. , 2013). Gembos Havzası'ndan Beyşehir Gölü'ne su aktarımı için kullanılan kanal ise 3,5 km uzunluğundaki tünelden ve 16 km uzunluğunda teşkil edilen derivasyon kanalından oluşmaktadır. Kanal ile göle ortalama 135 milyon m³/ yıl, yağışlı yıllarda ise 180 milyon m³/ yıl su aktarılmaktadır.

Manavgat Çayı ise, Antalya'nın doğusunda, 31°20'-32°00' doğu boylamları, 36°45'-37°20' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Batı Toroslar'dan doğup yaklaşık 90 km güneye aktıktan sonra Akdeniz'e dökülmektedir. Manavgat Çayı havza yüzeyi yaklaşık 900 km² olup, akarsuyu hem yağışlar hem de karstik formasyon beslenmektedir (Arıkan ve Tezcan,1990).

2.2 Beyşehir Gölü Havzası, Gembos Havzası ve Manavgat Çayı Havzaları Arasındaki Hidrojeolojik İlişkinin Açıklanması

Beyşehir Gölü, Gembos ve Manavgat Çayı Havzaları Türkiye'nin en önemli karst bölgelerinden biri olan Batı Toroslar içinde yer almaktadır. Geçmişten beri bu bölgede bulunan karbonat kayaçların yüksek derecede karstlaşması sebebiyle bölgedeki yeraltı suyu dinamiği oldukça karmaşık ve tartışmalı bir konu olmuştur. Doğan vd. (2013) yaptıkları çalışmada elde ettikleri yeraltı suyu modeli ile göl yeraltı suyu etkileşimini ortaya çıkarmış, gölde oluşacak yeraltı suyu çıkışları ile göl su seviyesi arasında bir bağlantı olduğunu göstermişlerdir. Yapılan çalışmalar gölden kaçaklarla su kaybının aralık ayı başı ile mayıs sonu, haziran başında olduğunu ortaya koymaktadır. Bu kaçaklar, göl kotu 1123 m seviyesine ulaştığında başlamaktadır (Ekmekçi,1987). Gölün batı kıyısındaki düdenler, bu kotun üzerinde olduğundan ortalama su seviyelerinde bu düdenlerden kaçak olmadığı kabul edilmektedir. Bu durum, gölde oluşacak kaçakların su seviyesine bağlı olduğu göstermektedir.

Doğan vd. (2013) göl havzasında bulunan jeolojik birimleri hidrojeolojik özelliklerine göre ayrıntılı olarak incelemiş, jeolojik birimler fiziksel özellikleri, sondaj loglarından elde edilen bilgiler ve hidrojeolojik özellikleri dikkate alınarak Geçirimli (Gç), Yarı Geçirimli (Gy), Az Geçirimli (Ga) ve Geçirimsiz (Gz) olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır. Beyşehir Havzasındaki litolojilerin diğer komşu



Şekil 2.2 Beyşehir Gölü hidrojeoloji haritasından elde edilen şematik enine kesitler (Doğan vd., 2013)

Genel olarak yeraltı suyu sistemi kuzeyden güneye doğru Beyşehir Gölü Havzası, Gembos Havzası, Eynif Havzası ve Manavgat Havzası'ndan oluşmaktadır. Bu sistemi batıda Köprüçay Havzası, doğuda Suğla Havzası, Çobankara Havzası, Akseki Havzası ve Dim Çayı Havzası sınırlamaktadır. Türkiye 25 akarsu havzasına ayrılmış olup çalışma alanı içerisinde yer alan Beyşehir Havzası Konya Kapalı Havzası, Gembos, Eynif ve Manavgat Tali Havzaları ise Antalya Havzası içerisinde yer almaktadır.

2.2.1 Havzaların Neotektonik Yapısı ve Karst Topoğrafyanın Açıklanması

Bölgenin hidrodinamik sistemini ortaya koyabilmek amacıyla bölgedeki karstlaşmanın gelişimi ve tektonik hareketlerin karstlaşma üzerindeki etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Neotektonik hareketler bölgenin yüzey topoğrafyası ve karstlaşmanın gelişiminde en önemli faktörlerden biridir. Toros Karst Kuşağı'nın oluşum ve zaman içindeki gelişimde en önemli unsur bölgedeki düşey doğrultuya sahip fay hatlarındaki tektonik hareketlerdir. Karstlaşmanın gelişmesi için hâkim litolojinin kimyasal bileşiminin uygun olduğu birimlerdeki süreksizlikler, karstlaşmanın hızlı gelişimi için zayıf dirence sahip bölgeler gelişmesine sebep olmaktadır. Bu gelişime ilave olarak düşey doğrultudaki süreksizlik düzlemlerindeki tektonik hareketler ise karstlaşmanın daha derine doğru gelişmesine imkân sağlamaktadır. Neotektonik hareketler özellikle saf kireçtaşı (CaCO_3) blokları bulunduğu Toros Karst Kuşağı üzerinde etkili olmuş olup, Batı ve Orta Toroslar 'da etkileri daha yoğun olarak izlenebilmektedir (Güneysu, 1993).

Çalışma alanındaki karstik kireçtaşlarının tamamı mezozoik yaşlı tortul kayalardan meydana gelmektedir. Mezozoik yaşlı üzerinde özellikle karstlaşmanın gelişimine katkıda bulunan tektonik hareketler Miyosen sonrasında Neotektonik Dönem’de başlamış olup günümüze kadar etkili olarak devam etmiştir (Güneysu, 1993). Toroslar üzerinde etkili olan neotektonik hareketler Orta Miyosen sonrası başlangıçta kuzey-güney yönlü, ilerleyen süreçte ise kuzeydoğu-güneybatı ve kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı fay hatları oluşmuştur (Koçyiğit, 1984), (Karaman, 1989), (Yalçınkaya vd.,1986). Bu fay hatlarına ilave olarak Miyosen sonu-Pliyosen başı ve Pliyosen sonu-Pleistosen başı ve Orta Pleistosen-Kuvaterner jeoloji zaman aralıklarında düşey doğrultulu tektonik hareketler meydana gelmiştir (Güneysu,1993).

Çalışma alanının kuzeyinde bulunan Beyşehir karst alanında gelişmiş olan karstik şekillerle süreksizlik düzlemlerinin yayını ve düşey doğrultulu tektonik hareketler arasında yakın ilişki bulunmaktadır. Çalışma alanı ve yakın çevresindeki Eğirdir, Beyşehir ve Antalya karst alanlarında yapılan çalışmalarda düşey doğrultulu tektonik hareketler sonucunda oluşan genç yükselimin karstlaşmanın gelişiminde etkili olduğunu göstermektedir (Güneysu,1993) (Değirmenci,1989) (Nazik, 1985).

Mezozoik yaşlı bu karbonat bileşimli tortul kayaç platformlarının üzerinde gelişmiş dolin, lapy, uvala, polye ve mağara gibi karstik yeryüzü şekilleri gelişmiştir. Bölgedeki polye ve uvala gibi karstik çökelimlerin yönelimlerinin Eğirdir Gölü güneyinde kuzey-güney ve kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı faylarla uyumluluk göstermektedir (Güneysu, 1993), (Ardos, 1979). Beyşehir Gölü güneyinde doğu-batı ve kuzeydoğu-güneybatı yönlü çatlak sistemlerinden oluşan süreksizlik düzlemlerinin yönelimleriyle de uyumludur (Değirmenci,1989) (Nazik, 1992). Beyşehir Gölü alanı boyunca ve özellikle gölün güneybatısında bulunan Suğla Ovasının gelişiminin KKB-GGD uzanımlı tektonik çöküntü ile bağlantılı olduğu ve her iki çöküntü alanının oluşumunda neotektonik hareketler ve karstlaşma beraber etkili olduğu ortaya konmuştur (Ardos, 1979) (Gürdalı, 1981). Antalya bölgesindeki deniz altında bulunan karstik boşalım kaynakları da kuzey-güney uzanımlı faylar üzerinde yer almaktadır (Sesören, 1985).

Torosların kuzeyindeki karst platformu, Oligosen'den itibaren gelişmeye başlayan ve Oligosen sonunda etkisini giderek artıran tektonik hareketlerden yoğun olarak etkilenecek su üstüne yükselerek aşınımına uğramıştır (Güneysu, 1993) (Yançinkaya vd., 1986) (Ardos, 1979) (Nazik, 1992).

2.2.2 Çalışma Alanı Yüzey Şekilleri ve Oluşum Evreleri

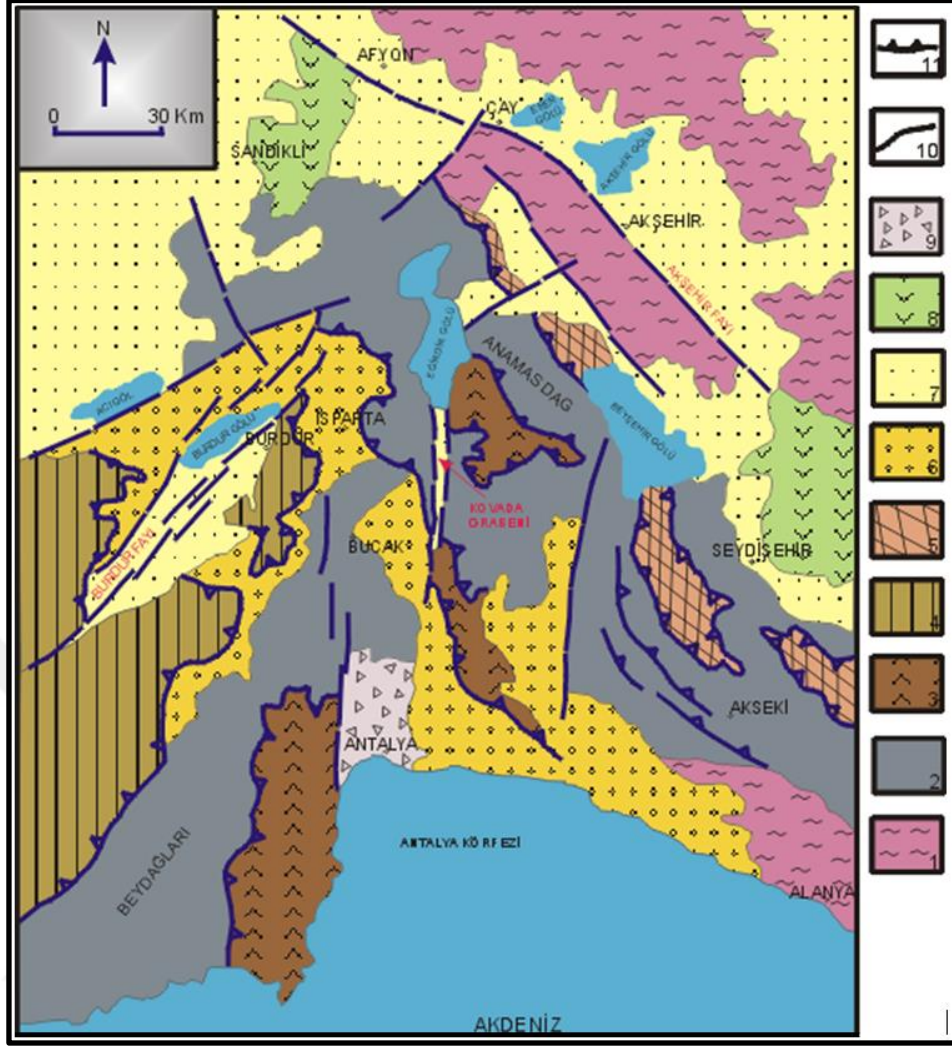
Tüm Toroslar'da etkili olan Anadolu Penepleni'nin parçaları Miyosen'de ortaya çıkmıştır. Yüksek topoğrafyaya sahip kesimlerde ve farklı seviyelerdeki bu yüzeyler sonrasındaki akarsu ve fay düzlemleri ile büyük ölçüde deforme olmuşlardır. Peneplenin karbonat kayalar üzerindeki bölgelerde yoğun bir karst gelişimi oluşmuştur. Miyosen yaşlı oluşumların altında, onların etrafında ve eskiden oluşmuş vadilere koşut gelişen röliyef jenerasyonları hakim jeomorfolojiyi şekillendirmiştir. Büyük kapalı havza ve göllerle bu havzalardaki akarsu yataklarını takiben Pleistosen'e ait yüzey şekilleri oluşmuştur. Orojenik hareketlerle şekillendirilmiş Toros karstlaşmasının yaygın olarak geliştiği alanda yoğun ve derinlemesine oluşmuş karstlaşma olan holokarst gelişmiştir. Miyosen itibaren belirli fasılalarla oluşumuna devam eden karstlaşmada, güncel olarak eski (paleokarst) ve yeni (neokarst) karstlaşma birbiri içine girmiş şekildedir. Üst Pliyosen-Kuvaterner başlarındaki tektonizmaya bağlı şekilde tamamen yükselen alanda, karstlaşma hiç durmadan devam etmiştir. Uvala, dolun, polye, gömülü vadiler, keskin boyun ve sırtlar, sivri tepeler, kuru ve kör vadiler ve derin mağaralar gelişmiştir (Şenel, 1997).

Bölgedeki su deşarjını sağlayan akarsu ağı büyük ölçüde Pliyosen'de kurumaya başlamıştır. Dağ oluşum hareketleri ve süreksizlik düzlemleri ile uyumlu çok sayıda kapalı havzaya bağlı olan bu şebeke çalışma alanı kuzey-kuzeybatısında bulunan Göller Bölgesi civarında tamamen korunmuştur. Bunun yanında Akdeniz Havzası'na bağlı olan güney ve güneydoğudaki bölgelerde ise kuvaterner karasu drenaj sistemi gelişmiştir. Kuvaterner 'de Toroslar'ın yükselmesi ile dağ sistemini kesen bu akarsular, Pliyosen sisteminin tamamen parçalanmasına sebep olmuştur. Gömülü vadiler ve derin kanyonlar içinden geçen akarsular kuzey-güney yönlü konsekan akarsuların en belirginlerine örnek olarak Gembos Havzası batısında yer alan Köprü Çay ve Aksu Çayı gösterilebilir (Şenel, 1997).

2.2.3 Bölgesel Jeoloji

Ketin (1966) tarafından Toridler olarak isimlendirilen çalışma alanının da içinde bulunduğu bölge bugünkü yapısını Alpin Orojenezi ile kazanmıştır. Antalya Körfezi kuzeyinde, Torosların sivri ucu kuzeye doğru yönelmesi sonucunda yaklaşık ters "V" şeklini almıştır. Bu tektonik alan Blumenthal (1963) ve Koçyiğit (1981) tarafından "Isparta Büklümü", Brunn (1976) ve Şengör (1980) ise "Isparta Açısı" olarak tanımlanmıştır. "Isparta büklümü Türkiye'nin neotektonik bölgelerinden biri olarak tanımlanan Orta Anadolu Ovalar Bölgesi'nin güneybatı ucunda Ege graben sisteminin de hemen doğusunda bulunmaktadır" (Boray vd., 1985). Isparta Büklümü'nü K-G yönde yaklaşık 180 km, D-B yönde 100 km genişliğinde üçgen şekilli, KD yönlü Burdur fayı ve KB yönlü Akşehir fayı arasında yer aldığını ve üç kırıkla karakterize edilmektedir (Yağmurlu vd., 1997) (Harita 2.2).

Poisson (1977) üst Miyosen'de (Tortoniyen sonrası) büklümün doğu kanadının batı kanadı olarak tanımlanan Aksu bindirmesi üzerine bindirdiğini ifade etmiştir. Erol (1981) bu tektonik bölge içerisinde bulunan göl alanlarının normal faylarla oluşmuş çökme havzaları olduğunu belirtmiştir. Bölgedeki aktif tektonik aktivitenin en önemli göstergesi ise bölgede görünen yapısal kökenli deformasyondur. Günümüzde tektonik yönden aktif olan Göller Bölgesi, eski jeolojik devirlerde de yapısal gerilmelerin etkisi altında kalmış ve değişik tür kıvrımlı, kırıklı, bindirmeli ve faylı yapılar gelişmiştir. Karaman (1994)'a göre Isparta Büklümü'ne Likya napları batı yönden, Beyşehir-Hoyran ofiyolitik napları ise doğu yönde bindirir. Önceki çalışmalar, Likya ve Beyşehir-Hoyran naplarının her ikisinin de, orta tersiyer boyunca mezozoik karbonat istifi olarak adlandırılan Beydağları ve Anamas-Akseki platformları kuzeyden güneye yerleştiğini ortaya koymaktadır.



Harita 2.2 Isparta Bölümü'nün basitleştirilmiş jeoloji haritası (Yağmurlu vd., 1997)

(1) Metamorfik Kayalar (Paleozoik), (2) Karbonat Kayalar (Mezozoik), (3) Antalya Napları, (4) Likya Napları, (5) Beyşehir-Hoyran Napları, (6) Denizel Tersiyer Tortullar, (7) Karasal Neojen Tortullar, (8) Neojen Volkanitler, (9) Antalya Travertenleri, (10) Normal Faylar, (11) Bindirme Fayları.

Toros karst kuşağı içerisinde yer alan çalışma alanının, günümüzde sahip olduğu karakteristik yapısının ortaya çıkmasında karstlaşma önemli bir rol oynamıştır.

Toros karst kuşağının Orta Toroslar Bölümü'nde bulunan çalışma alanı hâkim olarak Jura-Kretase ve Tersiyer yaşlı litolojiler bulunmaktadır. Çalışma alanında bulunan jeolojik birimler litolojik ve yapısal özellikleri dikkate alındığında “otokton” ve “allokton” olarak iki farklı gruba ayrılmaktadır. Otokton birimler çalışma alanının batısında uzanım sunarken, allokton birimler ise çalışma alanının

doğusunda yüzeylenmektedir. Otokton birimlerin tabaka düzlemleri kuzey-güney uzanımlı iken, allokton birimlerin tabaka düzlemlerinin hâkim olarak kuzeybatı-güney doğu uzanımlı olduğu dikkati çekmektedir. Allokton birimlerin bölgede bulunmasında etkili olan tektonizmanın en önemli unsuru olan fay hatları da kuzeybatı-güneydoğu uzanımlıdır. Otokton birimler Anamas-Akseki otoktonu olarak tanımlanmakta, Allokton birimler ise çalışma alanı doğusunda kuzeybatı güney doğu uzanımlı Ofiyolit napları ve Beyşehir-Hoyran Napları içerisinde değerlendirilmektedir.

Gembos Havzası Toros Karst Kuşağı'nın orta bölümü içerisinde bulunmaktadır. Torosları iç ve dış kuşak olarak iyi farklı kısımlara ayrılmakta olup dış kuşak güneyden kuzeye sürüklenmiş ve iç kuşağa göre allokton konumludur (Ekmekçi, 1987). Orta Toroslar Bölgesi ve Gembos Havzası Kambriyen'den Tersiyer'e kadar olan zaman dilimi içerisinde çökelmiş ve farklı havza şartlarını yansıtan tektonik birlikler litolojik, stratigrafik ve tektonik özellikleri birbirinden ayrılmaktadır. Bu tektonik birlikler çok geniş alanlar kaplamakta ve yanal olarak da devamlılık göstererek birbirleri üzerinde allokton konumlu bulunmaktadırlar. Bu birliklerde Geyikdağı birliği şelf türü karbonat ve kırıntılı tortul kayalardan, Antalya birliği derin denizel tortullardan, ofiyolitik melanj ve bazaltik bileşimli denizaltı magmatik kayalardan meydana gelmektedir. Olistostrom konumlu karbonat ve kırıntılı tortul kayalardan meydana gelen Aladağ birliği, Geyikdağı birliği üzerinde allokton konumlu olarak bulunmaktadır. Benzer şekilde allokton Bozkır birliği ise denizaltı magmatik kayaları, pelajik kökenli kireçtaşları, ofiyolitik melanj ve radyolaritleri içermektedir (Özgül, 1976).

Çalışma alanında aynı yaşa sahip tortul karbonat kayalar yoğun tektonizma etkisi ile hem allokton hem de otokton konumlu olarak bulunabilmektedir. Bu durumdan dolayı Batı ve Orta Toroslar Bölgesi için "görelî otokton" ve "görelî allokton" tanımlarının kullanımına sebep olmuştur (Ekmekçi, 1987).

2.2.3.1. Otokton Birimler

Beydağları Otoktonu; Isparta Büklümü'nün batı kanadını oluşturan ve 5000 metreye ulaşan kalın bir karbonat istifile simgelenen tortul kesit Beydağ Otoktonu olarak bilinir. Batı Toroslar'da otokton birimleri oluşturan Anamas-

Akseki ve Beydağları platformları gerçekte D-B yönünde uzanım gösteren Toros karbonat kuşağının en önemli bölümünü meydana getirir. GB-Anadolu'da oldukça belirgin bir dağılım gösteren karbonat kuşağının güneyinde yer alan allokton ofiyolitik naplar, Antalya napları olarak (Özgül, 1984) bilinir. Bu karbonat kuşağının kuzeyinde yer alan naplar ise Likya ve Beyşehir-Hoyran napları olarak tanımlanmıştır (Poisson vd.,1984) (Özgül, 1984).

Anamas-Akseki Otoktonu; Isparta Büklümünün doğu kanadını oluşturan ve genellikle karbonat kayaların egemen olduğu bir istiftir. İstifi daha önce Dumont ve Kerey (1975) ve Demirtaşlı (1978) tanımlamışlardır.

Orta Toroslar Bölgesi'nde Beyşehir ile Akseki arasında Jura-Kretase yaşlı karbonat bileşimli tortul kayaç serileri farklılıklar göstermesine rağmen genellikle neritik fasiyeste çökelmişlerdir. Gembos Havzası içerisindeki mezozoik yaşlı tek litoloji havza batısındaki Jura-Kretase yaşlı Kireçtaşı-Dolomit birimidir. Havzadaki senozoik yaşlı birimler ise Tersiyer yaşlı Tahtalıdağ Birimine dahil kumtaşı, şeyl ve kireçtaşı ar dalanmasından oluşan birim ve Kuvaterner yaşlı alüvyondan oluşmaktadır.

2.2.3.2. Allokton Birimler

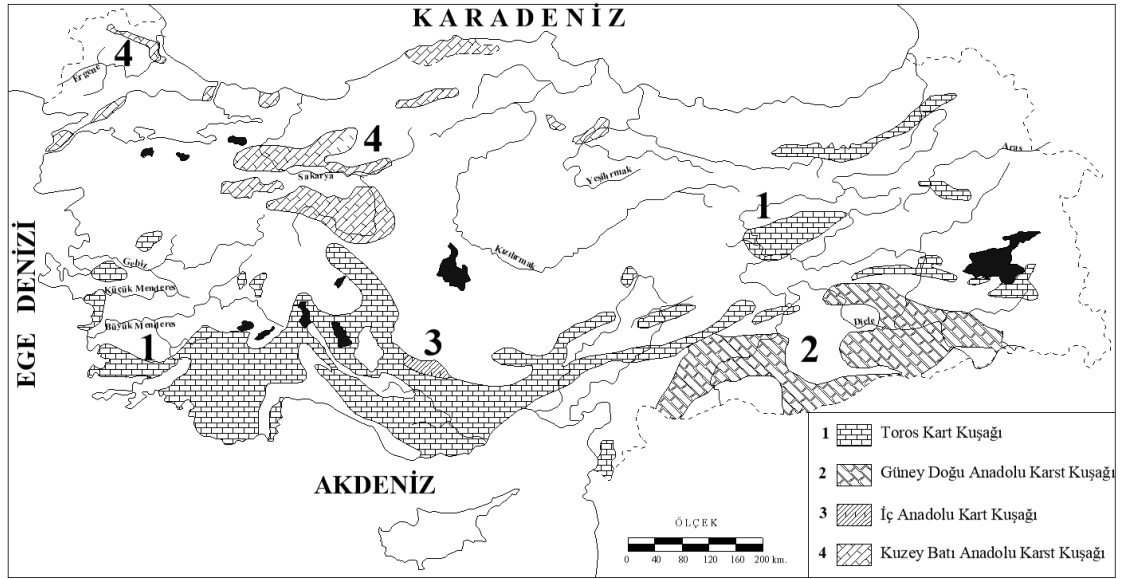
Antalya Napları; Isparta Büklümü'nün iç kısmında yer alırlar. Başlıca dört ayrı tektonik birimden oluşmaktadırlar. Büyük bölümüyle ofiyolitik kayaçlarla karışmış pelajik rift çökelleri özelliğindedir. Antalya napları, Karacahisar ve Beydağları otokton birimleri üzerine Geç Kretase-Daniniyen zaman aralığında yerleşmişlerdir (Şenel, 1984). Çalışma alanı yakın çevresinde Antalya Naplarına ait ofiyolitik melanj kökenli kayaçlar belirlenmiştir.

Beyşehir-Hoyran Napları: Anamas-Akseki otoktonu üzerine Lütesiyen-Priaboniyen döneminde yerleşmiş ofiyolitik kayaçlardan oluşmaktadır (Koçyiğit, 1983) (Poisson vd.,1984). Büyük bölümüyle ofiyolit bileşenlerinden ve eşlik eden pelajik tortullardan meydana gelmektedir. Gembos Havzası içersine Beyşehir-Hoyran Naplarına ait birimler tersiyer yaşlı olarak yerleşmiş bulunan tuf, radyolarit ve breşten oluşan birim (Tr-K), Kireçtaşı birimi (Tr-J), ofiyolitik melanj kökenli radyolarit ve serpantin bileşimli birim (Tr-J), killi kireçtaşı ve kumtaşı biriminden (Tr) oluşmaktadır.

Likya Napları: Likya napları, Menderes masifi ile Beydağları otoktonu arasında yer almakta olup, geniş bir alanda yayılım gösteren allokton kaya topluluğundan oluşmaktadır. Likya nap topluluğu içinde peridotit bileşimli kayaların yanı sıra Geç Paleozoyik ile Eosen arasında değişen karbonat kaya kütleleri ve kırıntılı tortullar yer alır. Bu örtü naplarının arasından tektonik pencereler şeklinde yer yer otokton birimlere de rastlanılmaktadır (Graciansky, 1986). Bilgin ve diğ. (1989) naplarla ilgili yerleşme hareketlerinin Orta Miyosen'e kadar devam ettiğini vurgulamıştır.

Domuzdağ Napı: Likya naplarının en üst yapısal birimi olan Domuzdağ Napı, bölgede temsil edilen Orta Triyas-Liyas yaşlı Dutedere kireçtaşını ve Maastrichtiyen yaşlı Söbüceyayla formasyonunu kapsar. Ancak birimde Triyas yaşlı kireçtaşları üzerinde sıvamalar şeklinde tintinitli mikritler, kırmızı, pembe renkli Üst Liyas yaşlı ammonitli kireçtaşları (ammoniticco-rosso fasiyesi) bulunur.

Çalışma alanının batısında kuzeyden güney uzanım sunan otokton konumlu kireçtaşı ve doğudaki Beyşehir, Hoyran Napları içerisinde bölgeye sürüklenen allokton konumlu kireçtaşları oldukları kırık, çatlak ve erime boşluklarından dolayı karstik akifer özelliği de göstermektedirler. Birimin kumtaşı-kil taşı ile olan dokanaklarda çok miktarda kaynak boşalımları gözlenmektedir. Bu birim içinde bulunan litolojilerin ortak özelliği, sahip oldukları kırık, çatlak ve erime boşluklarından dolayı karstik akifer özelliği taşımalarıdır. Bölgedeki karstik kireçtaşları da çatlak ve erime boşluklarında yeraltı suyu bulundurması bakımından büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Ülkemizde karstik kayalar Türkiye yüzölçümünün yaklaşık % 20'sini kaplamaktadır. Akdeniz Bölgesi'nde Toros Sıradağları'nı şekillendiren kireçtaşlarından oluşan Toros Karst Kuşağı, Türkiye'nin en büyük karst kuşağıdır (Harita 2.3).



Harita 2.3 Türkiye karst haritası

Kireçtaşları çalışma alanının batı kenarlarında yüksek topoğrafya boyunca yüzeylenmektedir. Bu yüksek topoğrafyadan havza içlerindeki daha penneplen topoğrafya ya doğru gidildikçe kireçtaşlarının derinlikleri giderek artmaktadır.

2.3 Beyşehir Gölü Havzası, Gembos Havzası ve Manavgat Havzaları Arasındaki İstatistik İlişkinin Açıklanması

Gerek çalışma alanının Türkiye'nin en önemli karstik bölgelerinden biri oluşu, gerek Manavgat Çayı debisinin su toplama havzasına göre çok daha fazla oluşu Manavgat Çayı Havza'sının komşu havzalar ile muhtemel bir ilişkisinin var olduğu yönündeki varsayımları kuvvetlendirmektedir.

Bu çalışma kapsamında oluşturulan optimizasyon modeline, çalışmaya konu olan üç havza arasındaki etkileşimi gösteren bir regresyon denklemi dahil edilmiştir. Böylece optimizasyon modelinin, Beyşehir Gölü su seviyesi ölçümleri ile kalibre edilmesi sağlanırken, güneyindeki Sinanhoca Tali Havzası akım gözlem verileri ile de validasyon edilmesi sağlanmıştır.

2.3.1 Korelasyon Analizi ve Değerlendirme

Korelasyon iki sayısal ölçüm arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığını, varsa bu ilişkinin yönünü ve şiddetinin ne olduğunu belirlemek için kullanılan bir istatistiksel yöntemdir. Korelasyon katsayısı (r) -1 ile 1 arasında değişebilir. Mutlak değer 1 olması iki değişken arasında fonksiyonel bir ilişki bulunduğunu,

0 olması ise değişkenlerin bağımsız olduğunu gösterir. r 'nin mutlak değeri 0'dan 1'e büyüdükçe ilişki kuvvetlenir. r 'nin eksi işaretli olması değişkenlerden birinin artmasıyla diğ erinin azaldığını gösterir.

İki zaman serisi değişkeninin değ erleri zaman içinde aynı noktada birlikte hareket edebilir veya bir değişk endeki hareketin başka bir değişk endeki hareketten önce gelmesi veya onu takip etmesi olabilir. Çapraz korelasyon analizi, zaman serilerinde, veri setleri arasındaki eş zamanlı ve gecikmeli (lag) değ erlerdeki benzerliği göstermede kullanılmaktadır.

Otokorelasyon katsayısı ise zaman serisiyle bu serinin gecikmeli serileri arasındaki ilişkileri verir. Rastgele karakterli bir serinin popülasyon fonksiyonu, $\text{lag} \neq 0$ için sıfır veya sıfıra yakındır. Manavgat Havzası'nda bulunan hidrometeorolojik verilere ait korelasyon katsayıları Tablo 2.1'de bulunmaktadır.

Tablo 2.1 Manavgat Havzası Hidrometeorolojik Veriler Arasındaki Korelasyon Matrisi (Sinan, 2021)

Değişkenler	Şelale Toplam Akış	Şelale Taban Akışı	Sinanhoca Toplam Akış	Sinanhoca Taban Akışı	Manavgat Yağış	Manavgat Sıcaklık
Şelale Toplam Akış	1,00	0,88	0,97	0,88	0,36	-0,35
Şelale Taban Akışı	0,88	1,00	0,89	0,92	0,12	-0,08
Sinanhoca Toplam Akış	0,97	0,89	1,00	0,93	0,27	-0,23
Sinanhoca Taban Akışı	0,88	0,92	0,93	1,00	0,06	-0,02
Manavgat Yağış	0,36	0,12	0,27	0,06	1,00	-0,82
Manavgat Sıcaklık	-0,35	-0,08	-0,23	-0,02	-0,82	1,00

Verilere ait korelasyon katsayıları incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır.

Yapılan hesaplar ile elde edilen sonuçlara göre Sinanhoca ve Şelale Akım Gözlem İstasyonlarının akış değ erleri arasında yüksek derece pozitif korelasyona sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Meteorolojik değişken olan yağış ve sıcaklık ile akış verileri arasındaki korelasyon ise düşük çıkmıştır. Burada göze çarpan sonuç toplam akış verileri ile meteorolojik veriler arasında nispeten ilişki varken taban akışı verileri ile meteorolojik verileri arasındaki korelasyonun çok zayıf çıkmış olmasıdır.

Elde edilen korelasyon değ erleri taban akışının özellikle karstik bölgelerde komşu havzaların yeraltı suyu akımından beslendiğini, iklimsel faktörlerden çok fazla

etkilenmediği göstermiştir. Bununla birlikte geçmiş yıllara ait çalışmalar Manavgat Çayı'ndaki boşalmanın drenaj alanına düşen yıllık ortalama yağışın üç-dört katı olduğunu göstermiştir. Elde edilen istatistiki veriler de Manavgat Çayı ile diğer havzalar arasında yeraltı suyu etkileşimi olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Buna göre optimizasyon modeline dahil edilen regresyon denkleminde Derebucak Yağış ve Beyşehir Göl Seviyesi değerleri bağımsız değişken, Sinanhoca taban akışı değerini ise bağımlı değişken olarak kullanılmıştır (Denklem 2.1) (Sinan, 2021). Kurulan denklemdeki değişkenlere ait korelasyon katsayıları Tablo 2.1'de bulunmaktadır.

Tablo 2.2 Taban akışı indeksi model katsayıları (Sinan, 2021)

Regresyon Değişkenleri	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	Anlamlılık, p
	B	Standart Hata	Beta		
Sabit	-63,33	11,40		-5,56	0,00
Derebucak Yağış	0,31	0,04	0,62	7,41	0,00
Göl Seviye	36,63	5,60	0,55	6,54	0,00

Standartlaştırılmamış B katsayıları model regresyon katsayılarıdır. Bu katsayılar kullanılarak Q_b 'nin doğrusal denklemi aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

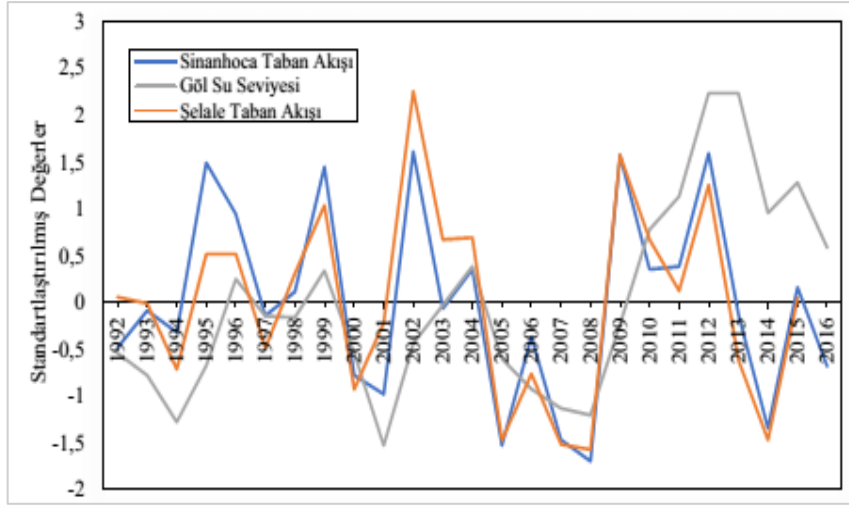
$$Q_b = -63,33 + 36,63 \cdot H + 0,31 \cdot P \quad (2.1)$$

Burada;

Q_b : Sinanhoca Aylık Ortalama Taban Akışı (m^3/s), P: Derebucak (Gembos) Aylık Toplam Yağış (mm), H: Aylık Ortalama Göl Seviyesi (m)'dir.

Elde edilen sonuçlar transfer öncesi dönemde göl seviyesi ve Manavgat Çayı taban akışı değerleri arasında ise orta seviyede korelasyon görüldüğünü, Gembos Havzası'na gelen suyun doğrudan Beyşehir Gölü'ne aktarılmasından sonraki dönemde göl su seviyesi ile Manavgat Çayı taban akışı değerleri arasındaki korelasyon değerlerinin düştüğünü göstermiştir. Göl su seviyesi ile Manavgat Çayı taban akışı değişimlerinin birlikte incelendiği standartlaştırılmış değerlerin zaman serileri

Şekil 2.3'de bulunmaktadır.

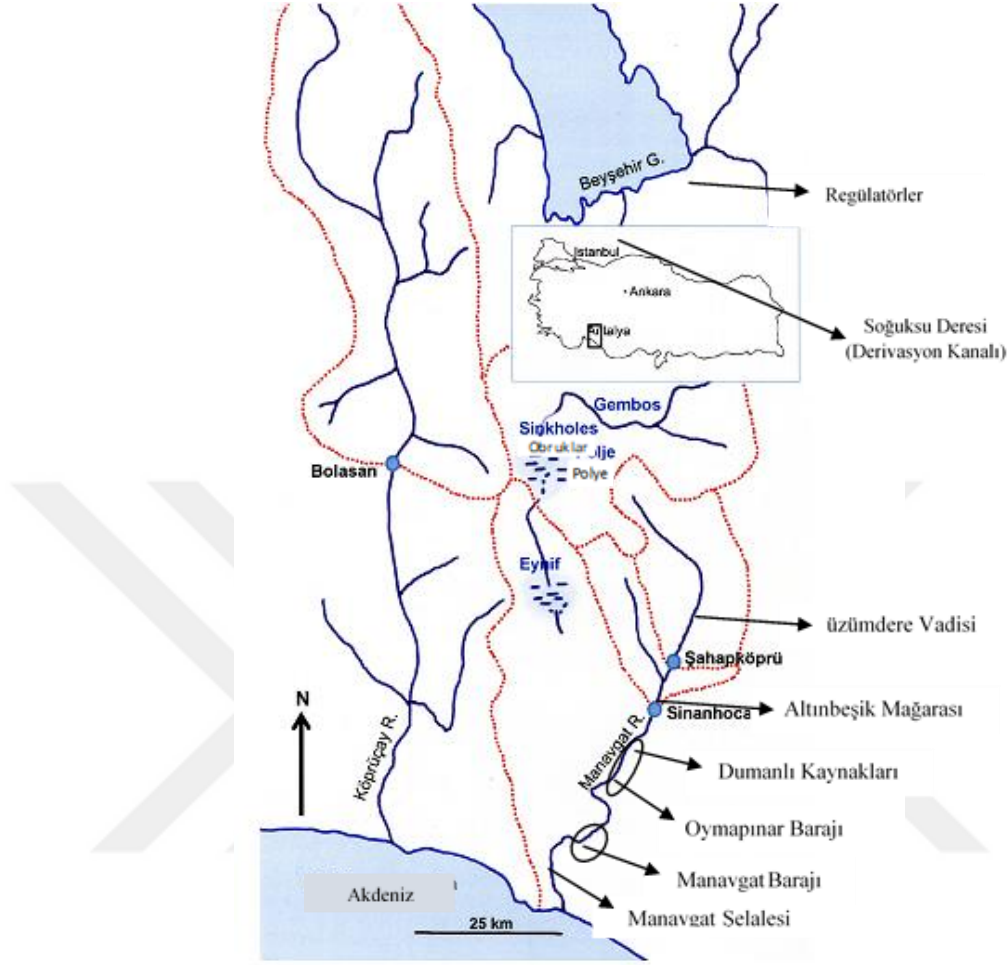


Şekil 2.3 Manavgat taban akışı ve Beyşehir Göl Seviyesi standartlaştırılmış değerleri (Sanlı vd., 2021)

Elde edilen veriler Beyşehir Gölü su seviyesi değişimi ile Sinanhoca ve sonrasında Manavgat Çayı taban akışı değerlerinde benzer azalışlar ve artışlar gerçekleştiği göstermiştir. Ancak Beyşehir Gölü ile Manavgat Çayı taban akışı arasında görülen bu ilişkinin nehrin mansap yönüne doğru ilerlendikçe azalmakta olduğu görülmektedir. Manavgat Çayı'nın mansap doğrultusunda Dumanlı kaynaklarının akıma katılmasının yanı sıra Eynif ve Akseki gibi komşu havzalardan da beslenmenin gerçekleşmesi ilişkinin zayıflamasına sebep olmaktadır. Öyle ki Yanar ve Öziş (1984) yaptıkları çalışmada Dumanlı Pınarı'nın Manavgat Çayı'na katkısının $50 \text{ m}^3/\text{s}$ kadar olup $20\text{-}100 \text{ m}^3/\text{s}$ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Şelale AGİ membasında yer alan Manavgat ve Oymapınar barajlarından salınan düzensiz sular da ilişkiyi zayıflatan diğer bir etkidir. Manavgat Çayı Havzası'nın genel görünümü Şekil 2.4 'de bulunmaktadır.

Tüm bu bilgiler göz önüne alındığında, Beyşehir Gölü, Gembos Havzası ve Manavgat Çayı Havzası arasındaki etkileşiminin anlamlı olarak Manavgat Çayı'nın kuzeyinde bulunan Sinanhoca Tali Havzası ile olduğu, Sinanhoca Tali Havzası'nın güneyinde Oymapınar Barajı'ndan itibaren göl-nehir arasında anlamlı korelasyon değerinin giderek azaldığı, bunun sebebinin ise Manavgat Çayı'nın Oymapınar Barajı altında bulunan Dumanlı Kaynakları'ndan oldukça yüksek miktarda beslenmekte olmasından kaynaklandığı sonucuna ulaşılmaktadır. Benzer nedenlerle Sinan.(2021) tarafından yapılan çalışmada da regresyon analizi için

Manavgat Havzası'nın en kuzeyinde yer alan Sinanhoca AGİ'ye ait taban akışı değerleri kullanılmıştır.



Şekil 2.4 Manavgat Çayı Havzası'nın genel görünümü

Her ne kadar Sinanhoca Alt Su Toplama Havzası güneyindeki Şelale Alt Su Toplama Havzası'nı beslese de bu etkileşim Manavgat Çayı'nın akım rejimini değiştirecek boyutlara ulaşmamaktadır. Buna göre Manavgat Çayı'nı besleyen asıl kaynağın Oymapınar Barajı altında bulunan Dumanlı Kaynakları olduğu çıkarımı yapılabilir. Dumanlı Kaynakları ise çalışmaya konu olan alanın dışında bulunan çeşitli komşu havzalardan beslenmektedir. Bu itibarla Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölü'ne aktarılması projesinin Manavgat Çayı'nın genel rejimini değiştirecek bir etkisi bulunmadığı sonucuna ulaşıldığından, su transferi etkilerini içeren optimizasyon çalışmasının, kullanıcıların ve su yönetiminde söz sahibi uzmanların tercihlerini de yansıtacak şekilde alıcı havza olan Beyşehir Gölü için yapılmasının en uygun seçenek olduğu değerlendirilmektedir.

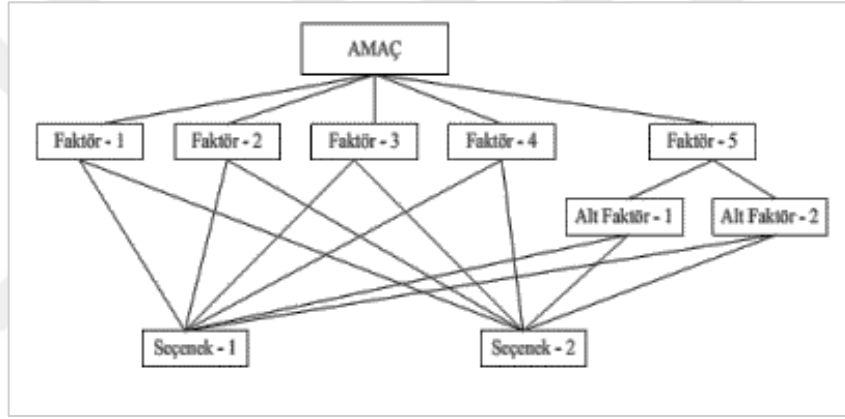
HAVZALAR ARASI SU TRANSFERİ SEÇENEĞİNİN AHS YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ: BEYŞEHİR GÖLÜ-GEMBOS HAVZASI - MANAVGAT ÇAYI HAVZASI ÖRNEĞİ

3.1 Giriş

Havzalar arası su transferinde, havza içerisindeki su kaynaklarının iletimden önce ve sonraki durumları dikkatli bir şekilde değerlendirilmeli ve çevresel, sosyal ve ekonomik yönden ayrıntılı analizleri gerçekleştirilmelidir. Eğer bu yapılmazsa, havzalar arası su iletiminde beklenen fayda yerine denge halindeki ekosistemlerin bozulmasına sebep olunabilmekte bu ise sosyal, çevresel ve ekonomik problemleri beraberinde getirebilmektedir. Buna göre bu çalışmada, söz konusu projenin etkilemiş olduğu Beyşehir Gölü, Gembos ve Manavgat Havzalarında yaşayan insanlar ile görüşülerek, tercih ve ihtiyaçlarının nasıl etkilendiği, suyun kendileri için önem derecesinin ne olduğu, çok nitelikli karar verme problemlerinde kullanılan tekniklerden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreç Yöntemi (AHS) ile ortaya konulmaya çalışılmıştır. Elde edilen “su önem değerleri” o havzada modelleme ve meteoroloji istasyonlarından alınan ölçüm verileri ile hesaplanan su bütçesi değerleri ile karşılaştırılarak, karar vericilerin sübjektif olabilen hükümleri ile hidrolojik faktörler arasındaki ilişkinin açığa çıkartılması hedeflenmiştir.

AHS yöntemi çok nitelikli karar verme problemlerinde en sık kullanılan tekniklerden biri olup, karar verme problemlerin çözümü amacıyla geliştirilen bir tekniktir. Bu yöntemde karar vericiler öznel ve nesnel görüşlerini beraberce karar sürecine katabilmektedirler (Saaty,2000). Yaklaşımın su kaynakları yönetimi sahasında kullanımı giderek artmaktadır. Havza planlama alanında; risk analizi, paydaş modelleme, grup kararı verme, en uygun havza yönetim stratejisi geliştirme, anlaşmazlık analizi ile çevresel politika tercihlerinin yaygın etkilerini ve ilgili grupları tarafından nasıl algılandığını analiz etmede yöntemden geniş ölçüde yararlanılmaktadır (Yavuz, 2011).

AHS, karmaşık bir karar problemini alt bileşenlerine ayırarak çözmeyi amaçlayan bir yaklaşımdır. Temel prensip ölçütler, alt ölçütler ve seçenekler arasında bir hiyerarşik yapı belirlemek ve seçenekleri birbirleriyle kıyaslamaktır (Şekil 3.1). Söz konusu kıyaslamayı yapan karar vericiler, bu esnada öznel ve nesnel görüşlerini beraberce karar sürecine katabilmektedirler. Bu kıyas yapılırken dikkat edilmesi gereken husus kıyas yapan kişilerin ölçütler ve seçenekler hakkında bilgi sahibi olmasının gerektiğidir. Yöntemin son aşamasını tutarlılık analizi oluşturmaktadır. Bu tutarlılık analizi ile ikili karşılaştırma sonucunda elde edilen değerlerin yani önceliklerin, birbirleri ile olan mantıksal ve matematiksel ilişkisi incelenmekte ve karar vericilerin abartılı değerlendirmeler yapıp yapmadığı değerlendirilmektedir.



Şekil 3.1 AHS yönteminde karar hiyerarşisi genel taslağı yönteminde karar hiyerarşisi genel taslağı

Bu teknik dört aşamada gerçekleştirilmektedir. Bunlar karar hiyerarşisinin kurulması, karar elemanlarının ikili karşılaştırması, karar elemanlarının önceliklendirilmesi ve karar elemanlarının öncelik değerlerinin belirlenmesi adımlarıdır. AHS yönteminde karar vericiler öznel ve nesnel görüşlerini beraberce karar sürecine katabilmeleri bir diğer ifade ile bilginin, deneyimin, bireyin düşüncelerinin ve önsezilerinin mantıksal bir şekilde birleştirilmesi anlamına gelmektedir. Bu noktada dikkat edilmesi gereken husus karar vericilerin konu ile ilgili orta ya da üst seviyede bilgili olmaları ve yine karar vericilerin sorulan sorular ile yönlendirilmemesi gerekliliğidir.

Yöntemin teorik temelleri aşağıda bulunan dört aksiyoma dayanmaktadır (Saaty,2000). Bunlar;

1) Karşılıklı Olma: Eğer bir a kriteri b kriterine göre k kez daha önemli ise, b kriteri de a'ya göre 1/k kez daha önemlidir. Yani $a_{ij}=k$ ise $a_{ji}=1/k$ 'dir.

2) Homojenlik: Birbirinden çok farklı ve karşılaştırılması manasız olan elemanlar karşılaştırılmaz ve tercihler birbirleriyle sınırlı bir ölçekle kıyaslanabilir olmalıdır. AHS'de kullanılan ölçek 1-9 aralığında olduğu için iki eleman arasındaki önem karşılaştırma değerleri de 1/9,1/8,...,1,...,7,8,9 aralığında bir değer alacaktır. Bu çalışmada ikili karşılaştırma matrislerine değer atanmasında, Saaty'nin geliştirmiş olduğu 1-9 ölçeği kullanılmıştır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 AHS yönteminde kriterlerin birbirlerine göre önem değerleri (Saaty,2000)

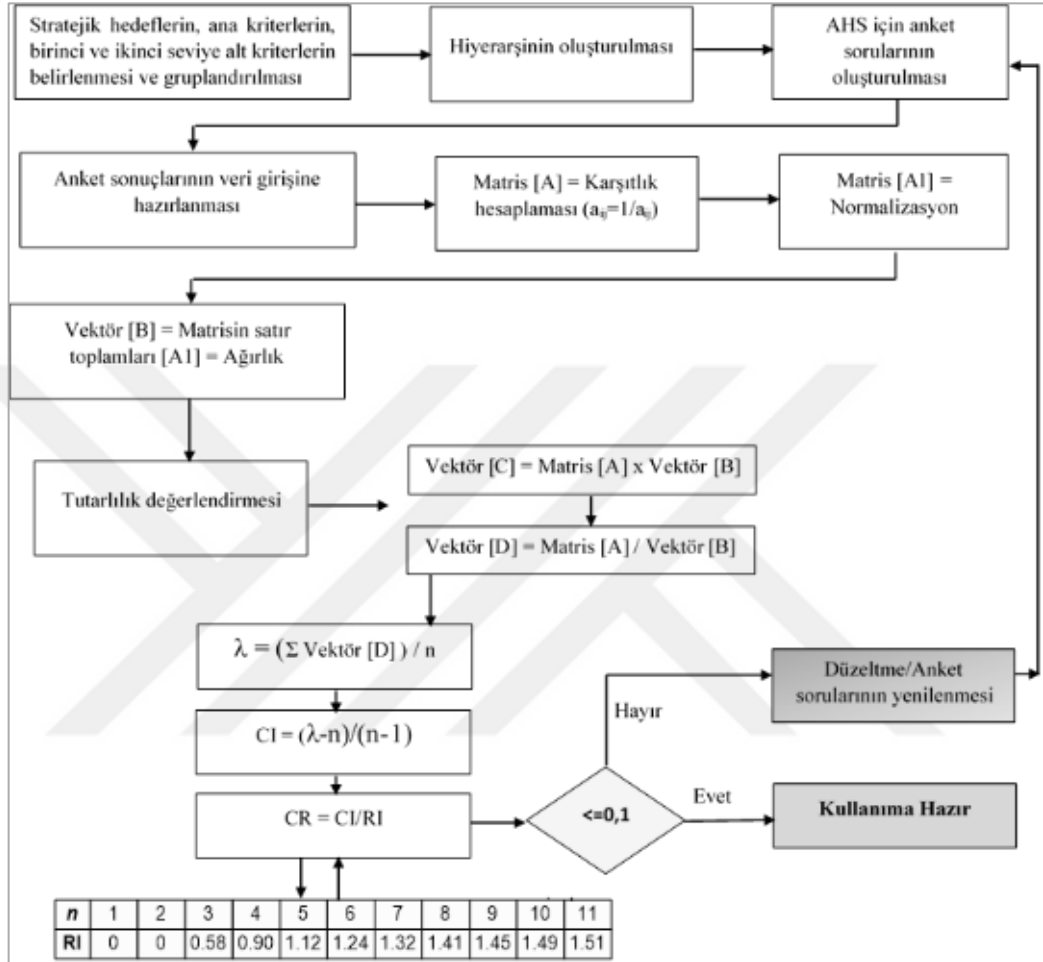
a_{ij}	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki seçenek eşit derecede öneme sahip
3	Biraz önemli	Bir seçenek diğerine karşı biraz daha üstün
5	Kuvvetli derecede önemli	Bir seçenek diğerine karşı oldukça üstün
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir seçenek diğerine göre çok üstün
9	Kesin önemli	Bir seçeneğin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahiptir
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerler

3) Bağımsızlık: Bir seviye ile ilgili olarak verilen kararların alt ve diğer seviyelerden bağımsız olmasına dayanmaktadır.

4) Beklenti: Karar problemi ve AHS'nin hiyerarşik yapısı oluşturulurken, karar vericilerin tüm beklentileri ve düşünceleri iyi analiz edilmelidir. Çünkü farklı alternatif veya kriterler alınarak hiyerarşi oluşturulursa sonuç da değişebilir. Bu yüzden hiyerarşinin ölçütler, alt ölçütler ve alternatifler karar vericinin beklentilerini karşılayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Yapılan karşılaştırmalarda objektif değerlendirmelerin yanı sıra subjektif değerlendirmeler de yer aldığından karşılaştırmalardaki tutarlığın ölçülmesi gerekmektedir. Elde edilen bu tutarlılık oranı 0,10'den küçük olması yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterirken, bu oranın 0,10'den büyük olması karşılaştırmalarda bir tutarsızlığın olduğunu gösterir ve ikili karşılaştırma matrisin tekrar düzenlenmesi gerekir (Dağdeviren vd., 2004). Sonraki aşama ise alternatiflerin sıralanmasıdır. İkili karşılaştırma matrisin oluşturulabilmesi için, alt seviye kriterinin önceliği ile alternatiflerin ilgili kritere göre ağırlığı çarpılır.

Herhangi bir alternatifin sırası tüm ağırlık değerleri toplamıdır. Bu işlem ile alternatiflerin önem dereceleri (sıralamaları) belirlenir. Karar verici bu önem derecelerine göre tercihini yapar. Bu çalışmada uygulanan tüm bu süreçte ait akış şeması Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



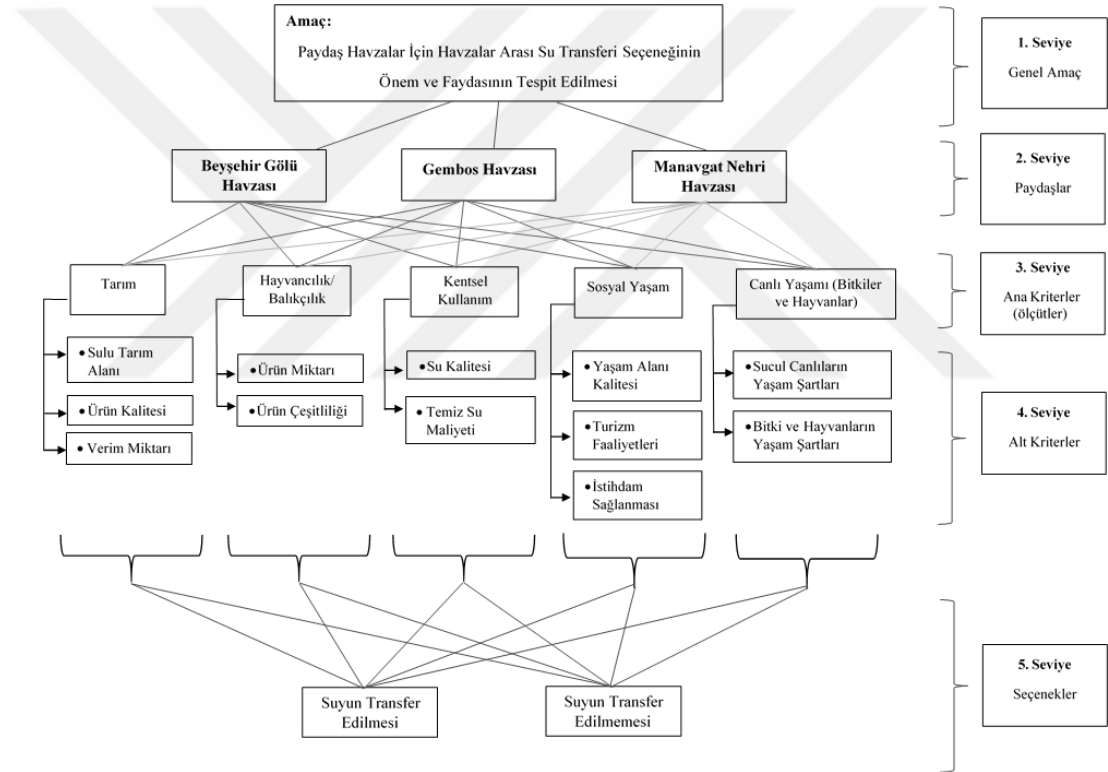
Şekil 3.2 Çalışmada kullanılan AHS yönteminin genel akış şeması

3.2 Modelin Kurulması ve Uygulanması

Hiyerarşinin en üst düzeyi olan Seviye 1’de “Amaç” bulunmaktadır. AHS tekniğine dayalı modellerde amaç tek olduğundan, hiyerarşinin en üst seviyesinde tek bir eleman bulunmaktadır. Amaç elemanının ağırlığı 1’dir. Bu çalışmada havzalar arası su transferi etkilerinin belirlenebilmesi için Şekil 3.3’te sunulan karar hiyerarşisi modeli oluşturulmuştur. Buna göre karar hiyerarşisinin en üst düzeyinde “Paydaş Havzalar İçin Havzalar Arası Su Transferi Seçeneğinin Önem ve Faydasının Tespit Edilmesi” genel amacı bulunmaktadır. Bu doğrultuda belirlenen amaç ile havzalarda yaşayan insanlar için su transferi sonrasındaki

koşulların, su transferi öncesindeki koşullara göre ne derece faydalı/tercih edilebilir olduğunun açığa çıkartılması hedeflenmiştir.

Amaç seviyesinin altında 2.Seviyede “Paydaşlar” seviyesi bulunmaktadır. Karar hiyerarşileri tüm paydaşların değerlendirme sürecine dâhil edildiği durumlarda daha çok etkili olurlar. Bu nedenle hiyerarşik yapı, transferden etkilenen tüm havza paydaşlarını kapsayacak biçimde kurgulanmıştır. Bu çalışmada paydaş havzaları, bu havzalarda yaşayan ve su yönetiminde söz sahibi olan “uzmanlar” ile su yönetiminde söz sahibi olmayan ancak suyu aktif olarak kullanan “halk” temsil etmektedir. Böylece farklı talepleri temsil eden toplumsal kesimlerin tercihlerinin kaynak planlamasına yansıtılması amaçlanmıştır.



Şekil 3.3 Havzalar arası su transferi seçeneğinin önem ve faydası karar hiyerarşisi

Oluşturulan hiyerarşik modelin 3.seviyesinde “Ana Kriterler (Ölçütler)” seviyesi bulunmaktadır. Kriterlerin belirlenmesi sürecinde havzalar arası su transferinin etkileri ile ilgili literatürün yanı sıra, inşaat mühendisliği, istatistik ve biyoloji ile ilgili çalışmalar yapan akademisyenler ile görüşmeler yapılmış, kriterler ve alt kriterler bu çalışmalar neticesinde belirlenmiştir. Kriterlerin belirlenmesinde katılımcılar tarafından ön planda tutulan ve ulusal çalışmalarda yörenin (Beyşehir

Gölü çevresi, Gembos Polyesi, Manavgat Çayı'nın kuzeyi) karakteristik yapısını temsil eden özelliklerin ön plana çıkartılması hedeflenmiştir. Ölçütlerin ağırlıkları toplamı 1'e eşittir. 4.Seviyede ana kriterleri etkileyen "Alt Kriterler" bulunmaktadır. Çalışma kapsamında havzalar arası su transferi neticesinde değişime uğradığı/etkilendiği ön görülen 5 ana kriter ve bu kriterlerin altında toplam 12 alt kriter belirlenmiştir.

Gelinen son noktada, çalışma sahasını kapsayan Beyşehir Gölü, Gembos Polyesi ve Manavgat Çayı Havzalarında, AHS tekniğine uygun olarak hazırlanan anketler, konu ile ilgili bilgi sahibi olan katılımcılara yaptırılmış ve tamamlanmıştır. Anket çalışmaları yüz yüze görüşme yöntemi kullanılarak üç havzada, literatürde daha önce yapılan çalışmalara uygun olarak [(Mardle ve Herreo, 2004) (Begicevic vd., 2007) (Gürün, 2015) (Üke,2016)] toplam 70 katılımcı ile yapılmıştır. Bu kişiler havzalarda su yönetiminde söz sahibi olan yetkililer ve üniversitelerde görev alan akademisyenler gibi profesyonellerin oluşturduğu "uzman" ve havzalarda suyu doğrudan kullanan ve su yönetiminde doğrudan söz hakkı olmayan çiftçiler, balıkçılar, doğa turizmi çalışanları, sulama birliği üyeleri gibi kişilerin bulunduğu "halk" kategorilerine ayrılmıştır. Katılımcı gurupların tamamı için AHS yöntemi dâhilinde yaptıkları kıyaslamalar, tutarlılık analizi sonucunda "tutarlı" olarak hesaplanmış olup bu bakımdan sonuçlar kullanılabilir niteliktedir.

Literatür araştırması ile havzalar arası su transferinin paydaş havzalarda çok sayıda faktörün değişimine etki ettiği ve bu değişimlerin şiddeti ve/veya büyüklüğünün "zamana ve mekâna" göre önemli farklılıklar göstermekte olduğuna ilişkin çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Biswas (1983) su transfer projeleri söz konusu olduğunda fiziksel sistem, biyolojik sistem ve toplumsal sistemdeki değişimlerin dikkatli bir şekilde irdelenmesi gerektiğini bildirmiştir. Lund vd. (1995) havzalar arası su transferi projelerinin fiziksel, biyolojik ve toplumsal sistemde meydana getirdiği olumsuz etkileriyle birlikte kimi yararlarının da söz konusu olduğu belirtmişlerdir.

Çalışma kapsamında oluşturulan AHS modelinin 5 ana kriteri "Tarım", "Hayvancılık/Balıkçılık", "Kentsel Kullanım", "Sosyal Yaşam", "Bitki ve Hayvan (Canlı Yaşamı) Yaşamı" kriterleridir. Bir önceki paragrafa uygun olarak, havzalar

arası su transferi ile değişime uğrayan bu 5 ana kriter aynı zamanda, bir havzada su potansiyelinin harcanabileceği ana faktörleri temsil etmektedir.

- **Tarım Ana Kriteri:** Bir su transferi projesinin etkileyebileceği kriterler arasında olan ve çalışma kapsamında bulunan havzalarda yaşayan insanlar için, su ihtiyacının en çok duyulduğu faaliyetlerden birisi sulu tarım faaliyetleri olmaktadır. Nitekim Beyşehir Gölü su bütçesini zorlayan en büyük faktör sulu tarım yapılması için gölden çekilen ve Konya Ovası'na gönderilen su miktarı olmaktadır (Doğan ve şanlı, 2018). Bu nedenle tarım kriteri su transferi başarısını etkileyen ana unsurlardan biri olarak değerlendirilmiştir. Tarım ana kriterinin altında, tarım faktöründeki başarıyı doğrudan etkilediği değerlendirilen “sulu tarım alanı”, “ürün kalitesi” ve “verim miktarı” alt kriterleri bulunmaktadır.
- **Balıkçılık/Hayvancılık Ana Kriteri:** Paydaş havzalardan birinde bulunan Beyşehir Gölü'nde yürütölen en büyük ekonomik faaliyetlerden biri balıkçılık faaliyetidir. Hem Beyşehir ilçesinde hem de göl çevresinde bulunan çeşitli yerleşim birimlerinde endüstriyel balıkçılık geçim kaynaklarından birini oluşturmaktadır (Sodan, 2006). Suyun hayvancılık faaliyetlerindeki kullanımı ise doğrudan kullanıma ek olarak, özellikle besi yemi üretiminde ve mera alanlarının verimli kullanımında/ıslah edilmesinde ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle bu kriterin su transferi ile değişime uğrayabileceği ve suyun kullanım tercihleri söz konusu olduğunda ana kriter olarak kullanılabileceği değerlendirilmiştir.
- **Kentsel Kullanım Ana Kriteri:** Paydaş havzalar arasında hem Beyşehir Gölü hem Manavgat Çayı çevresinde suyun kentsel faaliyetler kapsamında kullanımı yaygındır. Göl çevresinde endüstriyel amaçlı su kullanan tekstil fabrikaları da mevcuttur. Nüfus projeksiyonlarına göre 2040 yılında gölden içme suyu ihtiyacını karşılayacak insan sayısının yaklaşık 60.000 kişi olması beklenmektedir. Manavgat Çayı çevresi ise turizm kaynaklı nüfusun artış gösterdiği bölgelerimizdendir. Havzalar arası su transferi projeleri ile kentsel kullanım için ihtiyaç duyulan suyun maliyetinde azalma olması söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle bu ana kriterin altında “Su Kalitesi” ve “Temiz Su Maliyeti” alt kriterleri bulunmaktadır.

- Sosyal Yaşam Ana Kriteri: Havzalar arası su transferi etkilerinden birisi de toplumsal sistemde meydana gelen değişimler olmaktadır (WWF, 2012). Suyu azalan havzalarda ekonomisi sulu tarıma, balıkçılık ve rekreatif alanların varlığı nedeniyle turizm gelirlerine dayanan kırsal alanlarda ürün veriminde azalma, balıkçılık faaliyetlerinin sona ermesi, turizm gelirlerinde azalma vb. nedenlerle ciddi ekonomik problemler yaşanabilmektedir (COWWM, 1992). Bunun aksi yönünde kendisine su transfer edilen havzada ise daha olumlu sosyal/toplumsal etkiler olacağı değerlendirilebilir. Bunlara ek olarak özel bir durum olarak su alıcı havzada bulunan Beyşehir Gölü gibi bir gölün varlığı, sosyal getirilerin artmasında kaldıraç etkisi yaratabilmektedir. Kracman (2012) yapmış çalışmada göl su seviyesi ile gölden elde edilecek turizm/rekreasyon getirileri arasında bir bağ kurmuş, su seviyesinin belli bir değere kadar yükselmesi halinde sosyal faydaların artacağını göstermiştir. Buna göre, bu çalışmada da bu yaklaşımlardan yola çıkılarak su transferi etkilerinin sosyal yönünü ön plana çıkaracak “Yaşam alanı kalitesi”, ”Turizm faaliyetleri” ve “istihdam sağlanması” alt kriterleri hiyerarşik modele eklenmiştir.
- Canlı Yaşamı Ana Kriteri: Çalışma kapsamında değerlendirilen havzalar arası su transferinin etkilediği ana unsurlardan sonuncusu “Canlı Yaşamı” olarak seçilmiştir. Literatürde havzalar arası su transferinin biyolojik sistemleri etkilemekte olduğu kabul gören bir husustur. Bu çalışma kapsamında da su transferinden etkilenen havzalarda yaşayan halkın çevrelerindeki doğal yaşamda değişiklik algılayıp algılamadıkları tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu kriter de diğer ana kriterler ile kıyaslanarak, insanların havzalarında bulunan su kaynaklarının ne oranda doğal yaşamı koruyacak şekilde kullanılmasını istedikleri hususu belirlenmek istenmiştir.

Bu çalışma dâhilinde oluşturulan AHS modeli kapsamında, karar vericilerin bu faktörleri birbirleri ile kıyaslamaları sağlanmıştır. Böylece karar vericiler, havzalarında bulunan su potansiyelinin kendilerince ideal olarak nasıl paylaştırılması gerektiğini de belirlemişlerdir. Elde edilen öncelik vektörü ile su transferinden etkilenen havzalar için bu 5 faktörün yüzdesel önem dağılımları belirlenmiş (faktörler toplamı %100), bu dağılım değerleri daha sonra GAMS ile oluşturulan optimizasyon modelinde kullanılmıştır.

3.3 Veri Toplama Aşaması

AHS çalışmaları kapsamında yapılan veri toplama işlemleri yüz yüze anket yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Karar vericiler, genel olarak saha gezileri öncesinde ilgili havzada bulunan kuruluşlar, sulama birlikleri, ziraat odaları, başkanlıklar aranarak bu çalışma hakkında bilgi vermek sureti ile randevu alınarak belirlenmiştir. Anketler bizzat karar vericiler tarafından doldurulmuştur. Anket çalışmalarında yer alan kişilere öncelikle çalışma genel bir çerçevede anlatılmış, AHS yöntemi tanıtılmış ve anket sorularının değerlendirme mantığı açıklanmıştır.

Toplam anket yapılan katılımcı sayısı 70 olup, bunun 30'u Beyşehir (20 uzman, 10 halk), 30'u Manavgat (20 uzman 10 halk), 10'u Gembos Havzası (10 halk) katılımcılarından oluşmaktadır. AHS yönteminin uygulanabilirliği için katılımcı olarak belirlenen uzman ve halk vasfına kişilerin, su transferinden etkilenen Beyşehir, Gembos ve Manavgat Havzalarını tanıyan, bu havzaların coğrafyası, sosyal yapısı, geçim kaynakları vb. durumlar hakkında orta seviyede bilgi sahibi olan kişiler olmasına dikkat edilmiştir. Bu nedenle nüfus ve gelişmişlik olarak diğer havzalardan geri durumda olan Gembos Havzası'nda katılımcı olarak halk vasfındaki 10 kişi uygun görülmüştür. Bu kişilerin görüşleri yalnızca "Genel" değerlendirme kategorisinde kullanılmıştır.

Anket formunun ilk ve en önemli sorusunda, karar vericilerden havzalarında bulunan su kaynaklarını kullanan ana faktörlerinin birbirlerine göre önem derecelerinin belirlenmesi istenmiştir. Bu soru ile elde edilen değerler daha sonra GAMS ile hazırlanacak optimizasyon modelinde de kullanılacağından, en önemli değerlendirme bu soruda yapılmıştır. İlgili anket sorusu AHS metodolojisine uygun olacak şekilde tercih faktörlerinin ikili karşılaştırılmalarının puanlanması ilkesine dayanmaktadır.

Şekil 3.4 'de verilen örneğe göre ilk satırda, karar verici kişi havzasında bulunan su potansiyelinin "Sulu Tarım" için kullanılmasının "Kentsel Kullanım" için kullanılmasına göre çok daha önemli olduğunu değerlendiriyorsa sol taraftaki 7 sayısını işaretlemektedir. 2.Satırda karar verici bu defa "Sulu Tarım" ile "Doğal Hayat" faktörlerini kıyaslayacaktır. Örnekte su potansiyelinin doğal hayat için ayrılmasının sulu tarıma göre biraz daha önemli olduğunu düşünen karar verici

sağdaki 3 sayısını işaretleyecektir. En altta ise kentsel kullanım ile doğal hayat faktörlerinin kıyası yapılmaktadır. Böylece kullanıcı tüm faktörleri birbirleri ile çapraz olarak kıyaslayarak ortaya bir kıyas matrisi çıkmasını sağlamaktadır.

Sulu Tarım	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kentsel Kullanım
Sulu Tarım	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Doğal Hayat
Kentsel Kullanım	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Doğal Hayat

Şekil 3.4 Çalışma kapsamında uygulanan ankette bulunan ikili karşılaştırmalara örnek

3.4 Kıyas/Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Çalışma kapsamında kıyası yapılan beş ana faktör bulunmaktadır. Bunlar;

- Sulu Tarım
- Hayvancılık/Balıkçılık
- Kentsel Kullanım
- Sosyal Yaşam
- Bitki ve Hayvan Yaşamı (Doğal Hayat)

faktörleridir. Anket yapılan uzman ve halk grupları bu ana kriterleri birbirleri ile kıyaslamışlar ve kıyas puanlarının ortalamaları normalize edilerek ortaya 5x5 boyutunda “A” karşılaştırma matrisi çıkmıştır. Denklem 3.1’de gösterilen karşılaştırma matrisinin köşegenleri üzerindeki bileşenler yani $i=j$ olduğunda, 1 değerini alırlar. Çünkü bu durumda ilgili faktör kendisi ile kıyaslanmaktadır. Faktörlerin karşılaştırılması, birbirlerine göre sahip oldukları önem değerlerine göre birebir ve karşılıklı yapılıdır. Çalışma sonucu ortaya çıkan ikili karşılaştırma matrislerine ait tablolar Tablo 3.2’de bulunmaktadır.

Örneğin genel durumda birinci faktör olan “Sulu Tarım” kriteri, üçüncü faktör olan “Kentsel Kullanım” a göre “biraz önemli” görülmüştür. Bu durumda karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni A13, 3 değerini

almıştır. Karşılaştırmaların karşılıklı olması ilkesi geçerli olduğundan “Kentsel Kullanım” faktörünün “Sulu Tarım” ’a göre önemi 1/3 değerini almıştır (Denklem 3.2).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (3.2)$$

Çalışma neticesinde toplam 5 adet karşılaştırma tablosu elde edilmiştir. Bunlar havzalarda anket yapılan tüm kişilerin görüşlerinin yer aldığı “Genel Durum”, havzalarda yalnızca “Halk” niteliğinde bulunan kişilerin görüşlerinin yer aldığı Tablo, havzalarda “Uzman” niteliğinde bulunan kişilerin görüşlerinin yer aldığı Tablo, sadece Beyşehir Havzası katılımcılarının yer aldığı tablo ve sadece Manavgat Havzası katılımcılarının yer aldığı tablolardır. Bu tabloların sayısı kullanıcı tercihinine göre çeşitlendirilebilmektedir. Gembos Havzası katılımcıları ile yapılan anketlerin sonuçları uzman ve halk gruplarına eklenmiş ve nitelikli bölgesel katılımcı sayısı diğer havzalara göre az kaldığından Gembos Havzası için ayrıca bir Tablo oluşturulmamıştır. Manavgat ve Beyşehir Havzalarına ait karşılaştırmalar Tablo 3.3 ’de bulunmaktadır.

Tablo 3.2 Ana kriterler için elde edilmiş karşılaştırma tabloları ((a):Genel durum, (b): Halk vasfındaki katılımcılara göre, (c): Uzman vasfındaki katılımcılara göre)

GENEL DURUM	Su Kullanım Tercihleri	Sulu Tarım	Balıkçılık/ Hayvancılık	Kentsel Kullanım	Sosyal Yaşam	Doğal Hayat
	Sulu Tarım	1	8	3	4	2
	Balıkçılık/ Hayvancılık	0,13	1	0,5	0,5	0,20
	Kentsel Kullanım	0,33	2	1	1	0,33
	Sosyal Yaşam	0,25	2	1	1	0,5
	Doğal Hayat	0,5	5	3	2	1

(a)

HAYZA HALKI	Su Kullanım Tercihleri	Sulu Tarım	Balıkçılık/ Hayvancılık	Kentsel Kullanım	Sosyal Yaşam	Doğal Hayat
	Sulu Tarım	1	8	6	7	2
	Balıkçılık/ Hayvancılık	0,13	1	2	0,5	0,14
	Kentsel Kullanım	0,17	0,50	1	0,20	0,11
	Sosyal Yaşam	0,14	2	5	1	0,25
	Doğal Hayat	0,50	7	9	4	1

(b)

UZMANLAR	Su Kullanım Tercihleri	Sulu Tarım	Balıkçılık/ Hayvancılık	Kentsel Kullanım	Sosyal Yaşam	Doğal Hayat
	Sulu Tarım	1	8	2	3	1
	Balıkçılık/ Hayvancılık	0,13	1	0,2	0,5	0,3
	Kentsel Kullanım	0,5	5	1	3	1
	Sosyal Yaşam	0,33	2	0,33	1	1
	Doğal Hayat	1,0	4	1	1	1

(c)

Tablo 3.3 Ana kriterler için elde edilmiş karşılaştırma tabloları ((a):Beyşehir Havzası katılımcılarına göre, (b): Manavgat Havzası katılımcılarına göre)

BEYŞEHİR	Su Kullanım Tercihleri	Sulu Tarım	Balıkçılık/ Hayvancılık	Kentsel Kullanım	Sosyal Yaşam	Doğal Hayat
	Sulu Tarım	1	8	4	6	1
	Balıkçılık/ Hayvancılık	0,13	1	0,33	1	0,25
	Kentsel Kullanım	0,25	3	1	2	0,50
	Sosyal Yaşam	0,17	1	0,50	1	0,50
	Doğal Hayat	1	4	2	2	1

(a)

MANAVGAT	Su Kullanım Tercihleri	Sulu Tarım	Balıkçılık/ Hayvancılık	Kentsel Kullanım	Sosyal Yaşam	Doğal Hayat
	Sulu Tarım	1	8	1	2	1
	Balıkçılık/ Hayvancılık	0,13	1	0,5	1	0,25
	Kentsel Kullanım	1	2	1	1	0,33
	Sosyal Yaşam	0,5	2	1	1	0,33
	Doğal Hayat	1	4	3	3	1

(b)

Elde edilen ikili karşılaştırma matrislerinden yola çıkılarak çalışma alanında hem uzmanlar hem de halk için “Sulu Tarım” ana kriterinin diğer ana kriterlere göre çok daha büyük öneme sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Ancak bu yönelim halkı temsil eden kullanıcılarda daha belirgindir.

Sonuçlar havza bazlı değerlendirildiğinde ise Beyşehir Gölü Havzası’nda yaşayan kişilerin, “Sulu Tarım” faktörüne, Manavgat Havzası’nda yaşayan kişilerden daha çok önem verdiği görülmektedir.

Kıyaslamada sulu tarıma en çok yaklaşan kriter “Doğal Hayat” kriteri olmuştur. Neredeyse tüm kıyaslama türlerinde doğal hayat faktörü ile sulu tarım faktörü eşit derecede önemli bulunmuşlardır. Sadece havza halkının tek başına değerlendirildiği kıyaslama türünde sulu tarım faktörü, doğal hayat faktörüne göre çok az önemli olarak değerlendirilmiştir.

Uzmanlar ile halk arasında en farklı kıyas değerleri “Sosyal Yaşam” ve “Kentsel Kullanım” kriterlerinin diğer kriterler ile kıyaslanmasında ortaya çıkmıştır. Buna göre halkı temsil eden katılımcılar su potansiyelinin kentsel kullanım için kullanımını birçok kıyaslamada önemsiz bulurken, uzmanlar açısından suyun kentsel kullanım için kullanılması çok daha önem arz etmiştir. Sosyal yaşam faktörünün değerlendirilmesinde de uzmanlar ve halk katılımcıları arasında farklılıklar oluşmuştur.

Manavgat Çayı Havzası ile Beyşehir Gölü Havzası katılımcıları arasındaki değerlendirme farklarına bakıldığında ise en büyük farkın “Sosyal Yaşam” faktörünün kıyaslanmasında olduğu görülmektedir. Buna göre Manavgat Çayı Havzası katılımcıları sosyal yaşam faktörüne Beyşehir Gölü Havzası katılımcılarından daha çok önem vermektedir. Özellikle sosyal yaşam faktörünün sulu tarım faktörü ile kıyasında bu farklılık belirginleşmektedir.

Manavgat Çayı Havzası katılımcıları ile Beyşehir Gölü Havzası katılımcıları arasındaki diğer bir fark “Doğal Hayat” faktörünün kıyaslanmasında ortaya çıkmıştır. Manavgat Çayı Havzası katılımcıları, suyun doğal hayat faktörü için kullanımının daha önemli olduğunu yansıtmışlardır.

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde Manavgat Çayı Havzası’nda var olan yüksek turizm olanaklarının ve Beyşehir Gölü kaynaklı yürütülen yoğun

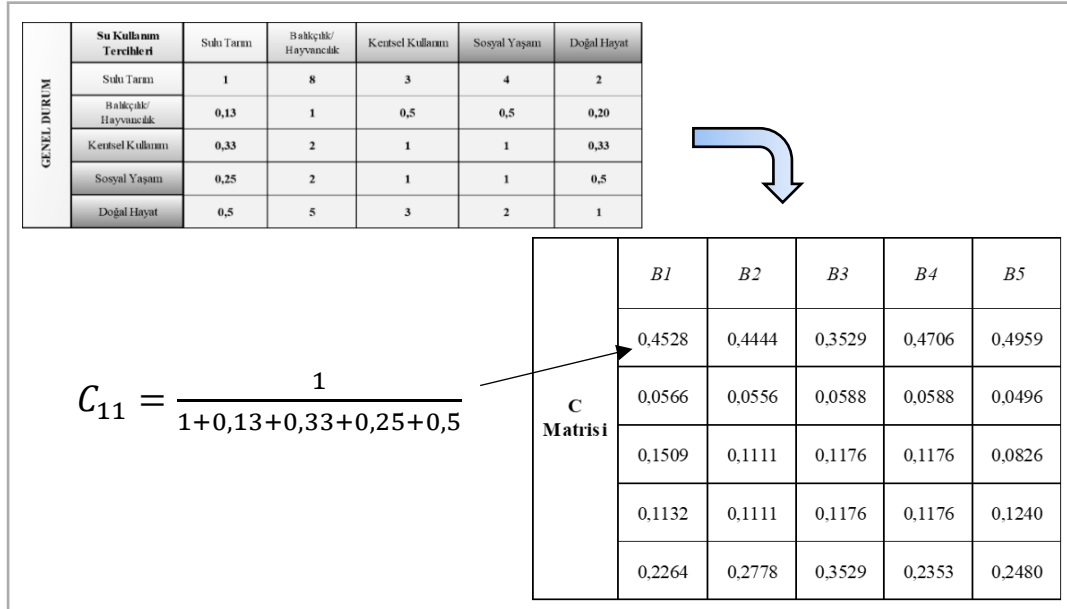
tarım faaliyetlerinin cevaplara yansıdığı bu itibarla oluşturulan kıyas matrisleri ile havzalarda yaşayan insanların yaşam şartlarının su kullanım tercihlerine olan etkisinin temsil edilmiş olduğu değerlendirilmektedir.

3.5 Faktörlerin Yüzde Önem Dağılımlarının ve Öz Vektör Değerlerinin Belirlenmesi

Karşılaştırma matrisi, faktörlerin birbirlerine göre önem seviyelerini belirli bir mantık içerisinde göstermektedir. Yüzde önem dağılımlarını belirlemek için, karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörlerinden yararlanılır ve n adet ve n bileşenli B sütun vektörü oluşturulur. B sütun vektörleri birleşerek faktörlerin yüzde önem dağılımlarını veren C matrisini oluştururlar. B sütun vektörü elemanları Denklem 3.3 'te bulunan formül ile hesaplanırlar.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3.3)$$

Çalışma kapsamında Tablo 3.1'de bulunan "Genel Durum" kıyas matrisi kullanılarak B sütun vektörlerinin elde edilmesi ve bu sütun vektörleri birleştirilerek C yüzde önem matrisinin elde edilmesine ilişkin örnek bir işlem Şekil 3.5'deki gibidir;

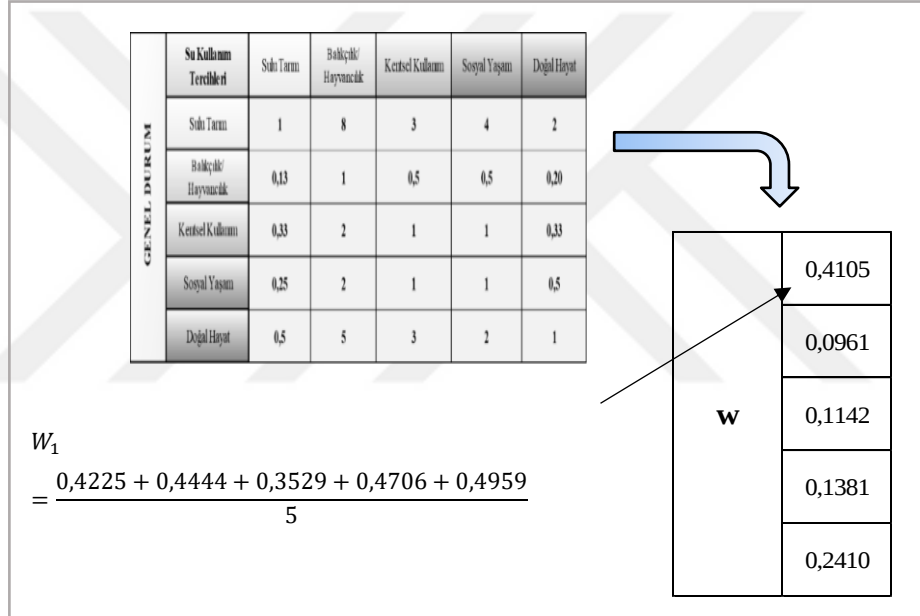


Şekil 3.5 Karşılaştırma matrislerinden yüzdesel önem matrislerinin elde edilmesi

Ana faktörlerin değerlendirildiği son adımda ise C matrisinden yararlanarak, faktörlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren yüzde önem dağılımları elde edilir. Bunun için aşağıda Denklem 3.4’ te gösterildiği gibi C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınır ve “Öncelik Vektörü” olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir.

$$W_j = \frac{\sum_{i=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3.4)$$

Çalışma kapsamında “Genel Durum” için Şekil 3.5’de elde edilen C yüzdesel önem matrisi kullanılarak W öncelik vektörünün (görelî önem vektörü) elde edilişi Şekil 3.6’ da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Yüzdesel Önem Matrislerinden Görelî Önem Vektörlerinin Elde Edilmesi

Buna göre daha önce elde edilen 5 adet kıyas matrisine uygun olarak 5 adet görelî önem vektörü elde edilmiş, böylece ana kriterlerin birbirlerine göre ne derece önemli olduğu ortaya çıkarılmıştır. Genel durum için uzman nitelikli katılımcılar ve halk kategorisinde bulunan katılımcıların kıyas değerlerine göre elde edilen öncelik (görelî önem) vektörleri Tablo 3.4’ de, Beyşehir Gölü ve Manavgat Havzası’nda yaşayan katılımcıların kıyas değerlerine göre elde edilen öncelik (görelî önem) vektörleri Tablo 3.5’de sunulmuştur.

Tablo 3.4 Genel durum, Halk ve Uzman kategorisinde bulunan kişiler için öncelik vektörleri

Öncelik Vektörü Tüm Havzalar	Su Kullanım Tercihleri	Genel	Halk	Uzm.
	Sulu Tarım	0,4433	0,4664	0,3525
	Balıkçılık/ Hayvancılık	0,0559	0,0572	0,0547
	Kentsel Kullanım	0,1160	0,0408	0,2446
	Sosyal Yaşam	0,1167	0,1099	0,1269
	Doğal Hayat	0,2681	0,3257	0,2213
	Toplam Σ	1,0000	1,0000	1,0000

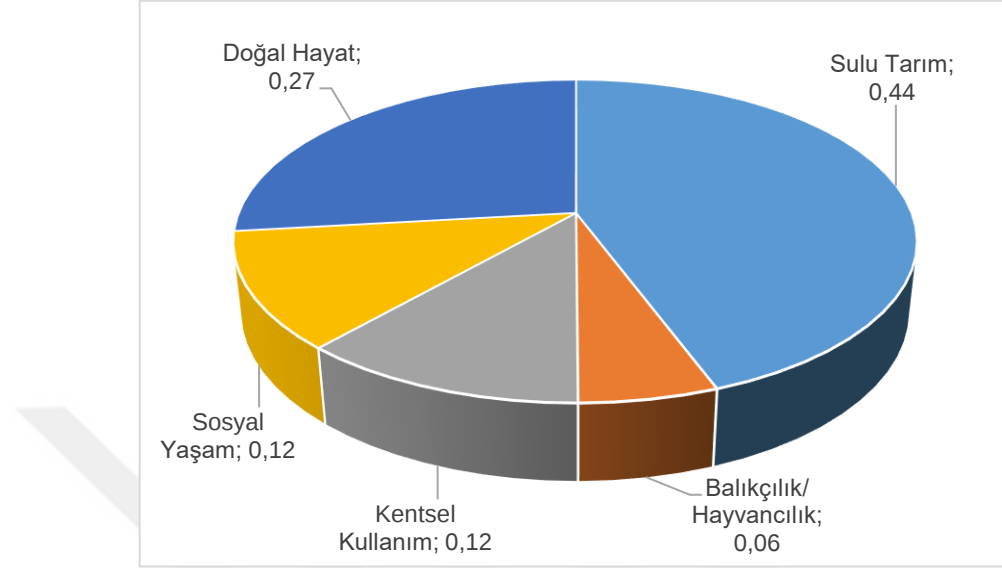
Tablo 3.5 Beyşehir Gölü Havzası, Manavgat Çayı Havzası ve genel durum için öncelik vektörleri

Öncelik Vektörü	Su Kullanım Tercihleri	BEYŞEHİR	MANAVGAT	GENEL
	Sulu Tarım	0,4365	0,3020	0,4433
	Balıkçılık/ Hayvancılık	0,0622	0,0645	0,0559
	Kentsel Kullanım	0,1446	0,1590	0,1160
	Sosyal Yaşam	0,0851	0,1314	0,1167
	Doğal Hayat	0,2717	0,3431	0,2681
	Toplam Σ	1,00	1,00	1,00

Buna göre elde edilen vektörler ile çalışma alanımızda bulunan Beyşehir Gölü Havzası ile Manavgat Çayı Havza'sında yaşayan insanların görüşlerine göre su potansiyelinin en faydalı olacak şekilde hangi oranlarda paylaşılması gerektiği sorusu cevap bulmaktadır. Bir başka deyişle öncelik vektörü, karar vericilerin ana faktörlere ne derece önem yüklediğini göstermektedir. Tablo 3.4 ve Tablo 3.5 incelendiğinde tüm terimlerin toplamının 1'e eşit olduğu görülmektedir. Öncelik vektörü terimleri yukarıdan aşağıya "Sulu Tarım", "Balıkçılık/Hayvancılık",

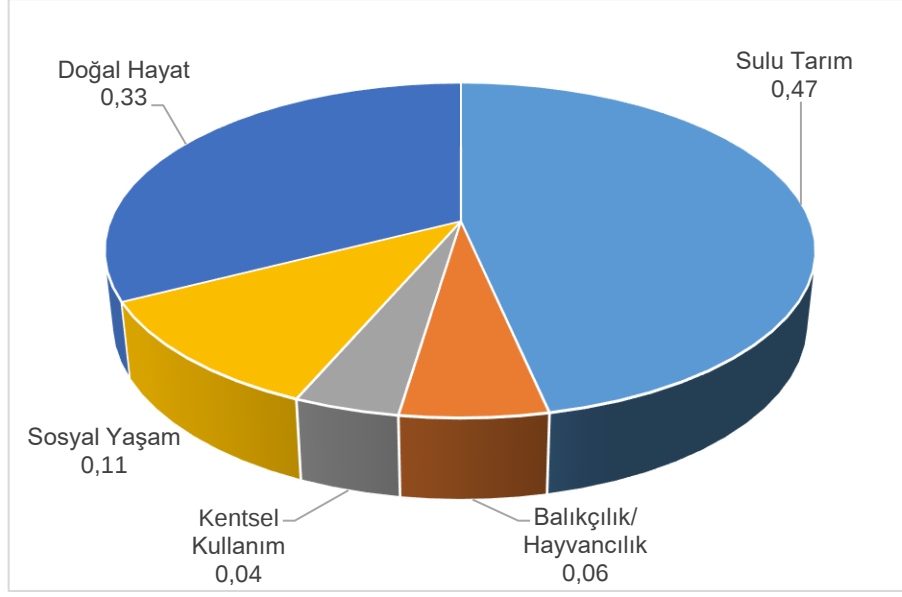
“Kentsel Kullanım”, “Sosyal Yaşam” ve “Doğal Hayat” faktörlerinin değerini ifade etmektedir.

Elde edilen öncelik vektörlerine ilişkin değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.



Şekil 3.7 Tüm havzalarda tüm katılımcılara göre faktörlerin önem dağılımı

Şekil 3.7’de çalışma alanımızı kapsayan üç havzanın genelinde uzman ve halk niteliğindeki katılımcıların tamamına göre suyun hangi faktörler için kullanılmasının daha önemli olduğunu gösteren önem dağılımı grafiği sunulmuştur. Buna göre %44 ile havzalarda yaşayan tüm insanlara göre su potansiyelinin en fazla sulu tarım faaliyetleri için kullanılması önem arz etmektedir. Bir başka deyişle katılımcıların tamamına göre harcanan her birim su hacmi için en büyük fayda sulu tarım faaliyetlerinden elde edilmektedir. Bu faktörü %27 ile su potansiyelinin doğal hayat (canlı yaşamı, doğal güzelliklerin korunması vb.) için kullanılması izlemektedir. Su potansiyelinin sosyal yaşam (turizm, rekreasyon vb.) için kullanımı ile kentsel kullanım için değerlendirilmesi %12 ile aynı önem derecesine sahip olmuştur. Genel durumda %6 ile en düşük önem değerini suyun balıkçılık/hayvancılık faaliyetleri için kullanımı almıştır.

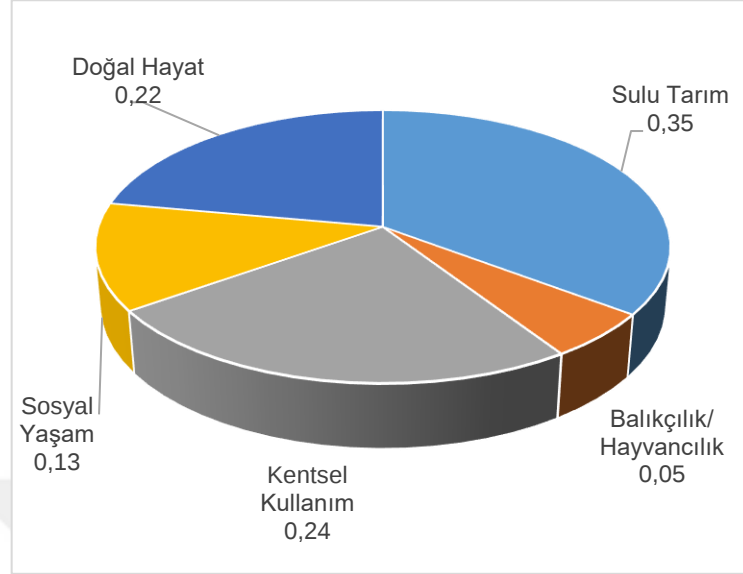


Şekil 3.8 Tüm havzalarda halk niteliğindeki katılımcılara göre faktörlerin önem dağılımı

Şekil 3.8’de çalışma alanımızı kapsayan üç havzanın genelinde sadece halk niteliğindeki katılımcılara (suyu kullanan ancak yönetiminde söz sahibi olmayan kullanıcılar) göre suyun hangi faktörler için kullanılmasının daha önemli olduğunu gösteren önem dağılımı grafiği sunulmuştur. Buna göre suyu kullanan ancak yönetiminde söz sahibi olmayan katılımcılara göre %47 ile su potansiyelinin en fazla sulu tarım faaliyetleri için kullanılması önem arz etmektedir. İkinci sırada ise %33 ile suyun doğal hayat için kullanımı yer almaktadır. Bu sıralama genel durumda gözlenen sıralama ile benzerlik taşımaktadır.

Genel durum ile halk niteliğindeki katılımcıların önem değerleri kıyaslandığında en büyük fark su potansiyelinin kentsel kullanım için ayrılması hususunda gözlemlenmektedir. Buna göre suyu kullanan ancak yönetiminde söz sahibi olmayan kişiler su hacminin kentsel kullanım için kullanılmasını genel durumdan %8 daha az yani sadece %4 oranında önemli olduğunu değerlendirmektedir. Elde edilen sonuçlara göre su potansiyelinin sulu tarım için kullanılmasına verilen önem halka göre genel durumdan %3 kadar daha önemlidir (%47), suyun doğal hayat için kullanılması gerektiği halka göre genel durumdan % 6 daha önemlidir (%33). Buna göre halk niteliğindeki katılımcılara göre su potansiyelinin, sulu tarım ve doğal hayat için kullanılması genel durum ortalamasının üzerinde önemli, suyun sosyal yaşam, kentsel kullanım ve balıkçılık/hayvancılık faaliyetleri

için kullanılması genel durum ortalamasının altında önemli olarak değerlendirilmektedir.



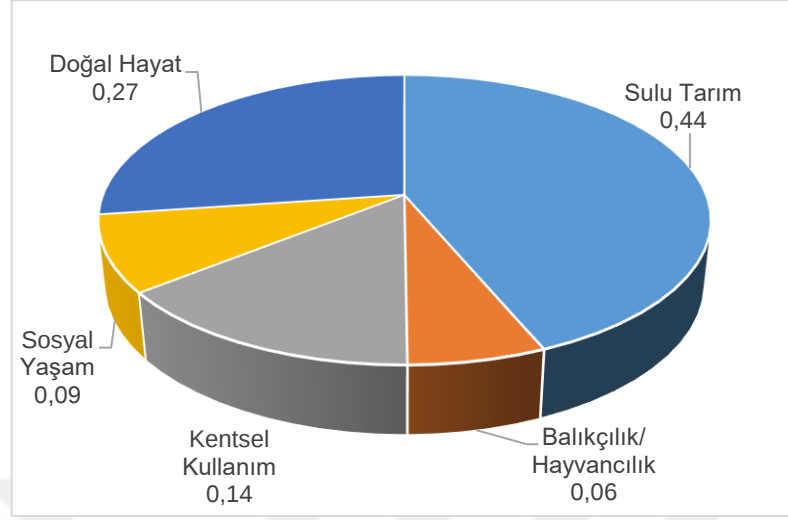
Şekil 3.9 Tüm havzalarda uzman niteliğindeki katılımcılara göre faktörlerin önem dağılımı

Şekil 3.9’da çalışma alanımızı kapsayan üç havzanın genelinde sadece uzman niteliğindeki katılımcılara (suyun yönetiminde söz sahibi ve/veya akademik seviyede bulunan kullanıcılar) göre suyun hangi faktörler için kullanılmasının daha önemli olduğunu gösteren önem dağılımı grafiği sunulmuştur. Buna göre uzman niteliğindeki katılımcılara göre %35 ile su potansiyelinin en fazla sulu tarım faaliyetleri için kullanılması önem arz etmektedir. İkinci sırada ise %24 ile suyun kentsel kullanım için harcanması yer almaktadır.

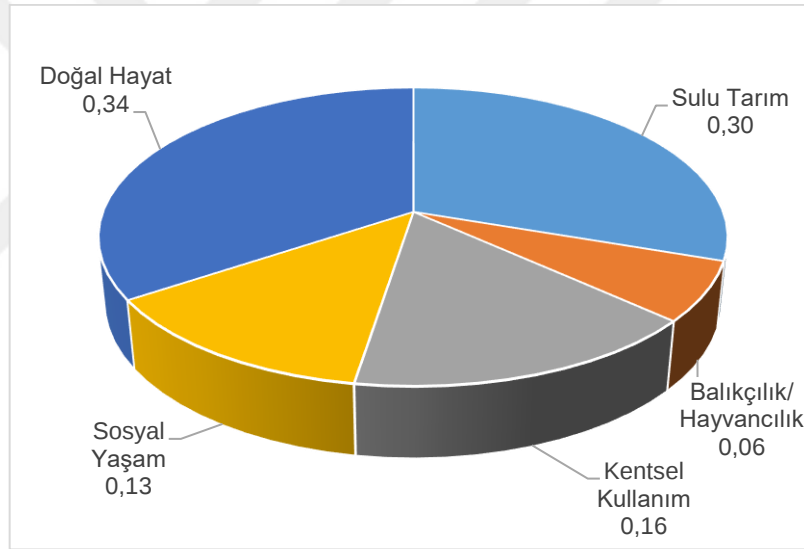
Elde edilen sonuçlara göre uzman niteliğindeki katılımcılar ile halk niteliğindeki katılımcıların su potansiyelinin paylaşımı hususunda verdikleri önem değerleri ve sıralamaları farklılık göstermektedir. Uzman niteliğindeki kullanıcılara göre su hacminin kentsel kullanım için kullanılması, halk niteliğindeki katılımcılara göre 6 kat daha fazla önem taşımaktadır. Halk niteliğindeki katılımcılar, uzman niteliğindeki katılımcılara göre doğal hayat faktörüne %11 daha fazla önem vermektedir.

Uzman niteliğindeki katılımcılar genel duruma kıyasla kentsel kullanım ve sosyal yaşam faktörlerine ortalamanın üstünde önem vermişlerdir. Diğer tüm faktörlerde genel durum ortalamasının altında kalmışlardır. Uzman niteliğindeki kullanıcılar

da halk niteliğindeki kullanıcılara benzer olarak en az önemi balıkçılık/hayvancılık faktörüne vermişlerdir.



(a)



(b)

Şekil 3.10 (a) Beyşehir Gölü Havzası katılımcılarına göre faktörlerin önem dağılımı (b) Manavgat Çayı Havzası katılımcılarına göre faktörlerin önem dağılımı

Şekil 3.10'da verilen grafiklerde AHS kullanılarak, Beyşehir Gölü Havzası'nda yaşayan insanlar ile Manavgat Çayı Havzası'nda yaşayan insanların kendi havzalarında bulunan su potansiyelinin paylaşımında hangi faktöre ne kadar önem verdikleri gösterilmektedir. Buna göre havzalarda yaşayan insanların yaşama alışkanlıklarının su kullanımına etki ettiği söylenebilir. Örneğin Beyşehir Gölü Havzası'nda yaşayan kişiler su potansiyelinin sosyal faaliyetler için kullanılması faktörüne %9, doğal hayat için kullanılmasına %27 oranında önem

verirken bu değerler Manavgat Çayı Havzası'nda %13 ve %34 olarak belirlenmiştir. Bunda Manavgat Çayı Havzası'nda var olan turizm faaliyetlerinin etkisi olduğu değerlendirilmektedir.

İki havzada yaşayan insanlar arasında açığa çıkan bir başka fark sulu tarım faaliyetlerine verilen önem ile ilgilidir. Buna göre Beyşehir Gölü Havzası'nda yaşayan insanlar, Manavgat Çayı Havzası'nda yaşayan insanlara göre su potansiyelinin sulu tarım faaliyetlerine ayrılması seçeneğine %14 daha fazla önem vermektedir.

Bu aşamada AHS yöntemi kullanılarak çalışma alanımızda bulunan insanların sahip oldukları su potansiyelini daha çok hangi faaliyetler için kullanmak istediği açığa çıkartılmıştır. Elde edilen değerler GAMS ile hazırlanan optimizasyon modelinde kullanılarak, o havza için elde edilebilecek en yüksek fayda parametrelerinin elde edilmesi sağlanmıştır.

AHS yönteminin sonraki adımlarında faktör kıyaslarındaki tutarlılık ölçümünün yapılması ve karar alternatiflerinin sıralaması işlemleri bulunmaktadır.

3.6 Faktörlerin Kıyaslamalarındaki Tutarlılık Ölçümü

AHS kendi içinde ne kadar tutarlı bir sistematığe sahip olsa da sonuçların gerçekçiliği doğal olarak, karar vericinin faktörler arasında yaptığı birebir karşılaştırmadaki tutarlılığa bağlı olacaktır. AHS bu karşılaştırmalardaki tutarlılığın ölçülebilmesi için bir süreç önermektedir. Sonuçta elde edilen Tutarlılık Oranı (CR) ile bulunan öncelik vektörünün ve dolayısıyla faktörler arasında yapılan birebir karşılaştırmaların tutarlılığın test edilebilmesi imkânını sağlamaktadır. AHS, CR hesaplamasının özünü, faktör sayısı ile “Temel Değer” adı verilen (λ) bir katsayının karşılaştırılmasına dayandırmaktadır.

Tutarlılık Oranının (CR) kabul edilebilir düzeyde olması için AHS metodunu oluşturan Saaty'nin önerdiği en üst limit 0,10' dur. Yargılar için hesaplanan tutarlılık oranı 0,10'un altında ise yargıların yeterli bir tutarlılık sergilediği ve değerlendirmenin devam edebileceği kabul edilmektedir. Eğer yargıların tutarlılık oranı 0,10'un üstünde ise yargılar tutarsız kabul edilmektedir. Bu durumda yargıların kalitesinin iyileştirilmesi gerekir. Tutarlılık oranı yargıların yeniden

gözden geçirilmesiyle düşürülebilir. Ancak bu işlemde başarısız olunursa, problemin daha doğru bir biçimde tekrar kurulması ve sürecin en baştan ele alınması gerekir (Kuruüzüm vd., 2001).

Tutarlılık oranı olan (CR), tutarlılık göstergesi (CI) değerinin, random gösterge (RI) adı verilen standart bir düzeltme değerine bölünmesi ile elde edilir (Denklem 3.5).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.5)$$

Standart düzeltme değeri (rastsal gösterge) (RI), faktör sayısına bağlı olarak Tablo 3.6'da bulunan değerlerden tespit edilmektedir. Çalışmamızda 5 faktörümüz olduğundan RI değeri 1,12 olarak alınmıştır.

Tablo 3.6 AHS metodunda kullanılan RI- Rastsal Gösterge tablosu

N	RI	N	RI
1	0	8	1,41
2	0	9	1,45
3	0,58	10	1,49
4	0,90	11	1,51
5	1,12	12	1,48
6	1,24	13	1,56

CI (tutarlılık göstergesi) değeri ise aşağıda verilen Denklem 3.6 ile hesaplanmaktadır.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (3.6)$$

Temel Değer adı verilen λ değeri, Denklem 3.7 ile hesaplanmaktadır.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (3.7)$$

Denklem 3.7 'de görüldüğü gibi temel değer (λ), E sütun vektörü elemanlarının aritmetik ortalamasıdır. E, sütun vektörü Denklem 3.8 'de tanımlandığı gibi D (ağırlıklandırılmış toplam vektör) sütun vektörü ile W (öz değer vektörü) sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden elde edilmektedir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3.8)$$

D, sütun vektörü ise A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından elde edilmektedir (Denklem 3.9).

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

Çalışma kapsamında yukarıda detaylıca açıklanan tutarlılık analizi neticesinde, yapılan tüm karşılaştırma türlerinde tutarlılık oranı 0,10'dan düşük çıkmıştır. Elde edilen tutarlılık oranı değerleri Tablo 3.7 'de bulunmaktadır. Buna göre tüm katılımcı kategorilerinde sonuçlar “tutarlı” olarak kabul edilmiştir. Bu durum kurulan hiyerarşik yapının uygun olduğunu, ana faktörlerin birbirleri ile kıyaslanabilir nitelikte olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.7 Çalışma alanında uygulanan AHS yöntemi sonucunda elde edilen tutarlılık oranı değerleri

Katılımcı Grubu	CR (Tutarlılık Oranı)
Genel Durum	0,008
Halk Nitelikli Katılımcılar	0,066
Uzman Nitelikli Katılımcılar	0,059
Beyşehir Havzası Katılımcıları	0,057
Manavgat Çayı Katılımcıları	0,094

Tablo 3.7 incelendiğinde uzman nitelikli katılımcıların cevapları ile elde edilen tutarlılık oranının, halk niteliğindeki katılımcıların cevapları ile elde edilen tutarlılık oranından daha düşük değerde olduğu görülmektedir. Bu durum uzmanların, halk niteliğindeki insanlardan daha tutarlı kıyaslamalar yaptığını göstermektedir. Bir başka deyişle uzmanlar havzalarında bulunan su potansiyelinin paylaşımında halk niteliğindeki katılımcılara göre daha kesin kanaatlere sahiptirler.

Tablo 3.7 incelendiğinde en yüksek tutarlılık oranı değerine Manavgat Havzası katılımcılarının sahip olduğu görülmektedir (0,094). Bu durum en tutarsız

kıyaslamaların bu havzada yapıldığını göstermektedir. Buna göre Manavgat Havzası'nda yaşayan katılımcılar su potansiyelinin paylaşımında ana faktörlere, Beyşehir Havzası katılımcılarına göre daha eşit derecede önem yüklemişler, su transferi etkilerini Beyşehir Gölü Havzası katılımcılarının sahip olduğu kadar kesin bir kanaatle değerlendirmemişlerdir.

AHS metodunun bu aşamasına kadar yapılan çalışmalarda, özetle hiyerarşik yapı oluşturulmuş, ana faktörler belirlenmiş, katılımcıların ana faktörleri kıyaslamaları sağlanmış ve yapılan kıyaslamaların tutarlılık değerleri ölçülerek metodun sağlıklı olarak uygulandığı sonucuna varılmıştır.

GAMS optimizasyon programı kullanılarak oluşturulan modelde AHS metodu ile bu aşama sonucunda elde edilen önem faktörü değerlerinden faydalanılmıştır. Bu aşamadan sonra AHS metodu ile elde edilen sonuçlar AHS metoduna özelinde değerlendirilmelidir.

AHS metodunda bu noktadan sonra her bir ana faktörün, suyun transfer edilmesi veya edilmemesi karar alternatifine göre değerlendirilmesi aşamasına geçilmektedir. Böylece katılımcılar açısından, suyun transfer edilmeden önceki durumda algılanan faydaları ile suyun transfer edildikten sonra algılanan faydalarının kıyaslaması sağlanmaktadır. Bu kıyas önceki bölümlerde detaylıca anlatıldığı gibi temelde katılımcıların öznel/subjektif görüşlerinden oluşmaktadır.

3.7 Her Bir Faktör İçin Karar Noktasındaki Önem Değerinin Bulunması

AHS'nin, “su transferi seçeneğinin önem ve faydasının belirlenmesi” probleminde uygulanmasına devam edilebilmesi için karar vericilerin ana faktörlerin her birini “su transfer edilmesi” ve “su transfer edilmemesi” seçeneklerini göz önüne alarak kıyaslaması gerekmektedir. Örneğin katılımcı, su transfer edilmesi ve edilmemesi seçeneklerinin “sulu tarım faaliyetleri” ana faktörü açısından ne derece önemli/faydalı olduğuna karar vermektedir. Bu kararlar çalışma kapsamında veri toplama aşamasında yapılan anket çalışmalarının ikinci bölümü ile elde edilmiştir. Anketin ikinci bölümünde katılımcılara proje ile ilgili kısa bir bilgi notu verilmiş ve kendilerine, “su transferi edilmesi” ve “su transfer edilmemesi” seçeneklerinin

her bir faktör için ne derece önemli/faydalı olduğuna ilişkin sorular sorulmuştur. Anketin 2.Bölümünde sorulan sorulara ilişkin örnekler Şekil 3.11’de sunulmuştur.

2) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, **Sulu Tarım Faaliyetlerinin Yürütülmesi** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?

a) Hiç Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
c) Etkisi Yoktur
d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)

3) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, **Balıkçılık/Hayvancılık Faaliyetlerinin Yürütülmesi** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?

a) Hiç Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
c) Etkisi Yoktur
d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)

Şekil 3.11 Çalışma kapsamında uygulanan ankette karar noktalarının ana faktörler açısından değerlendirilmesine ilişkin sorulan sorulara örnekler

Buna göre anketi cevaplayan kişiler kararlarını, tüm havzaları bir bütün olarak değerlendirerek yani tüm insanların genel faydasını göz önüne alarak verebileceği gibi sadece kendi havzasının faydasını düşünerek yani özel fayda durumunu göz önüne alarak verebilmektedir.

Yapılan anketin 2.bölümünde katılımcılar açısından su transferi yönteminin hangi faktörler açısından daha önemli olduğu sonucunun açığa çıkartılması hedeflenmiştir. Örneğin katılımcı Şekil 3.11’de anketin 2.sorusunu cevaplandırırken, su transferi yapılması seçeneğinin sulu tarım faaliyetlerinin yürütülmesi açısından çok faydalı/önemli olacağını düşünüyor ve “e)” seçeneğini işaretliyorsa, bu faktöre Saaty tarafından belirlenen ölçek dikkate alınarak 7 puan, herhangi bir olumlu/olumsuz etkisinin olmayacağını düşünüyorsa 1 puan, hiç faydalı/önemli olmadığını düşünüyorsa 0,143 puan verilmiştir.

Katılımcıların vermiş olduğu cevaplara karşılık gelen değerlerin aritmetik ortalaması alınarak karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş bu matrisler kullanılarak ana faktörlerin karar noktaları açısından yüzde önem dağılımları elde edilmiştir. Tüm katılımcılar açısından ana faktörlerin, su transfer edilmesi ve su transfer edilmemesi seçeneklerine göre kıyaslanması ile elde edilen karşılaştırma matrisleri

Tablo 3.8 'de sunulmuştur. Buna göre katılımcıların geneli açısından su transferi edilmesi seçeneği sulu tarım faaliyetleri faktörü göz önüne alındığında, su transferi edilmemesine göre 4 puan almış ve kuvvetli derecede önemli olarak değerlendirilmiştir. Bu değer balıkçılık/hayvancılık, sosyal yaşam ve doğal hayat faktörlerinde 3'e düşerken kentsel kullanım faktörü göz önüne alındığında su transferi seçeneğinin önemi 2 puana (biraz önemli) düşmüştür. Katılımcıların geneline göre su transfer edilmesi seçeneği en büyük önemi sulu tarım faaliyetleri en az önemi kentsel kullanım faktörü açısından taşımaktadır.

Tablo 3.8 Ana faktörlerin genel duruma göre su transfer edilmesi ve su transfer edilmemesi seçeneklerine göre kıyaslanması ile elde edilen karşılaştırma değerleri

	Su Kullanım Tercihleri	Karar Noktaları	Su Transferi Yapılmaması	Su Transferi Yapılması
Genel Durum	Sulu Tarım	Su Transferi Yapılmaması	1	0,25
		Su Transferi Yapılması	4	1
	Balıkçılık/ Hayvancılık	Su Transferi Yapılmaması	1	0,33
		Su Transferi Yapılması	3	1
	Kentsel Kullanım	Su Transferi Yapılmaması	1	0,50
		Su Transferi Yapılması	2	1
	Sosyal Yaşam	Su Transferi Yapılmaması	1	0,33
		Su Transferi Yapılması	3	1
	Doğal Hayat	Su Transferi Yapılmaması	1	0,33
		Su Transferi Yapılması	3	1

Söz konusu karşılaştırma matrisleri, tüm katılımcıları kapsayan genel durum için, sadece halk niteliğindeki katılımcılar için, sadece uzman niteliğindeki katılımcılar için, Beyşehir Gölü Havzası'nda yaşayan katılımcılar için ve Manavgat Havzası'nda yaşayan katılımcılar için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Halk niteliğindeki katılımcıların cevapları ile elde edilen karşılaştırma matrisleri Tablo 3.9 'da uzman niteliğindeki katılımcıların cevapları ile elde edilen karşılaştırma matrisleri Tablo 3.10'da bulunmaktadır.

Tablo 3.9 Ana faktörlerin havza halkı açısından su transfer edilmesi ve su transfer edilmemesi seçeneklerine göre kıyaslanması ile elde edilen karşılaştırma değerleri

	Su Kullanım Tercihleri	Karar Noktaları	Su Transferi Yapılmaması	Su Transferi Yapılması
Havza Halkı	Sulu Tarım	Su Transferi Yapılmaması	1	0,33
		Su Transferi Yapılması	3	1
	Balıkçılık/ Hayvancılık	Su Transferi Yapılmaması	1	0,50
		Su Transferi Yapılması	2	1
	Kentsel Kullanım	Su Transferi Yapılmaması	1	0,50
		Su Transferi Yapılması	2	1
	Sosyal Yaşam	Su Transferi Yapılmaması	1	0,33
		Su Transferi Yapılması	3	1
	Doğal Hayat	Su Transferi Yapılmaması	1	0,50
		Su Transferi Yapılması	2	1

Tablo 3.9 incelendiğinde havzaların genelinde yaşayan halk niteliğindeki katılımcılara göre su transferi yapılması seçeneği yapılması seçeneğine göre “biraz önemli” seviyesinde kalmaktadır. Halkın yönelimi uzmanların da dahil olduğu genel yönelimle benzerlik göstermektedir. Halk niteliğindeki katılımcılara göre su transferi edilmesi seçeneği en çok sulu tarım ve sosyal yaşam faktörleri açısından önem taşımaktadır.

Tablo 3.10 Ana faktörlerin havzalarda yaşayan uzmanlar açısından su transfer edilmesi ve su transfer edilmemesi seçeneklerine göre kıyaslanması ile elde edilen karşılaştırma değerleri

	Su Kullanım Tercihleri	Karar Noktaları	Su Transferi Yapılmaması	Su Transferi Yapılması
Uzmanlar	Sulu Tarım	Su Transferi Yapılmaması	1	0,25
		Su Transferi Yapılması	4	1
	Balıkçılık/ Hayvancılık	Su Transferi Yapılmaması	1	0,33
		Su Transferi Yapılması	3	1
	Kentsel Kullanım	Su Transferi Yapılmaması	1	0,33
		Su Transferi Yapılması	3	1
	Sosyal Yaşam	Su Transferi Yapılmaması	1	0,33
		Su Transferi Yapılması	3	1
	Doğal Hayat	Su Transferi Yapılmaması	1	0,33
		Su Transferi Yapılması	3	1

Tablo 3.10 incelendiğinde havzalarda yaşayan uzmanlara göre su transferi edilmesi seçeneğinin ana faktörler açısından önemi havzalarda yaşayan halk niteliğindeki insanlara göre daha büyük önem taşımaktadır. Buna göre uzmanlara göre su transferi edilmesi seçeneği sulu tarım faaliyetleri açısından kuvvetli derecede önemli seviyesindedir.

Çalışma kapsamında elde edilen diğer karşılaştırma matrisleri Beyşehir Gölü Havzası'nda yaşayan katılımcılar ile Manavgat Çayı Havzası'nda yaşayan katılımcıların cevapları ile elde edilmiştir. Bu matrisler Tablo 3.11 ve Tablo 3.12'de sunulmuştur.

Tablo 3.11 Ana faktörlerin Beyşehir Gölü Havzası'nda yaşayan katılımcılar açısından su transfer edilmesi ve su transfer edilmemesi seçeneklerine göre kıyaslanması ile elde edilen karşılaştırma değerleri

	Su Kullanım Tercihleri	Karar Noktaları	Su Transferi Yapılmaması	Su Transferi Yapılması
Beyşehir Gölü Havzası Herkes	Sulu Tarım	Su Transferi Yapılmaması	1	0,20
		Su Transferi Yapılması	5	1
	Balıkçılık/ Hayvancılık	Su Transferi Yapılmaması	1	0,25
		Su Transferi Yapılması	4	1
	Kentsel Kullanım	Su Transferi Yapılmaması	1	0,33
		Su Transferi Yapılması	3	1
	Sosyal Yaşam	Su Transferi Yapılmaması	1	0,25
		Su Transferi Yapılması	4	1
	Doğal Hayat	Su Transferi Yapılmaması	1	0,25
		Su Transferi Yapılması	4	1

Tablo 3.12 Ana faktörlerin Manavgat Çayı Havzası'nda yaşayan katılımcılar açısından su transfer edilmesi ve su transfer edilmemesi seçeneklerine göre kıyaslanması ile elde edilen karşılaştırma değerleri

	Su Kullanım Tercihleri	Karar Noktaları	Su Transferi Yapılmaması	Su Transferi Yapılması
Manavgat Nehri Havzası Herkes	Sulu Tarım	Su Transferi Yapılmaması	1	0,33
		Su Transferi Yapılması	3	1
	Balıkçılık/ Hayvancılık	Su Transferi Yapılmaması	1	0,50
		Su Transferi Yapılması	2	1
	Kentsel Kullanım	Su Transferi Yapılmaması	1	0,50
		Su Transferi Yapılması	2	1
	Sosyal Yaşam	Su Transferi Yapılmaması	1	0,50
		Su Transferi Yapılması	2	1
	Doğal Hayat	Su Transferi Yapılmaması	1	0,50
		Su Transferi Yapılması	2	1

Tablo 3.11 ve Tablo 3.12’de Beyşehir ve Manavgat Havzalarında yaşayan katılımcıların su transferi yapılması seçeneğinin ana faktörler açısından değerlendirilmesi durumu karşılaştırıldığında, Beyşehir Havzası’nda yaşayan katılımcılar için su transferi yapılması seçeneğinin Manavgat Havzası’nda yaşayan katılımcılara göre çok daha faydalı değerlendirildiği görülmektedir.

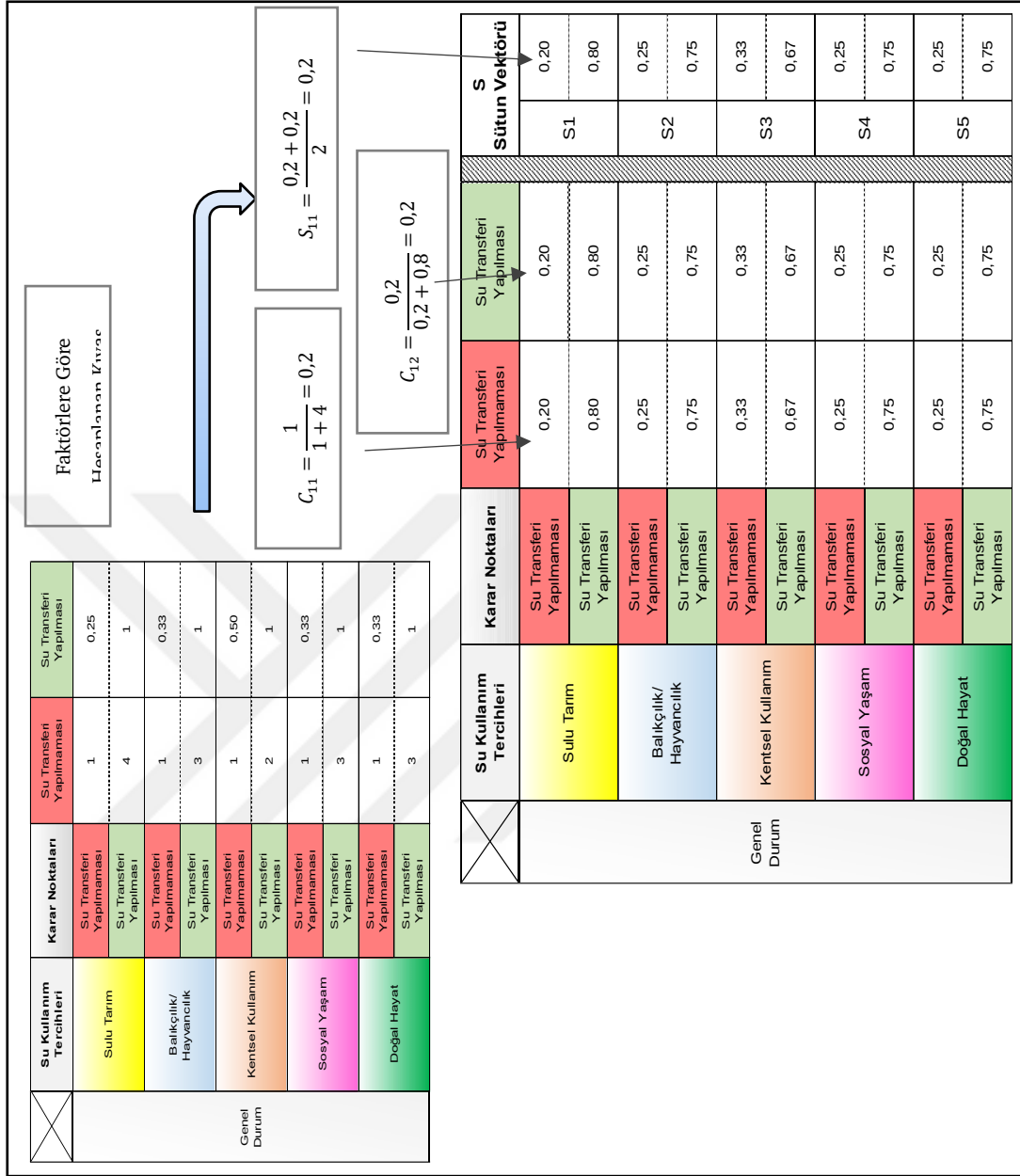
Buna göre Manavgat Havzası’nda yaşayan katılımcılar ile Beyşehir Havzası’nda yaşayan katılımcıların su transferi seçeneğine yükledikleri önem farklılık göstermektedir. Manavgat Havzası’nda yaşayan katılımcılar için su transferi seçeneği ana faktörleri etkilemesi açısından çok az derecede önem taşımaktadır.

Bu durum Manavgat Havzası’nda yaşayan katılımcıların Gembos Havzası suyunun Beyşehir Havzası’na aktarılması seçeneğinin kendi havzalarını olumlu ya da olumsuz olarak etkilemeyeceği kanaatinde olması şeklinde yorumlanabilir. Bu nedenle karşılaştırma değerleri 1’e yakın çıkmaktadır.

Bunun aksine Beyşehir Gölü Havzası’nda yaşayan katılımcılar Gembos Havzası suyunun havzalarına gönderilmesi seçeneğinin su kullanımı ana faktörlerini önemli derecede etkileyeceğini düşünmektedir. Bu nedenle karşılaştırma değerleri Manavgat Havzası’nda elde edilen değerlerden çok daha yüksek çıkmıştır.

Karşılaştırma matrisleri kullanılarak, değerlendirilen faktörün karar noktalarına göre yüzde dağılımlarını gösteren S sütun vektörleri elde edilmektedir. S sütun vektörleri ise birleşerek K karar matrisini oluştururlar.

Aşağıda Şekil 3.12’de “Genel Durum” için (tüm katılımcıların cevapları göz önüne alınarak) S Sütun vektörlerinin elde edilişi örnek olarak sunulmuştur.



Şekil 3.12 Genel durum için oluşturulan ikili kıyaslama matrislerinden s sütun vektörlerinin elde edilmesi

Böylece değerlendirilen her bir faktör için karar noktalarına göre yüzde önem dağılımları elde edilmiştir. Bu işlem ayrı ayrı tüm havza katılımcıları için, halk ve uzman niteliğindeki katılımcılar için, yalnızca Beyşehir Gölü Havzası katılımcıları için ve yalnızca Manavgat Çayı Havzası katılımcıları için tekrarlanarak, her kategori için S sütun matrisleri elde edilmiştir.

Tablo 3.13 Tüm kategoriler için karar noktalarındaki sonuç dağılımı

	Su Transferi Yapılmaması	Su Transferi Yapılması	Oran
Genel Durum	0,25	0,75	3,0
Havza Halkı	0,29	0,71	2,4
Uzmanlar	0,23	0,77	3,3
Beyşehir Hav.	0,20	0,80	4,0
Manavgat Hav.	0,31	0,69	2,2

AHS yöntemi kullanılarak Beyşehir Gölü, Gembos ve Manavgat Havzaları özelinde paydaş havzalar için su transferi seçeneğinin önem ve faydasının tespit edilmesi probleminin çözülmesi amaçlanmıştır.

AHS'nin uygulanması neticesinde son aşamada elde edilen sonuçlar Tablo 3.10'da sunulmuştur. Buna göre tüm değerlendirme kategorilerinde Gembos Havzası suyunun Beyşehir Havzası'na aktarılması seçeneği katılımcıların su potansiyelinin kullanılması faktörlerine vermiş oldukları önem göz önüne alındığında yüksek oranda tercih edilebilir bulunmuştur.

AHS kullanılarak elde edilen sonuçlara göre havzalar kıyaslandığında söz konusu su transferi en çok Beyşehir Gölü Havzası halkı tarafından tercih edilebilir niteliktedir. Beyşehir Gölü Havzası'nda yaşayan halk niteliğindeki katılımcılara göre suyun transfer edilmesi, transfer edilmemesine göre 4 kat daha fazla tercih edilebilir değerdedir. Elde edilen sonuçlara göre su transferi seçeneği en az Manavgat Çayı Havzası halk niteliğindeki katılımcılar için tercih edilebilir niteliktedir. Her ne kadar kendi havzalarını etkileyip etkilemediği kendilerince belirsiz olsa da Manavgat Çayı Havzası'nda yaşayan halk niteliğindeki katılımcılar Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölü Havzası'na aktarılması seçeneğini tercih edilebilir bulmuşlardır.

Genel durum göz önüne alındığında uzman niteliğinde bulunan katılımcılar, su transfer edilmesi seçeneğini halk niteliğindeki katılımcılardan daha fazla tercih edilebilir bulmuştur.

3.9 AHS Yöntemi İle Elde Edilen Sonuçların Yorumlanması ve Tartışma

Her yöntemin olduğu gibi AHS metodunun da avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu yöntemin en önemli avantajlarından biri bir karar problemine ilişkin hem objektif hem subjektif düşüncelerle, hem nitel hem de nicel bilgilerin karar sürecine dahil edilmesine olanak vermesidir. Nitekim çalışma kapsamında bir sonraki başlık altında açıklanan GAMS yazılımı ile oluşturulan modelde bu avantajın kullanılması hedeflenmiştir.

Diğer yandan AHS metodunun dezavantajları değerlendirilecek olursa bunlar özetle 3 madde de özetlenmiştir (Durdu, 2006). Bu maddeler;

- Sıra değiştirme olgusu, AHS'nin uygulanmasında dikkat edilmesi gereken bir konudur ve herhangi bir karar alternatifi probleme eklendiğinde veya çıkartıldığında karar alternatifi sıralaması değişmesi durumudur.
- Modelleme sürecinin subjektif doğası AHS'nin bir kasti olarak görülmektedir. Bir başka deyişle bu ifade metodolojinin, “kesinlikle doğru” kararları garanti edemeyeceği anlamına gelir.
- Bir karar hiyerarşisindeki kademe sayısı arttıkça ikili karşılaştırma sayısı da artar. Bu da AHS'nin uygulanabilmesi için fazla zaman ve çaba gerektirmesi hususlarıdır.

Bu bilgilere göre, her ne kadar AHS metodu kapsamında ölçütler arasında bir tutarlılık kontrolü yapılsa da süreç sonucunda ulaşılan kararın kesin doğruya daha fazla yaklaşabilmesi için sürecin ek yöntemler ile desteklenmesi gerektiği değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, bu çalışmada AHS ile ulaşılan sonuçların desteklenmesi, önceki bölümlerde açıklanan ve meteorolojik veriler ile hidrometrik veriler kullanılarak açığa çıkartılan havzalar arası istatistik ilişkiler ile ortaya konulmuştur. Örneğin subjektif değer yargılarının yansımadığı regresyon, korelasyon analizlerinde de Gembos Havzası'ndan Beyşehir Gölü Havzası'na su aktarılması göl su seviyesinde artışa neden olmuştur. Bu durum Beyşehir Havzası için su transferi seçeneğinin nesnel anlamda tercih edilebilirliğini göstermektedir. Diğer yandan Manavgat Çayı'nın güney bölümlerine inildikçe göl su seviyesi-nehir arasındaki korelasyon değerleri çok düşük değerlere ulaşmıştır. Bu durum da AHS

ile elde edilen sonuçları destekler nitelikte olup su transferi etkilerinin Manavgat Çayı Havzası'nın büyük bölümünde hissedilmediği sonucunu göstermiştir.

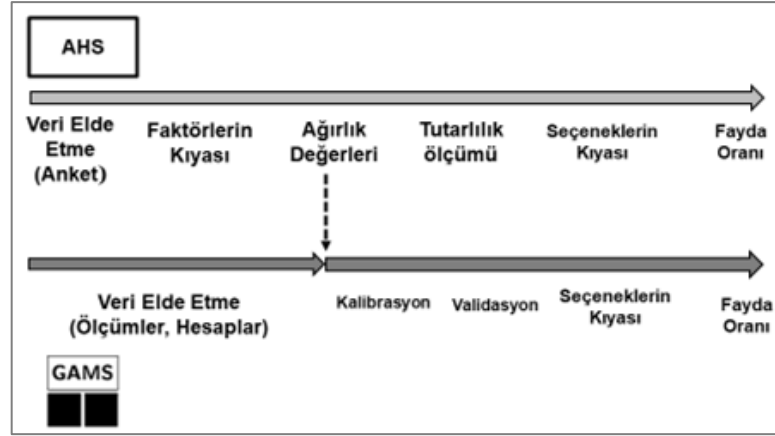
AHS yöntemi ile elde edilen önem vektörü ile havzalarda yaşayan insanların değer yargılarına göre havzalarında bulunan su hacminin hangi kullanım için ne kadar fayda sağlayacağı açığa çıkartılmıştır. Örneğin Beyşehir Gölü Havzası'nda yaşayan insanlara göre aynı miktar su hacminin turizm faaliyetleri veya kentsel kullanım yerine sulu tarımda kullanılması, Manavgat Çayı Havzası'nda yaşayan insanlara göre daha büyük fayda sağlamaktadır. Diğer yandan uzman niteliğindeki katılımcılar ile halk niteliğindeki (suyu kullanan ancak yönetiminde söz sahibi olmayan) katılımcılar söz konusu su zenginliklerini daha farklı oranlarda kullanmak istemektedirler. Bu durumda objektif bir yaklaşımla hareket edilecek olursa aşağıdaki sorulara ulaşılmaktadır. Bunlar:

Söz konusu havzalarda su potansiyelinin değerlendirilmesinde hangi paylaşım oranları göz önüne alınmalıdır? Su potansiyelinin değerlendirilmesinde halkın belirlediği oranlar mı, uzmanların belirlediği oranlar mı daha çok fayda sağlayacaktır?

İlerleyen yıllarda yaşanabilecek olası iklimsel ya da kullanım alışkanlıkları değişimlerinde havzaya ait su potansiyeli hangi tercih oranları dikkate alınarak paylaştırılmalıdır?

Kullanıcı tercihleri havza su bütçesini oluşturan değişkenlere ne derece etki etmektedir?

Çalışmanın sonraki bölümünde GAMS yazılımı ile oluşturulan model kullanılarak yukarıdaki sorulara cevap aranmış, değişik iklim senaryolarında ve değişik kullanıcı tercihlerinde, havzada bulunan su hacminin en faydalı şekilde nasıl değerlendirileceği belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 AHS ve GAMS Modellerinin Sentez Mantığı

Sonuç olarak AHS yöntemi kapsamında ortaya çıkartılan öncelik vektörü ile elde edilen “Su Kullanımına Ait Öncelik Değerleri” ile hidrolojik yöntemler ile elde edilen su bütçesi değerleri sentezlenerek o havzaya ait su bütçesinin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

HAVZALAR ARASI SU TRANSFERİ OPTİMİZASYON MODELİNİN OLUŞTURULMASI: BEYŞEHİR GÖLÜ-GEMBOS HAVZASI - MANAVGAT ÇAYI HAVZASI ÖRNEĞİ

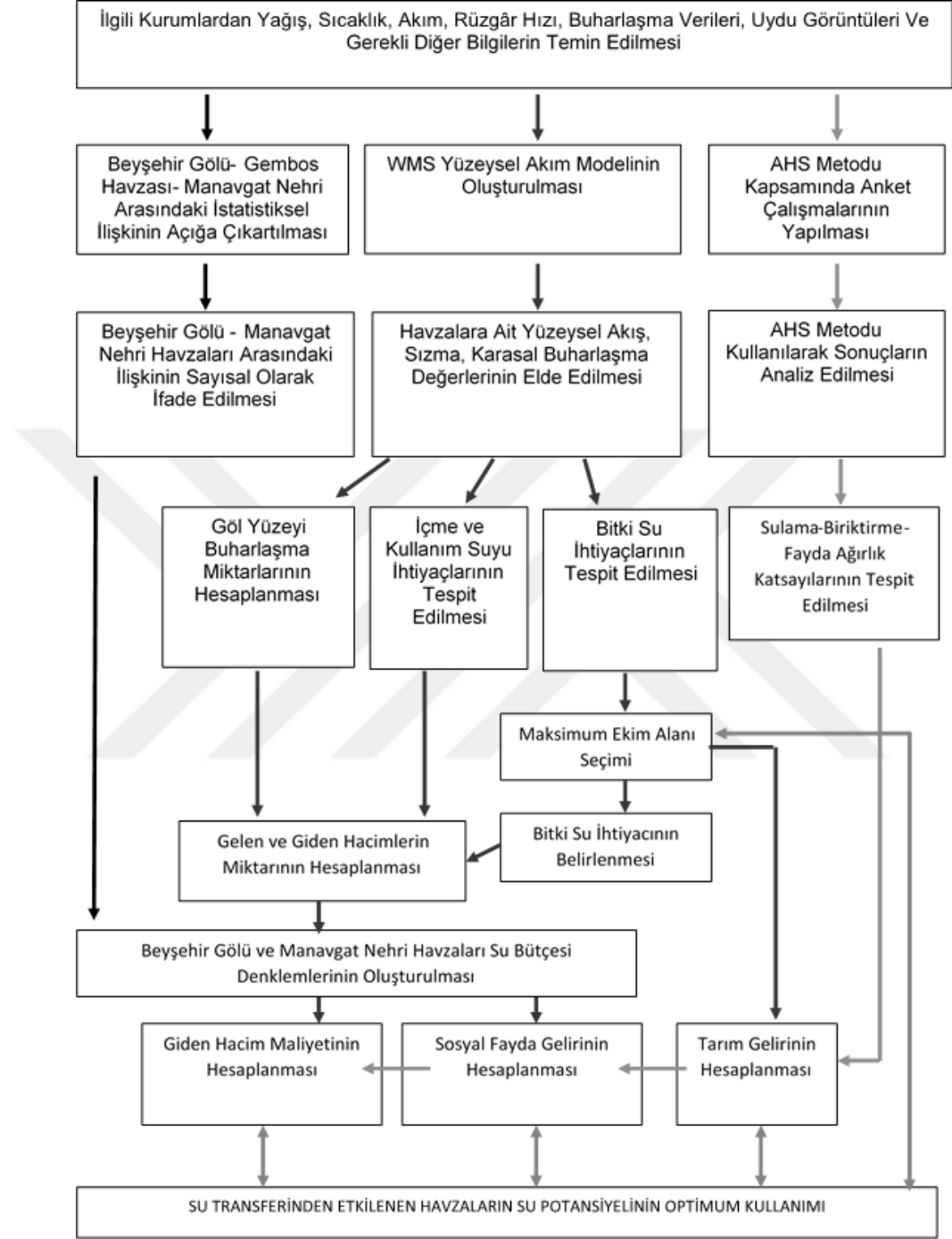
4.1 Giriş

Çalışmanın bu bölümünde, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölü'ne transfer edilmesi etkilerini içeren bir optimizasyon modeli oluşturulmuştur. Söz konusu optimizasyon modeli ile su transferinden etkilenen havzalara ait su potansiyelinin, hidrolojik ve sosyo-ekonomik parametreler göz önüne alınarak en faydalı şekilde kullanılması hedeflenmektedir. Model birkaç farklı yöntem ile elde edilen verilerin bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur. Bu itibarla Gembos Derivasyon Kanalı ile Beyşehir Gölü'ne su transfer edilmesi projesi özelinde hazırlanan, aynı zamanda herhangi bir su transferi projesi için de uyarlanabilir optimizasyon modeli oluşturulması çalışmasına ait iş akış diyagramı Şekil 4.1'de sunulmuştur.

Söz konusu iş akış diyagramı incelendiğinde ilk adımın, su transferinden etkilenen havzalara ait çeşitli verilerin toplanması olduğu görülmektedir. Bu veriler arasında hidrolojik bilgiler olduğu gibi sosyo-ekonomik durumu gösterir veriler de bulunmaktadır. Örneğin su tüketimini belirlemek için önem arz eden bitkisel alanların miktarı ve yüzeysel akış miktarlarına etki eden arazi toprak haritalarının içeren uydu görüntüleri, su bütçelerine etki eden hidrolojik parametreler, meteorolojik veriler, kentsel su tüketimi miktarlarının hesaplanabilmesi için nüfus bilgileri ilk adımda gerekli olacak verilerdendir.

Sonraki adımda, elde edilen veriler üç yöntem içerisinde kullanılmıştır. Bunlar; havzalar arası istatistik ilişkilerin açığa çıkartılması için yapılan çalışmalar, su bütçesinin belirlenmesi için kullanılan WMS yüzeysel akış modelinin oluşturulması için yapılan çalışmalar ve havzada yaşayan insanların kullanım alışkanlıklarını ve sosyo-ekonomik etkileri optimizasyon modeline dahil etmek

için kullanılan AHS (Analitik Hiyeaşık Süreç) Yöntemi'nin oluşturulması için yapılan çalışmalardır.



Şekil 4.1 Su transferi optimizasyon modeli oluşturulması çalışmasına ait akış diyagramı

Havzalar arası istatistik ilişkileri açıklayan çalışmalar ile su transferinden etkilenen Beyşehir Gölü ile Manavgat Çayı Havzası'nın en kuzeyinde bulunan Sinanhoca Tali Havzası'nı birbirine bağlayan bir regresyon denklemi elde edilmiştir. Bu

çalışmanın “Beyşehir Gölü Havzası Gembos Havzası Ve Manavgat Havzaları Arasındaki İstatistik İlişkinin Açıklanması” başlığı altında havzalar arasındaki istatistik ilişkinin nasıl ortaya çıkarıldığı açıklanmıştır. Buna göre Beyşehir Gölü ve Gembos havzalarında su döngüsünde oluşacak bir değişim Manavgat Çayı Havzası’nın ancak en kuzeyinde bulunan Sinanhoca Tali Havzası’nı etkilemektedir. Sinanhoca’nın güneyine inildikçe komşu havzaların etkisi ve Manavgat Çayı üzerindeki barajların işletilme koşullarının devreye girmesi ile belirsizlikler çoğalmaktadır. Bu nedenle oluşturulan optimizasyon modeli en faydalı ve detaylı sonuçları Beyşehir Gölü için vermektedir.

Yüzeysel akış modelinin açığa çıkartılması çalışmaları neticesinde ise havzalara yağış ile gelen hacimlerin ne kadarının göl/akarsuya ulaştığı belirlenmiş, ne kadarının kaybolduğu ortaya çıkartılmıştır. Böylece kuraklık sınırına ulaşmadan sulama ve kullanım amaçlı yararlanılabilecek maksimum su hacmi tespit edilebilir hale gelmiştir.

AHS yöntemi ile elde edilen önem katsayıları ile havzalarda yaşayan insanlar için su hacminin hangi kullanım için ne kadar fayda sağlayacağı açığa çıkartılmıştır. Örneğin Beyşehir Gölü Havzası’nda yaşayan insanlara göre aynı miktar su hacminin turizm faaliyetleri veya kentsel kullanım yerine sulu tarımda kullanılması, Manavgat Çayı Havzası’nda yaşayan insanlara göre daha büyük fayda sağlamaktadır.

Elde edilen tüm bu sayısal değerler GAMS yazılımı ile oluşturulacak optimizasyon modeline denklemler ve parametreler olarak aktararak, su transferi öncesinde ve sonrasında, transferden etkilenen havzalarda oluşan fayda değişimlerinin açığa çıkartılması hedeflenmiştir. GAMS ile oluşturulan model kullanılarak değişik iklim senaryolarında ve değişik kullanıcı tercihlerinde, havzada bulunan suyun en faydalı nasıl değerlendirileceği belirlenebilmektedir.

4.2 Modelleme Kapsamı ve Tanımı

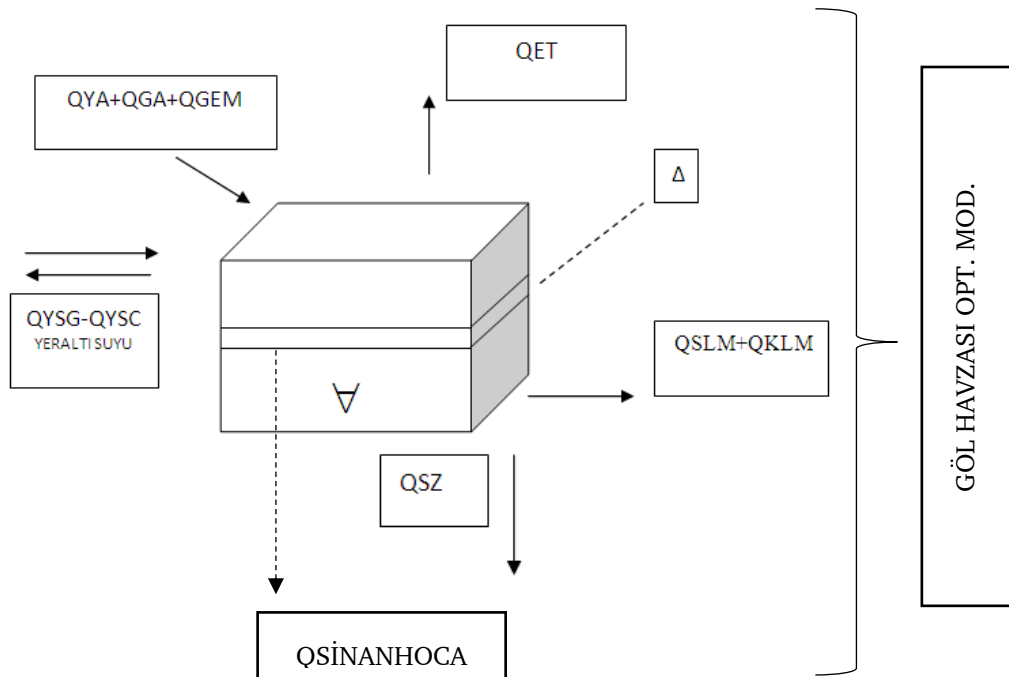
Çalışma sahası kapsamında bulunan 3 havzadan en kuzeydeki havzada bulunan Beyşehir Gölü doğal bir göl olmasına rağmen, Beyşehir ilçesinde bulunan regülatörler ile gerekli görülen hallerde kontrollü olarak su salınabilmesi özelliği ile doğal bir baraj olma kabiliyetine sahip olmaktadır. Regülatörler vasıtası ile

Konya Ovası'na aktarılan göl suları sulu tarım faaliyetlerinde kullanılmaktadır. Çalışmamıza konu olan su transferi projesinin hayata geçirilmesinde temel hedef, Beyşehir Gölü'nün su potansiyelin arttırılarak daha fazla sulu tarım yapılabilmesine olanak sağlanmasıdır.

Literatürde daha önce Beyşehir Gölü'ne ilişkin olarak yapılan optimizasyon çalışmalarında su bütçesini oluşturan değişkenler tespit edilmiş, bu değişkenlerin parasal karşılıkları tespit edilerek, kar-kazar hesabı yapılmıştır ve sulama amaçlı kullanılabilir su hacmi miktarının tespit edilmesi amaçlanmıştır (Şanlı, 2014). Bu çalışmada ise önceki projede değerlendirilmemiş olan Beyşehir Gölü - Manavgat Çayı etkileşimi açığa çıkartılması hedeflenmiş, yapılan hesaplamalara kullanıcı tercihleri yansıtılmış, Beyşehir Gölü su seviyesindeki değişimlerin Manavgat Çayına muhtemel etkisi modele dahil edilerek optimizasyon modeli kapsamının genişletilmesi sağlanmıştır.

Ayrıca AHS yöntemi ile insanların göl ve nehir su bütçesine etki eden girdilere verdiği önem sayısal hale getirilerek, oluşturulan modelde maddi değerlerin yerine göreceli önem değerlerinin kullanılması sağlanmıştır. Modele ait temel girdiler

Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 GAMS Optimizasyon modeli su bütçesi değişkenleri

Burada;

QYA: Dolaysız akış ile göle ulaşan su hacmi

QGA: Yağış ile doğrudan olarak göle düşen su hacmi

QYSG, QYSC: Yeraltı suyu ile giren su ve çıkan su hacmi

QGEM: Gembos Derivasyon Kanalı ile göle ulaşan su hacmi

QET: Buharlaşan su hacmi

QSZ: Sızma sonucu uzaklaşan su hacmi

QSLM: Sulama amacı ile salınan su hacmi

QKLM: İçme ve kullanım amaçlı salınan su hacmi

QSİNANHOCA: Sinanhoca tali havzasına ait taban akışı değeri

Model girdilerine etki eden çeşitli iklimsel ve coğrafi değişkenlerin hangi yollar ile elde edildiği aşağıda belirtilmiştir.

- Yüzeysel akış değerleri: Daha önce Doğan ve diğ. tarafından tamamlanan TÜBİTAK 109Y271 Nolu Proje ile elde edilen yüzeysel akış modelinden (Doğan vd. ,2013),
- Yağış yükseklikleri: MGM tarafından yapılan ölçüm verilerinden,
- Buharlaşma hacmi dğerleri: Penman -Monteith denklemi kullanılarak,
- Sızma ve yeraltı suları: Daha önce Doğan ve diğ. tarafından tamamlanan TÜBİTAK 109Y271 No'lu Proje ile elde edilen MODFLOW üç boyutlu yeraltı suyu akım programı sonuçları kullanılarak (Doğan vd. ,2013),
- Sulama suyu miktarları: Blaney-Criddle denklemi kullanılarak,
- İçme ve kullanım suyu: Nüfus projeksiyonu yapılarak, İller Bankası Yöntemi kullanılarak,
- Gembos Derivasyon Kanalı etkisi: Bu proje kapsamında açığa çıkartılan istatistik ilişkilerden elde edilen veriler kullanılarak,
- Beyşehir Gölü, Manavgat Çayı arasındaki ilişkiyi denklem: Bu proje kapsamında açığa çıkartılan istatistik ilişkilerden elde edilen regresyon denklemleri kullanılarak,
- Su seviyesi sosyal fayda ilişkisi: Literatür araştırması yapılarak,

- Fayda denklemi katsayıları: Piyasa araştırması ile elde edilen değerler ile AHS ile elde edilen değer katsayılarından yararlanılarak tespit edilmiştir.

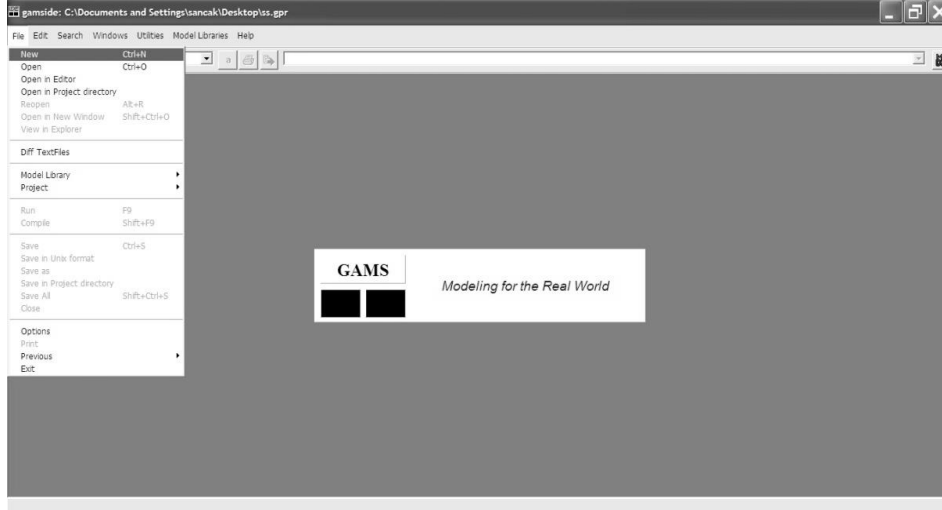
4.3 GAMS Optimizasyon Programı ile Model Oluşturulması

GAMS, matematiksel paket programlama içerisinde kullanılan önemli programdan biridir. Genel olarak, kullanılan diğer kodlama dillerine benzemektedir. Lineer ve karma-tamsayılı programlama, kuadratik programlama, karma tamamlayıcı problemleri, lineer olmayan programlama, şebeke programlama gibi problemleri çözebilmek için bünyesinde çeşitli çözüm aracı yazılımlar bulundurmaktadır. Çözüm araçları kullanıcının çözmek istediği problem türüne göre seçilmektedir. Bu çalışmanın çözüm aracı olarak IPOPT tercih edilmiştir.

Bir problemin GAMS yazılımı kullanılarak çözümü genel olarak yedi adımda gerçekleştirilmektedir. Oluşturulan optimizasyon modeli yazılımın yapısına uygun olarak bu yedi adımda tamamlanmıştır. Bu adımlar şunlardır;

- 1.İndislerin tanımlanması
- 2.Girdilerin tanımlanması
- 3.Serbest ve Kısıtlı Değişkenlerin tanımlanması
- 4.Denklem, amaç fonksiyonu ve kısıtların tanımlanması
- 5.Model ile çözülecek denklemlerin seçilmesi
- 6.Çözüm yönteminin seçilmesi
- 7.Sonuç raporunun elde edilmesi ve değerlendirilmesi

GAMS modeli ile çalışıldığında “.gms” uzantılı bir dosya oluşur. Bu dosya standart olarak \Belgelerim\gamsdir klasöründe saklanır. Program çalıştırıldığında kullanıcı tarafından görülen ara yüz Şekil 4.3'deki gibidir.



Şekil 4.3 GAMS yazılımı kullanıcı ara yüzü

4.3.1 İndislerin Tanımlanması

GAMS yazılımında değişken ve denklemler arasındaki bağlantılar indisler kullanılarak sağlanmaktadır. İndislerin tanımlanması için “set” komutu kullanılır. Bu çalışmada kullanılan indisler yıllar ve ayları temsil etmektedir.

Su transferi etkilerinin belirlenebilmesi için oluşturulan optimizasyon modeli, sonuçların daha kolay yorumlanabilmesi ve farklılaşmanın net olarak görülebilmesi amacıyla 2 parça halinde, su transferinin henüz yapılmadığı 1999-2003 yıllarındaki verileri kapsayan 5 yıl ve su transferin devamlı olarak yapıldığı 2012-2016 yıllarını kapsayan 5 yıllık veriler kullanılarak ayrı ayrı toplam 10 yıllık zaman dilimi için oluşturulmuştur. Bu süre kullanıcı tercihinine göre istenildiği kadar uzatılabilmekte ya da kısaltılabilmektedir. Çalışmamızda su bütçesine ait hesaplamalar aylık adımlarla, sulı tarım alanına ait hesaplama yıllık adımlarla yapılmaktadır.

Yıllık zaman adımları; Y /1,2,3,4,5/

Aylık zaman adımları; A /1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12/

Komutları ile tanımlanmıştır..

4.3.2 Girdilerin Tanımlanması

İndislerin tanımlanmasından sonra modele etki eden girdiler tanımlanmıştır. Bazı girdiler, yılın her ayı farklı değerlere sahip iken bazıları her zaman sabit

kalmaktadır. Yılın aylarına göre değişen girdiler modele tablo halinde tanımlanmıştır.

Yılın aylarına göre değişen girdiler aşağıdaki gibidir;

- $ya(A,Y)$: Beyşehir Gölü Havzası aylık toplam yağış yüksekliği (mm/ay)
- $bh(A,Y)$: Buharlaşma miktarı (mm/ay)
- $bsi(A,Y)$: Bitki su ihtiyacı (mm/ay)
- $ks(A,Y)$: Kullanım suyu (hm^3 /ay)
- $QGEMBOS(A,Y)$: Su Transferi sonrası Gembos Havzasından Aktarılabilen Maksimum Su Hacmi (hm^3 /ay)
- $yaGEM(A,Y)$: Gembos Havzası aylık toplam yağış miktarı (mm)
- $KOCADERE(A,Y)$: Su Transferi öncesi Gembos Havzası Derebucak Barajı'nın yerinde bulunan Kocadere Çayı Aylık Ort. Akım Verileri (m^3/s)

Bu girdilerden sulama suyu ihtiyacı ise GAMS dışında Penman-Monteith ve Blaney-Criddle ile hesaplanmıştır. Kullanım suyu ihtiyacı nüfus projeksiyonu yapılarak, Gembos Havzası'ndan aktarılabilen maksimum su hacmi ve Kocadere akarsuyu akım verileri DSİ tarafından yapılan debi ölçüm verilerinden elde edilmektedir.

“Table” komutu kullanılarak aylık yağış verilerinin modele girilmiş halini gösterir ekran görüntüsü Şekil 4.4’de sunulmuştur.

table ya(A,Y) Aylık yağış miktarı (mm)					
	1	2	3	4	5
1	111.5	48.1	11.7	45.2	63.3
2	85.1	75.8	53.6	25.3	111.5
3	36.5	35.1	26.5	84.4	42.7
4	3.4	33.7	48	102.9	80.6
5	46.5	80.4	119.5	26	20.2
6	34.9	3.19	4	8.1	29.4
7	19.2	0.1	6.3	15.9	0.2
8	51.1	17.1	9.8	27.2	2.5
9	22.4	15.7	8.1	55	40
10	26.7	45	12.8	5.7	30.8
11	4.3	28.4	92.3	42.1	21.5
12	19.59	57.8	222.3	68.4	130.6
;					

Şekil 4.4 Bitki su ihtiyaçlarının GAMS programı ara yüzüne girilmesi

Aylık Olarak Kullanım Suyu İhtiyacının Belirlenmesi $ks(A,Y)$ için Beyşehir Gölü'nden su kullanan yerleşim yerlerinin geçmiş yıllara ait nüfus sayımları Türkiye İstatistik Kurumu'ndan elde edilmiştir. Nüfus tahminleri İller Bankası Metodu kullanılarak yapılmıştır. Beyşehir Gölü'nden su alan sanayi tesislerinin su ihtiyacı da günlük üretimine göre tahmin edilmiştir. İller Bankası yöntemine göre nüfus tahmini ve su ihtiyacı belirleme hesapları

Tablo 4.1'de verilmiştir. Buna göre Beyşehir Gölü'nden 2010 yılında su ihtiyacı karşılanan nüfus 42.209 iken 2040 yılında bu nüfus 58.566 kişi olarak tahmin edilmektedir. Bu nüfusun, endüstriyel kullanım, büyükbaş ve küçük baş hayvan suyu ihtiyacı dahil toplam su ihtiyacı 238.17 lt/sn (20578 m³/gün) olarak tahmin edilmiştir. Hesaplamalarda çoğaltma katsayıları hesabı için aşağıda Denklem 4.1'de verilen formül kullanılmıştır.

$$C = \left(\sqrt[n]{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right) \times 100 \quad (4.1)$$

4.3.3 Sabit Verilerin Tanımlanması

Yılın her ayı farklı değerlere sahip verilerin tablo halinde girilmesinden sonra sıra yılın her ayı sabit kaldığı kabul edilen parametrelerin tanımlanmasına gelmiştir. Sabit parametrelerin girişi “scalars” komutu ile yapılmaktadır. Bu girdiler aşağıdaki gibidir:

- Ah: Havza alanı (hm²) Beyşehir Gölü havza alanı 413.725 hm² olarak modele dahil edilmiştir.
- gtk: Beyşehir Gölü su seviyesinin en alt rakımı 1114,40 m'dir.
- Maxh Beyşehir Gölü maksimum göl su seviyesi yüksekliği 13 m olarak sınırlandırılmıştır.
- Minh Beyşehir Gölü minimum göl su seviyesi yüksekliği 4 m olarak sınırlandırılmıştır. Bu değer kullanıcı tercihinine bağlı olarak değiştirilebilmektedir.
- C: (Yüzeysel akış katsayısı) Yüzeysel akış katsayısı modelin ilk halinde havzaya ait ortalama değer olan 0,144 olarak alınmış kalibrasyon aşamasında 0,27'ye kadar yükseltilmiştir.

Tablo 4.1 2040 yılındaki nüfus tahmini ve kullanma suyu ihtiyacı hesabı

1965 Nüfusuna Göre 2000 Yılına Kadar Nüfus Artış Katsayıları										
	1975	1980	1985	1990	1995	2000	Çmak	s	Çseçilen	
İlçe-Kasaba-Köy	3.79	7.28	5.15	4.83	5.78	5.01	7.28	3.00	3.00	
Beyşehir_Merkez	3.56	1.46	1.14	0.78	0.61	0.30	3.56	3.00	3.00	
Akburun	-3.42	-1.56	-0.63	-0.71	-1.34	-1.14	-0.63	1.00	1.00	
Karadiken	1.56	-0.25	0.53	-0.73	-0.69	0.17	1.56	1.56	1.56	
Gölköşü	-0.34	-0.43	-0.93	-1.26	-1.21	-0.48	-0.34	1.00	1.00	
Kuşluca	-6.33	-4.24	0.54	0.44	1.21	0.43	1.21	1.21	1.21	
Budak	-0.12	0.47	0.78	0.74	0.29	2.22	2.22	2.22	2.22	
Tolca	-4.00	-2.72	-2.48	-1.10	-1.17	0.18	0.18	1.00	1.00	
Gölyaka	0.13	0.77	0.38	-0.36	2.14	2.17	2.17	2.17	2.17	
Kurucuova	4.43	1.20	0.89	0.93	1.53	1.92	4.43	3.00	3.00	
Yeşildağ	-0.08	1.21	-0.29	-0.61	-0.63	0.20	0.20	1.00	1.00	
Gedikli	3.85	2.30	2.09	1.23	0.79	0.61	3.85	3.00	3.00	
Karayaka	0.37	0.18	2.08	0.97	0.99	0.60	2.08	2.08	2.08	
Çeltek	0.88	0.91	0.78	0.52	0.43	-0.33	0.91	1.00	1.00	
Gölkonak	3.22	0.81	1.04	0.29	-0.42	-0.32	3.22	3.00	3.00	
Sarıkaya	0.50	2.30	2.46	1.80	1.92	1.25	2.46	2.46	2.46	
2007 Adrese Dayalı Nüfus Sayımına Göre 2008-2010 Yılları Arası Nüfus Artış Katsayıları										
	2008	2009	2010	Çmak	Çseçilen					
İlçe-Kasaba-Köy	-3.66	-0.42	1.10	1.10	1.10	1.10				
Beyşehir_Merkez	-1.00	-5.33	-4.43	-4.43	1	1				
Akburun	1.68	0.67	1.43	1.43	1.43	1.43				
Karadiken	-0.82	1.09	-0.37	1.09	1.09	1.09				
Gölköşü	10.11	-3.52	0.00	0.00	1	1				
Kuşluca	2.36	2.79	1.09	2.79	2.79	2.79				
Çiftlik Köy	-4.53	-7.23	-6.51	-6.51	1	1				
Budak	-3.02	-3.27	-3.93	-3.27	1	1				
Tolca	-10.69	-7.92	-7.52	-7.52	1	1				
Gölyaka	-9.21	-12.34	-8.93	-8.93	1	1				
Kurucuova	7.55	-0.49	0.34	0.34	1	1				
Yeşildağ	-2.81	-3.25	-0.79	-0.79	1	1				
Gedikli	-4.04	-2.65	-2.68	-2.65	1	1				
Karayaka	-8.17	-4.03	-1.57	-1.57	1	1				
Çeltek	-0.56	-0.56	0.28	0.28	1	1				
Gölkonak	-4.13	-3.23	-1.72	-1.72	1	1				
Sarıkaya										

İlçe-Kasaba-Köy	Seçilen Ç	N ₂₀₁₀	N ₂₀₄₀	q _{max}	Q _{insan} (lt/sn)	B.B. ve K.B. Hayvan Yüzdesi	Q _{hayvan} lt/sn
İlçe-Kasaba-Köy	2.05	62305	170	122.59	0.15	7.03	
Beyşehir_Merkez	1.00	704	60	0.49	0.5	0.26	
Akburun	1.43	476	60	0.33	0.5	0.18	
Karadiken	1.09	501	60	0.35	0.5	0.19	
Gölköşü	1.00	253	60	0.18	0.5	0.10	
Kuşluca	2.79	500	60	0.35	0.5	0.19	
Çiftlik Köy	1.00	632	60	0.44	0.5	0.24	
Budak	1.00	632	60	0.44	0.5	0.24	
Tolca	1.00	918	60	0.64	0.5	0.35	
Gölyaka	1.00	1481	60	1.03	0.15	0.17	
Kurucuova	1.00	2653	60	1.84	0.5	1.00	
Yeşildağ	1.00	844	60	0.59	0.5	0.32	
Gedikli	1.00	523	60	0.36	0.5	0.20	
Karayaka	1.00	472	60	0.33	0.5	0.18	
Çeltek	1.00	489	60	0.34	0.5	0.18	
Gölkonak	1.00	403	60	0.28	0.5	0.15	
Sarıkaya	1.00						

Fabrika	1 kg pamuğun işlenmesi için gerekli su miktarı(lt)	Günlük kapasite (kg)	Q _{sanayi} (lt/sn)
Beyteks Tekstil Fabrikası	200	41000	94.91

**1 kg pamuğun işlenmesi için gerekli su 200 lt (<http://www.iski.gov.tr/Web/statistik.aspx?KID=1000899>)

Hastane	Personel ve Hasta Sayısı	q _{maks} (lt/gün)	Q _{özel} (lt/sn)
Beyşehir Devlet Hastanesi	500	300	1.74

Yıl	Nüfus	Q _{insan} (lt/sn)	Q _{Hayvan} (lt/sn)	Q _{sanayi} (lt/sn)	Q _{özel} (lt/sn)	Q _{İht} (lt/sn)
2040	58566	130.56	10.96	94.91	1.74	238.17

- GBaH: İlk anda gölde bulunan hacim (hm^3) Yılbaşında gölde bulunan hacim değeri 1999 Ocak ayı su kotu 1122,27 m karşılığı olan $3196,47 \text{ hm}^3$ olarak alınmıştır.

- BEAmax ve BEAmin: Sulu tarım yapılabilecek alanın alt ve üst değerleridir (ha).

Bitki ekim alanı alt ve üst sınırı modelleme başında kullanıcı tarafından belirlenmektedir. Beyşehir Gölü kullanılarak sulaması yapılan sulu tarım arazisi 60.000-90.000 ha aralığında iken, ilerleyen yıllarda gölün beslemekte olduğu Konya Ovasında damla sulama ve su transferi gibi alternatif projeler ile sulama alanının yaklaşık 560.000 ha'a kadar çıkması hedeflenmektedir. Modelleme kapsamında bitki ekim alanına farklı değerler verilerek hesaplamalar yapılabilmektedir.

- DEY: Yağış miktarının ölçüm verileri ile elde edilen değerlerin üstünde seçilmesi tercih edilirse 1 (bir)'den yüksek, yağış miktarının ölçüm verileri ile elde edilen değerlerin altında seçilmesi tercih edilirse 1 (bir)'den az değer seçilmektedir. Herhangi bir değişiklik tercih edilmez ise değeri 1 (bir) seçilmektedir.
- tahliyemax: Beyşehir Gölü çıkışında bulunan regülatörler vasıtasıyla boşaltılabilecek aylık maksimum hacim değeridir. Bu değer aşağıda Denklem 4.2 ve 4.3'de verilmiş olan orifis denklemi kullanılarak hesaplanmıştır.

$$V = \sqrt{2 * g * (h_2 - h_1)} \quad (4.2)$$

$$Q = V * 0,61 * A \quad (4.3)$$

Burada; h_2 =Maksimum göl yüzeyi kotu (1126 m), h_1 =kanal eşik kotu (1121,03) m, g =yer çekimi ivmesi ($9,81 \text{ m/s}^2$), A kesit alanı ($15 \text{ adet} * 1,5 \text{ m} * 1,5 = 33,75 \text{ m}^2$) olmaktadır.

Maksimum tahliye kapasitesi göl çıkışında bulunan 15 kapağın tamamının açık olması durumunda aylık 526 hm^3 olarak hesaplanmıştır.

- AHPSULAMA
- AHPHAYVANCILIK

- AHPKENTSEL
- AHPSOSYAL
- AHPDOGA

AHS yöntemi ile elde edilen göreceli fayda değerleridir. Kullanıcının hangi faktöre ne kadar değer verdiğini yansıtmaktadır. Sübjektif olarak kullanıcı tercihinine göre değiştirilebilir. Ancak 5 ana faktörün toplamı 100 değerini vermelidir.

Tüm sabit değerlerin model ara yüzüne girilmiş haline ait ekran görüntüsü Şekil 4.5’de bulunmaktadır.

```

scalars

Ah Havza Alanı(hm2) /413725/

*Maxha Maksimum Göl Hacmi(Göl Kotu 1126) (h 11.6 m) /5979/
*Minha Minimum Göl Hacmi(Göl Kotu 1118.4) (h 4.2 m) /1185.6/

gtk Göl taban kotu m /1114.40/

c Yüzeysel Akış Katsayısı /0.144/

*Göl başlangıç kotu 1122,27 olarak alınmıştır.
*(1999-Ocak Ayı Beyşehir Gölü Yüzey kotu değeri.)
*Bu kota karşılık gelen göl hacmi ilk hacim olarak modele dahil edilmiştir.

GBaH İlk Yıl Gölde Bulunan Hacim 2006 yılı Ocak ayı su kotu 1122.27 m /3196.47/

BEAmax Ekim yapılabilecek maksimum alan (hm2) /100000/
BEAmin Ekim yapılabilecek minimum alan (hm2) /80000/

DEY YAĞIŞ DEĞİŞİKLİK KATSAYISI /1/
*Beyşehir Gölü çıkışında bulunan kanallar ile kontrollü olarak su tahliyesi
*yapılabilmektedir.Bu kanalların kapasiteleri orifis denklemleri kullanılarak
*GAMS hesaplanmış ve maksimum tahliye kapasitesi belirlenmiştir.

tahliyemax Kanal ile boşaltılabilecek en büyük hacim (hm3 ay) /526/

*FAYDA KATSAYILARI*
AHPULAMA /43/
AHPHAYVANCILIK /6/
AHPKENTSEL /15/
AHPSOSYAL /9/
AHPDOGA /27/

```

Şekil 4.5 Sabit parametrelerin GAMS programı ara yüzüne girilmiş haline ait ekran görüntüsü

4.3.4 Serbest ve Pozitif Değişkenlerin Tanımlanması

Bu aşamaya kadar modele tanımlı yapılan aylık olarak değişen girdiler ve sabit girdiler GAMS dışında çeşitli yöntem ve ölçümlerle elde edilmişti. Bu aşamadan sonra tanımlanan değişkenler ise sonraki aşamada tanımlanacak denklem ve kısıtlamalar dahilinde GAMS tarafından hesaplanmaktadır.

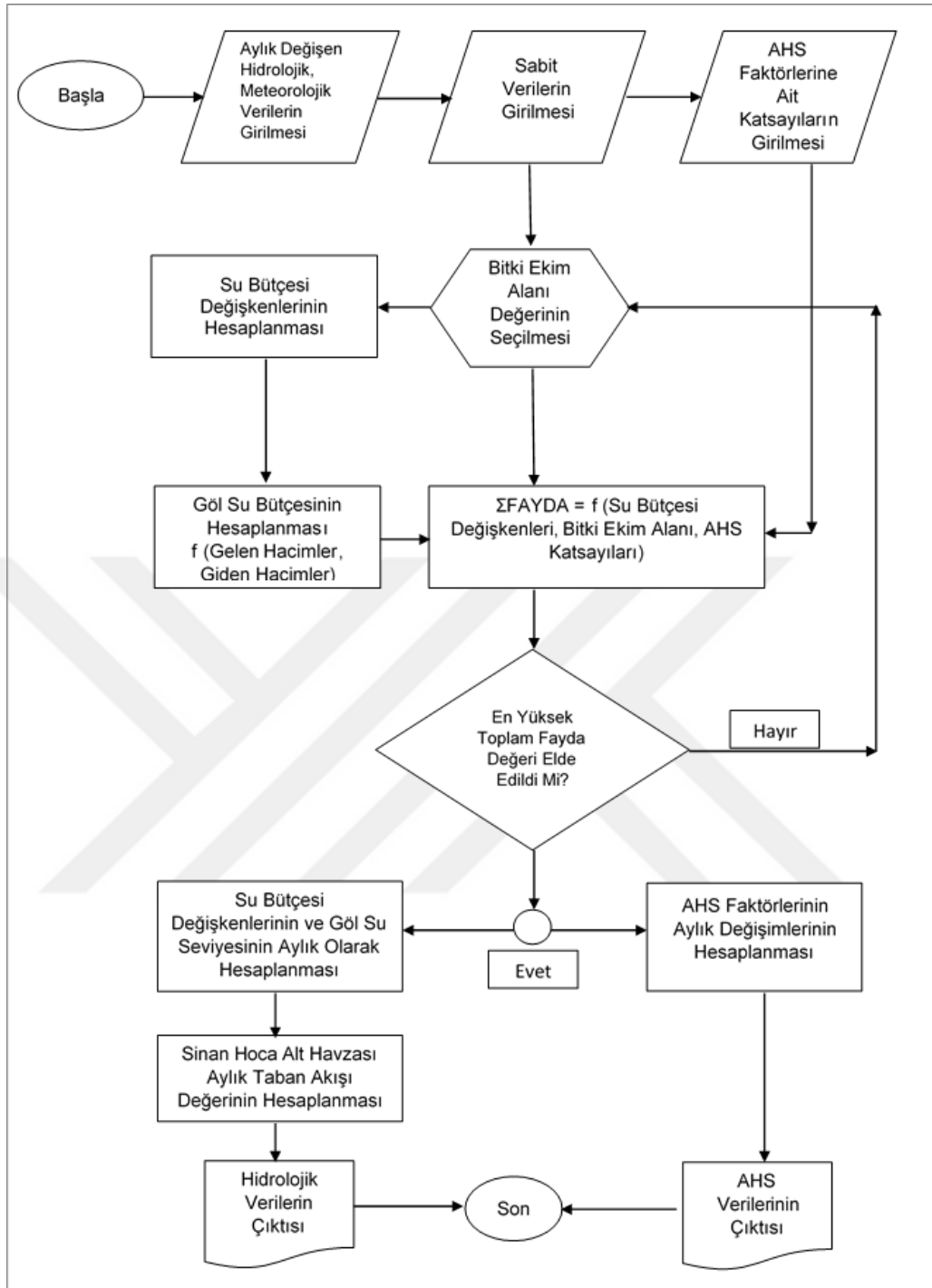
GAMS yazılımı ile hazırlanan modeller genel olarak bir amaç fonksiyonunu maksimize ya da minimize ederek işlem sonunda kullanıcı tarafından tanımlanan değişkenlerin değerini vermektedir.

Çalışmamız kapsamında hazırlanan modelde 11 adet serbest değişken, 20 adet pozitif değişken bulunmaktadır. Modelin sonuç raporunda tüm değişkenlerin değeri hesaplanmış ve optimum sonuç elde edilmiştir. Söz konusu değişkenler aşağıda liste halinde ve bu değişkenlerin dahil olduğu modele ait akış diyagramı Şekil 4.6'da sunulmuştur.

Tüm hacim değerleri hm^3 , göl yüzey kotu ve göl su seviyesi yüksekliği m, alanlar ha, fayda değerleri ise AHS ile belirlenen görelî önem değerleri üzerinden hesaplanmıştır.

Serbest değişkenler;

- FAYDA Genel Olarak Faydanın Karşılanma Oranı (Maksimize edilen değişken.)
- QSLMF(Y) Tarımsal Su Kullanımı Fayda Beklentisinin Karşılanma Oranı
- HAYF(A,Y) Aylık Hayvancılık Faaliyetleri Fayda Beklentisinin Karşılanma Oranı
- KENTS(A,Y) Aylık Kentsel Kullanım Fayda Beklentisinin Karşılanma Oranı
- SOSYAL(A,Y) Aylık Sosyal Faaliyetler Fayda Beklentisinin Karşılanma Oranı
- DOGAHF (A,Y) Aylık Doğal Hayat Fayda Beklentisinin Karşılanma Oranı
- BEAF Tarımsal Su Kullanımı Ortalama Fayda Değeri
- HAYVF Hayvancılık-Balıkçılık Su Kullanımı Ortalama Fayda Değeri
- KENTF Kentsel Su Kullanımı Ortalama Fayda Değeri
- SOSYALF Sosyal Faaliyetler Ortalama Fayda Değeri
- DOGHF Doğal Hayat Ortalama Fayda Değeri



Şekil 4.6 Oluşturulan optimizasyon modeline ait akış şeması

4.3.5 Denklemler ve Kısıtların Tanımlanması

GAMS optimizasyon programının bir sonraki aşaması çözümü yapılacak denklemlerin tanıtılması aşamasıdır. Bu aşamada İlk olarak modele etkiyen ve çözülmesi istenen her bir denkleme ayrı bir ad verilir. 2. adımda adı verilen

denklem tanıtılır. Denklemlere koşul yapıları eklenebilir, indisler ile zaman serilerini içermesi sağlanabilir.

Oluşturulan modelde, denklemlerden en önemlisi maksimize edilecek olan amaç fonksiyonu diğeri su bütçesi denklemdir. Bu çalışma kapsamında oluşturulan modelde 32 adet denklem bulunmakta olup denklemlerin nasıl kurulduğu ve birbirleriyle olan ilişkisi aşağıda açıklanmıştır. Metot olarak tümden gelim yöntemi seçilmiş maksimize edilen amaç fonksiyonundan başlayarak alt kademe denklemlerin açıklamaları yapılmıştır.

4.3.5.1. Amaç Fonksiyonu (OBJECTIVE)

Oluşturulan optimizasyon modelinde temel fonksiyonun adı “OBJECTIVE” bu fonksiyon ile maksimize edilen değişkenin adı ise “FAYDA”’dır. FAYDA değişkeni, serbest değişken olarak tanımlanmış olup 5 farklı serbest değişkenin ağırlıklandırılmış aritmetik ortalamasından oluşmaktadır. GAMS programında aşağıdaki gibi tanıtılmıştır;

$$\text{OBJECTIVE..FAYDA} = e = ((\text{BEAF} * \text{AHPSULAMA}) + (\text{HAYVF} * \text{AHPHAYVANCILIK}) + (\text{KENTF} * \text{AHPKENTSEL}) + (\text{SOSYALF} * \text{AHP SOSYAL}) + (\text{DOGHF} * \text{AHP DOGA}))/100;$$

“OBJECTIVE” denkleminin sağında bulunan ve ağırlıklı aritmetik ortalaması alınan 5 değişken kaynağını bu çalışma kapsamında tamamlanan ve AHS ile bulunan 5 ana faktörden almaktadır.

Buna göre; BEAF değişkeni sulu tarım yapılarak bitki ekim alanından elde edilen faydalanma oranını, HAYVF değişkeni hayvancılık/balıkçılık faaliyetleri ile elde edilen faydalanma oranını, KENTF değişkeni kentsel su kullanımı ile elde edilen fayda oranını, SOSYALF değişkeni sosyal faaliyetler ile elde edilen fayda oranını, DOGHF değişkeni ise doğal hayat ile elde edilen fayda oranını temsil etmektedir. Bu değişkenlerin çarpım halinde bulundukları AHPSULAMA, AHPHAYVANCILIK, AHPKENTSEL, AHP SOSYAL VE AHP DOGA terimleri ise toplamı 100 olan sabit değerler olup, çalışma kapsamında tamamlanan analitik hiyerarşik süreç (ing.AHP) neticesinde elde edilen göreceli önem değerleridir.

GAMS programı yaptığı iterasyonları FAYDA terimini maksimize edecek şekilde devam ettirmektedir. Dolayısı ile yapılan işlemler, FAYDA terimini veren değişkenlerin maksimum değere ulaşmasını sağlamaya çalışmaktadır. Farklı bir deyişle OBJECTIVE denkleminde aynı anda toplam halinde bulunan tüm faktörlerin en yüksek fayda değerinde olması hedeflenmektedir.

Aşağıda FAYDA terimini oluşturan her bir terimin açılımı sırasıyla verilmiştir.

- Tarımsal Faaliyetler Fayda Denklemi (BEAFD):

Tarımsal faaliyetler fayda denklemi (BEAFD) ile sulu tarım yapılarak bitki ekim alanından elde edilen ortalama fayda oranı (BEAF) hesaplanmaktadır. Bu denklem GAMS programında aşağıdaki gibi tanımlanmıştır;

$$BEAFD.. BEAF =e= ((sum ((Y), QSLMF(Y)))/5);$$

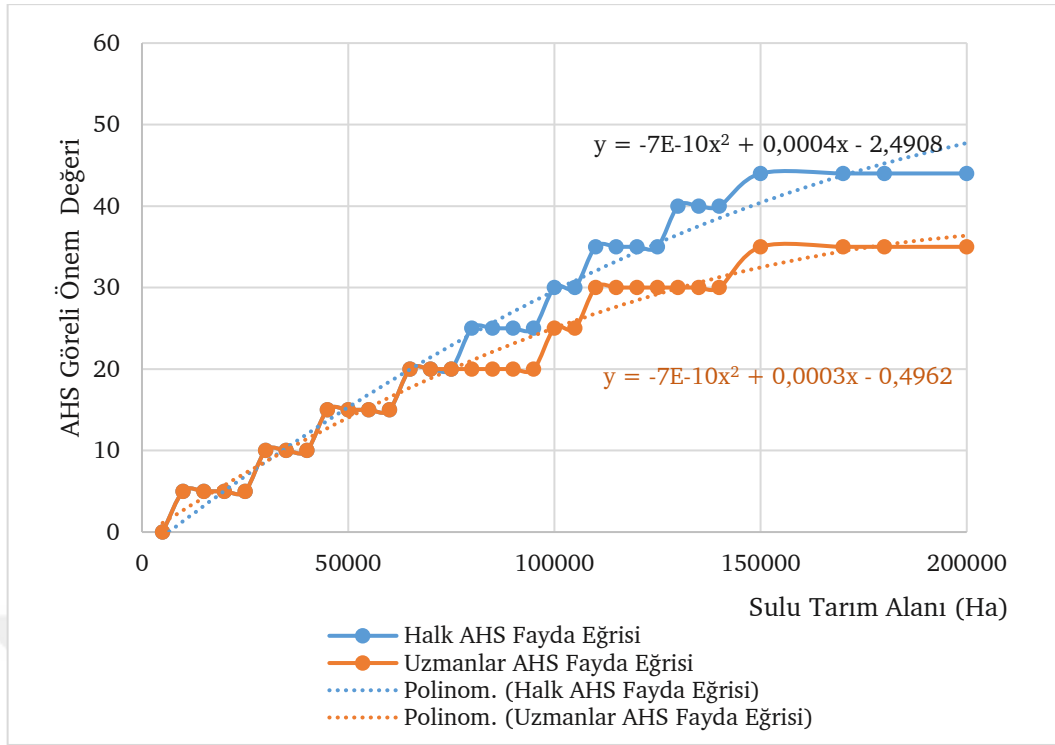
Matematiksel ifade ile

TARIMSAL SU KULLANIMI ORTALAMA FAYDA DEĞERİ

$$= \frac{\sum_{y=İLK YIL}^{SONUNCU YIL} QSLMF_{YIL}}{5}$$

(4.4)

Burada $QSLMF_{YIL}$ değişkeni, tarımsal su kullanımının fayda beklentisini karşılama oranı olarak tanımlanmıştır. $QSLMF_{YIL}$ değişkeni, Beyşehir Gölü su hacmi kullanılarak sulanabilecek tarım alanı miktarı ile sulu tarıma verilen önemi ifade eden AHS göreceli önem değeri arasındaki ilişkiyi veren bir denklem kullanılarak hesaplanmaktadır. Sulu tarım alanı, AHS göreceli önem değeri arasındaki ilişkiyi gösterir grafik Şekil 4.7’de sunulmuştur.



Şekil 4.7 Sulu tarım AHS önem değeri – sulu tarım alanı ilişkisi

Hali hazırda Beyşehir Gölü ile sulanan tarım arazisi miktarı 60.000 - 90.000 ha aralığındadır. İlerleyen yıllarda bu miktarın artırılması planlanmaktadır. Ancak daha önce yapılan çalışmalar ve çalışma kapsamında yapılan istatistik analizlerde sulu tarım amaçlı su çekimlerinin göl su bütçesine büyük yük getireceği, mevcut şartlar altında sulu tarım alanının 100.000 ha'ı aşması halinde göl su seviyesinde düşüş yaşanacağı öngörülmüştür (Şanlı, 2014). Bu durum göz önüne alınarak Şekil 4.7'de görüldüğü gibi sulu tarım alanı üst sınırı 200.000 ha olarak seçilmiştir. Kullanıcı isteğine bağlı olarak bu miktar değiştirilebilir.

Çalışma kapsamında tamamlanan AHS çalışması neticesinde bir havzada bulunan ve su potansiyelinin harcanabileceği ana faktörler belirlenmiş, her bir faktöre yüklenen önem değerleri elde edilmiştir. Buna göre Beyşehir Gölü Havzası'nda yaşayan halk niteliğindeki katılımcılar sulu tarım faktörünün önem değerini 44, uzmanlar ise 35 olarak belirlemişlerdir. Bu durum göz önüne alınarak tarım alanı miktarının azalması ile beklentinin daha az karşılanacağı, tarım alanı miktarının artması ile bir noktadan sonra beklenti karşılanma değerinin en üst seviyeye ulaşacağı yani en büyük faydanın sağlanacağı öngörülmüştür. Tarım alanının daha fazla artması, diğer faktörlerin varlığı nedeniyle kullanıcılar için daha fazla

önem taşımayacak, su potansiyelinin kullanımına ilişkin faktör önem dağılımı aynı seviyelerde kalacaktır.

Buna göre $QSLMF_{YIL}$ değerini hesaplayan denklemler GAMS programına aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

Halk AHS değerleri ile

$QSLMFD(Y)..QSLMF(Y)=e=$

$((-0.0000000007*(BEA(Y)**2))+0.0003908804*BEA(Y)-2.4908422138)$
/AHPSULAMA;

Uzmanlar AHS değerleri ile

$QSLMFD(Y)..QSLMF(Y)=e=$

$((-0.000000000710*(BEA(Y)**2))+0.000326214119*BEA(Y)-$
0.496236021068)/AHPSULAMA;

Bu denklemler ile her yılın başında belirlenen sulu tarım alanı miktarına göre bir fayda değeri elde edilmiş, elde edilen fayda değeri AHPSULAMA değerine (halk için 44,uzmanlar için 35) bölünerek sulu tarım faaliyetleri ile su potansiyelinin harcanması karşılığında beklentinin ne oranda yakalandığı her yıl için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Bir üst seviyedeki denklemde her yıl için ayrı ayrı hesaplanan sulu tarım fayda değerleri ($QSLMF_{YIL}$), toplanarak aritmetik ortalaması alınmış, böylece 5 yıllık dönemin tamamını temsil eden beklenti karşılama oranı elde edilmiştir.

Burada değerlendirilmesi gereken husus, sulu tarımdan daha büyük fayda sağlanması amacı ile daha fazla tarım alanı miktarının seçilmesi halinde daha fazla sulama suyu hacmi gerekeceği, bu nedenle göl su hacminin daha kısa sürede azalacağı, buna paralel olarak göl su seviyesi ile ilişkili olan diğer faktörlerden zarar elde edileceği durumudur. Modele tanımlanan diğer denklemler ile değişkenler arasındaki bu ilişki bir arada değerlendirilmekte ve optimum çözüm elde edilmektedir.

- Hayvancılık/Balıkçılık Faaliyetleri Fayda Denklemi (HAYVFD)

Hayvancılık/Balıkçılık faaliyetleri fayda denklemi (HAYVFD) ile su potansiyelinin hayvancılık/balıkçılık faaliyetlerine ayrılması ile elde edilecek ortalama fayda değeri oranı (HAYVF) hesaplanmaktadır. Bu denklem GAMS programında aşağıdaki gibi tanımlanmıştır;

$$HAYVFD.. HAYVF =e= ((\text{sum} ((A,Y), HAYF(A,Y)))/60);$$

Matematiksel ifade ile

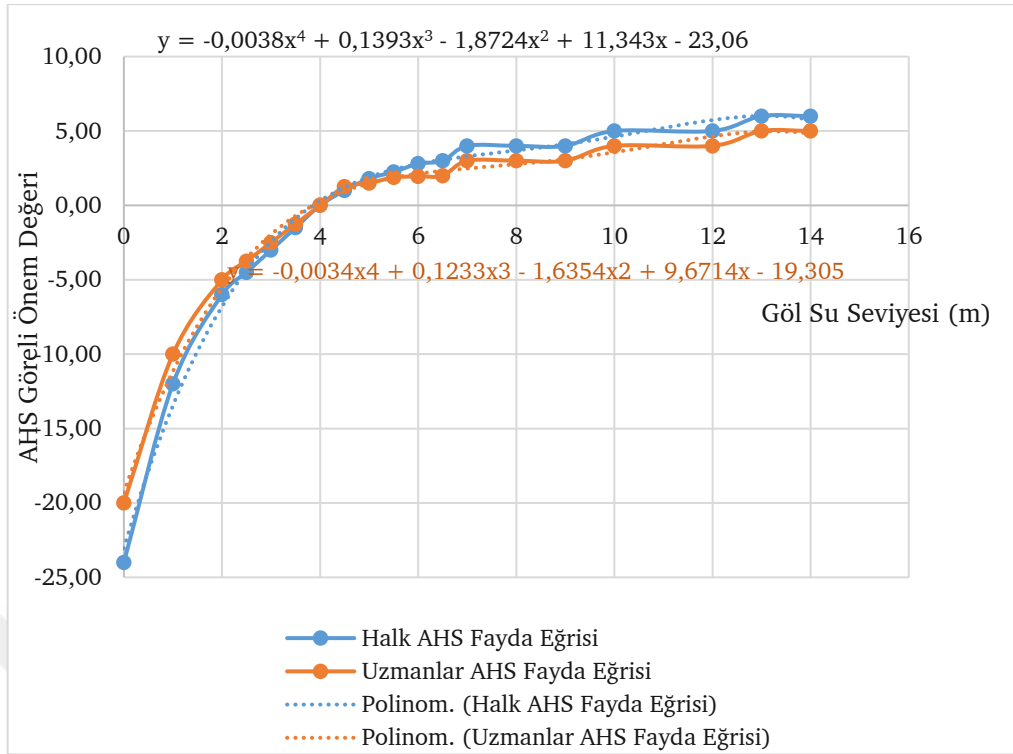
HAYVANCILIK VE BALIKÇILIK SU KULLANIMI ORTALAMA FAYDA DEĞERİ

$$= \frac{\sum_{y=\text{İLK AY}}^{\text{SONUNCU AY}} HAYF_{AY}}{60}$$

(4.5)

Burada $HAYF_{AY}$ değişkeni, hayvancılık/balıkçılık faaliyetleri için su kullanımın getireceği faydanın karşılama oranı olarak tanımlanmıştır.

Beyşehir Gölü Havzası'nda yürütülen balıkçılık ve hayvancılık faaliyetleri göl su seviyesi ve dolayısı ile göl su hacmi ile yakından ilişkilidir. Göl su seviyesinde yaşanacak ani düşüş bu faktörden elde edilmesi istenilen faydayı olumsuz etkileyecektir. Tarımsal faaliyetlerde sulu tarım alanı yıllık olarak belirlenmektedir. Sulu tarım alanının her ay değiştirilme imkânı yoktur. Bu nedenle modele yıl indisi ile dâhil edilmiştir. Ancak hayvancılık/balıkçılık faaliyetleri aylık şartlara göre değerlendirilebilmektedir. $HAYF_{AY}$ değişkeni, Beyşehir Gölü su seviyesi ile balıkçılık/hayvancılık faaliyetlerine verilen önemi ifade eden AHS görelî önem değeri arasındaki ilişkiyi veren bir denklem kullanılarak hesaplanmaktadır. Göl su seviyesi, balıkçılık faaliyetleri AHS görelî önem değeri arasındaki ilişkiyi veren grafik Şekil 4.8'de sunulmuştur.



Şekil 4.8 Balıkçılık/Hayvancılık AHS önem değeri – göl su seviyesi ilişkisi

Şekil 4.8 'de bulunan Balıkçılık/Hayvancılık AHS Önem Değeri – Göl Su Seviyesi ilişkisi incelendiğinde AHS göreli önem değerinin göl su seviyesinin 4 m ve üzerindeki değerlerinde pozitif yönde arttığı, bu seviyenin altındaki değerlerde ise negatif yönde artan değerler aldığı görülmektedir. Bunun nedeni literatüre uygun olarak Beyşehir Gölü su seviyesinin kuraklık sınırının 4 m (1118 m kotu) olarak seçilmesidir. Göl su seviyesinin 13 m (1127 m kotu) ve üzerine çıkması halinde ise taşkın riski başlamaktadır. Bu durum göz önüne alınarak modele dahil edilen denklemlerde en yüksek faydayı verecek su seviyesi aralığının 12-13 m aralığında olması sağlanmıştır.

Çalışma kapsamında tamamlanan AHS çalışması sonucunda Beyşehir Gölü Havzası'nda yaşayan halk niteliğindeki katılımcılara için hayvancılık/balıkçılık faktörünün önem değerini 6, uzmanlar için ise 5 olarak belirlenmiştir. Göl su seviyesinde yaşanacak düşüşler sonucunda ortaya çıkabilecek kuraklıklarda bu fayda beklentisinin karşılanamayacağı ve orta vadede beklentiye ters orandaki değerlerde zarar görülebileceği öngörülerek AHS önem değerleri orantılı olarak negatif seviyelere düşürülmüştür.

Buna göre $HAYF_{AY}$ değerini hesaplayan denklemler GAMS programına aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

Halk AHS değerleri ile

$$HAYVFAD(A,Y)..HAYF(A,Y)=e=((-0.0038*(h(A,Y)**4)) + (0.1393*(h(A,Y)**3)) - (1.8724*(h(A,Y)**2)) + 11.343*h(A,Y) - 23.06)/AHPHAYVANCILIK;$$

Uzmanlar AHS değerleri ile

$$HAYVFAD(A,Y)..HAYF(A,Y)=e=((-0.0034*(h(A,Y)**4)) + (0.1233*(h(A,Y)**3)) - (1.6354*(h(A,Y)**2)) + 9.6714*h(A,Y) - 19.305)/AHPHAYVANCILIK;$$

Bu denklemler ile her ay için göl su seviyesine bağlı olarak bir fayda değeri elde edilmiş, elde edilen fayda değeri AHPHAYVANCILIK değerine (halk için 6, uzmanlar için 5) bölünerek hayvancılık/balıkçılık faaliyetleri ile su potansiyelinin harcanması karşılığında beklentinin ne oranda yakalandığı her ay için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Bir üst seviyedeki denklemde her ay için ayrı ayrı hesaplanan hayvancılık/balıkçılık fayda değerleri ($HAYF_{AY}$), toplanarak aritmetik ortalaması alınmış, böylece 60 aylık dönemin tamamını temsil eden beklenti karşılama oranı elde edilmiştir.

- Kentsel Su Kullanımı Fayda Denklemi (KENTFD)

Kentsel su kullanımı fayda denklemi (KENTFD) ile su potansiyelinin kentsel kullanım için ayrılması ile elde edilecek ortalama fayda oranı değeri (KENTF) hesaplanmaktadır. Bu denklem GAMS programında aşağıdaki gibi tanımlanmıştır;

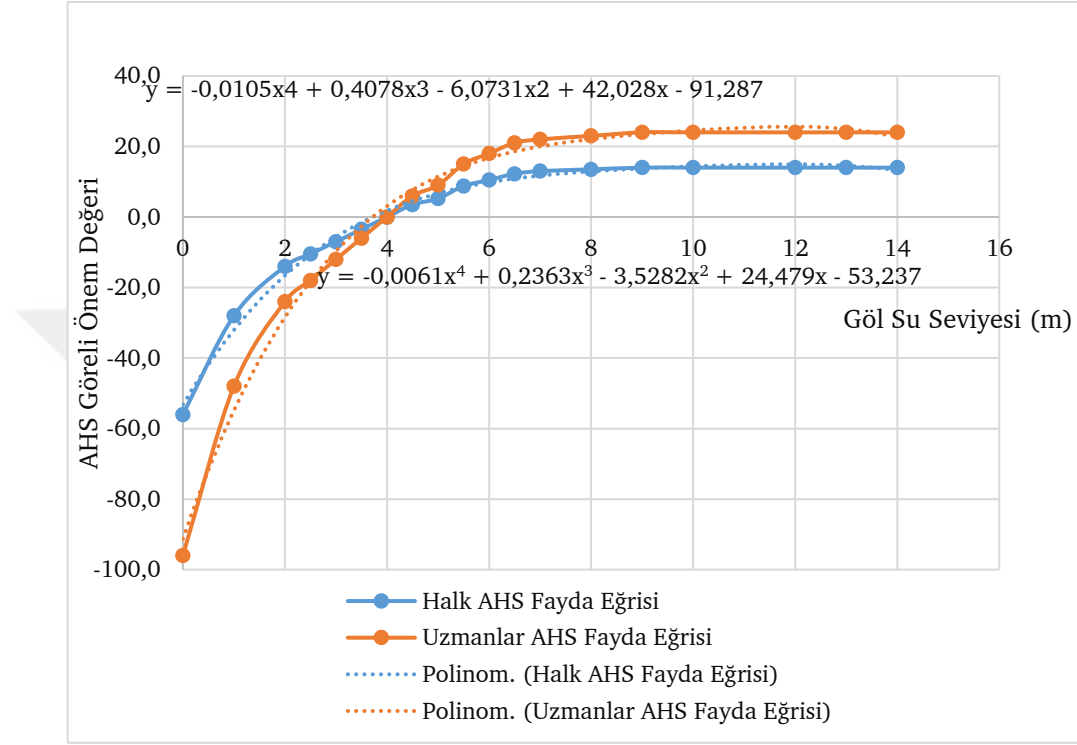
$$KENTFD..KENTF =e= ((sum((A,Y),KENTS(A,Y)))/60);$$

Matematiksel ifade ile

$$KENTSEL\ SU\ KULLANIMI\ ORTALAMA\ FAYDA\ DEĞERİ = \frac{\sum_{y=İLK\ AY}^{SONUNCU\ AY} KENTS_{AY}}{60}$$

(4.6)

Burada $KENTS_{AY}$ değişkeni, kentsel kullanım için su kullanımının getireceği faydanın karşılanma oranı olarak tanımlanmıştır. $KENTS_{AY}$ değişkeni, Beyşehir Gölü su seviyesi ile kentsel su kullanımı faaliyetlerine verilen önemi ifade eden AHS göreceli önem değeri arasındaki ilişkiyi veren bir denklem kullanılarak hesaplanmaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Kentsel kullanım AHS önem değeri – göl su seviyesi ilişkisi

Hayvancılık/Balıkçılık faaliyetleri ile göl su seviyesi arasında kurulan ilişkiye ait grafiğe benzer olarak kentsel kullanım göl su seviyesi arasında kurulan ilişki grafiğinde de göl su seviyesinin 4 m ve üzerinde olması halinde fayda değerleri pozitif yönde artmış, bu seviyenin altında negatif yönde azalış göstermiştir. Denklemi oluşturan eğri, göl su seviyesinin taşkın sınırına yaklaşması ile fayda değerinde azalış olacak şekilde geçirilmiştir.

Çalışma kapsamında tamamlanan AHS çalışması sonucunda Beyşehir Gölü Havzası'nda yaşayan halk niteliğindeki katılımcılara için kentsel su kullanımı faktörünün önem değerini 14, uzmanlar için ise 24 olarak belirlenmiştir. Göl su seviyesinde yaşanacak düşüşler sonucunda ortaya çıkabilecek kuraklıklarda bu fayda beklentisinin karşılanamayacağı ve orta vadede beklentiye ters orandaki

değerlerde zarar görülebileceği öngörülerek AHS önem değerleri orantılı olarak negatif seviyelere düşürülmüştür.

Buna göre $KENTS_{AY}$ değerini hesaplayan denklemler GAMS programına aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

Halk AHS değerleri ile

$$KENTSD(A,Y)..KENTS(A,Y)=e=(((-0.0061*(h(A,Y)**4))+(0.2363*(h(A,Y)**3))- (3.5282*(h(A,Y)**2))+24.479*h(A,Y)-53.237)- (QTAS(A,Y)*AHPKENTSEL))/AHPKENTSEL;$$

Uzmanlar AHS değerleri ile

$$KENTSD(A,Y)..KENTS(A,Y)=e=(((-0.0105*(h(A,Y)**4))+(0.4078*(h(A,Y)**3))- (6.0731*(h(A,Y)**2))+42.028*h(A,Y)-91.287)- (QTAS(A,Y)*AHPKENTSEL))/AHPKENTSEL;$$

Bu denklemler ile her ay için göl su seviyesine bağlı olarak kentsel kullanımdan sağlanan bir fayda değeri elde edilmiştir. Elde edilen toplam fayda değeri AHPKENTSEL değerine (halk için 14, uzmanlar için 24) bölünerek kentsel kullanım faaliyetleri ile su potansiyelinin harcanması karşılığında beklentinin ne oranda yakalandığı her ay için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Denklemin içerisinde bulunan $QTAS(A,Y)$ değişkeni denkleme, taşkın hacmi zararını yansıtmak için dâhil edilmiştir. Taşkın hacmi ilerleyen bölümlerde açıklanacağı üzere su bütçesi denklemleri ile hesaplanmakta olup sıfır değerine sahip olduğunda fayda değerine hiçbir etkisi olmamaktadır.

Bir üst seviyedeki denklemde her ay için ayrı ayrı hesaplanan kentsel kullanım fayda değerleri ($KENTS_{AY}$), toplanarak aritmetik ortalaması alınmış, böylece 60 aylık dönemin tamamını temsil eden beklenti karşılama oranı elde edilmiştir.

- Sosyal Faaliyetler Fayda Denklemi (SOSFD)

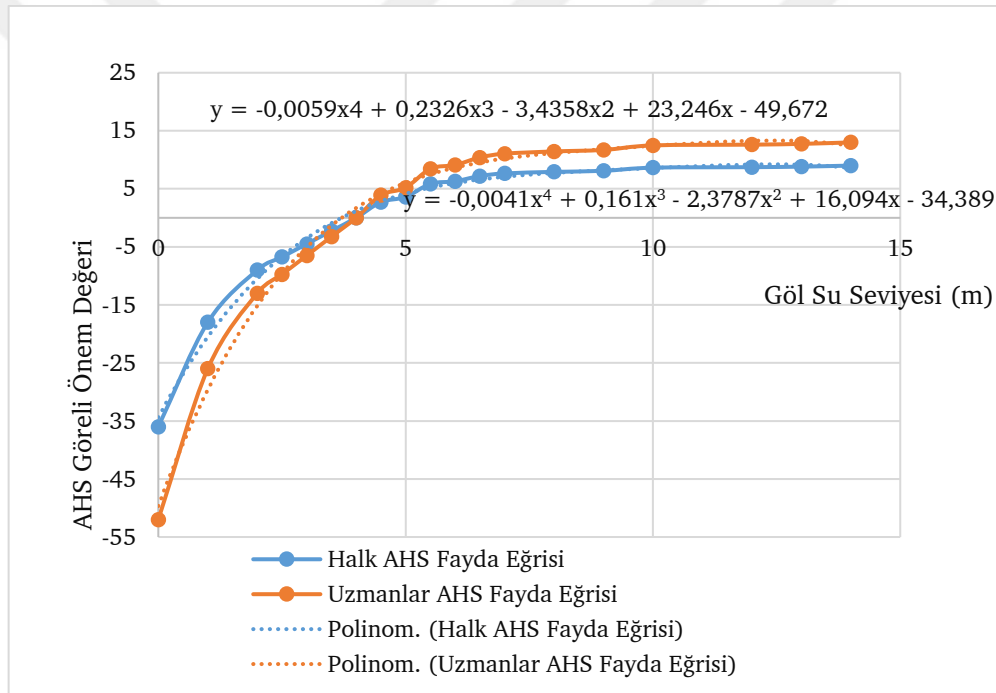
Sosyal faaliyetler fayda denklemi (SOSFD) ile su potansiyelinin sosyal faaliyetler kullanımı için ayrılması ile elde edilecek ortalama fayda değeri oranı (SOSYALF) hesaplanmaktadır. Bu denklem GAMS programında aşağıdaki gibi tanımlanmıştır;

SOSFD.. SOSYALF =e= ((sum((A,Y),SOSYAL(A,Y)))/60);

Matematiksel ifade ile

$$SOSYAL FAALİYETLER ORTALAMA FAYDA DEĞERİ = \frac{\sum_{y=İLK AY}^{SONUNCU AY} SOSYAL_{AY}}{60} \quad (4.7)$$

Burada $SOSYAL_{AY}$ değişkeni, sosyal faaliyetler (turizm, rekreasyon, gezi vb..) için su kullanımın getireceği faydanın karşılanma oranı olarak tanımlanmıştır. $SOSYAL_{AY}$ değişkeni, Beyşehir Gölü su seviyesi ile su potansiyelinin sosyal faaliyetler kullanımı için önemini ifade eden AHS görelî önem değeri arasındaki ilişkiyi veren bir denklem kullanılarak hesaplanmaktadır (Şekil 4.10)



Şekil 4.10 Sosyal faaliyetler AHS önem değeri – göl su seviyesi ilişkisi

Çalışma kapsamında tamamlanan AHS çalışması sonucunda Beyşehir Gölü Havzası'nda yaşayan halk niteliğindeki katılımcılara için sosyal yaşam faktörünün önem değerini 9, uzmanlar için ise 13 olarak belirlenmiştir. Göl su seviyesinde yaşanacak düşüşler sonucunda ortaya çıkabilecek kuraklıklarda bu fayda beklentisinin karşılanamayacağı ve orta vadede beklentiye ters orandaki değerlerde zarar görülebileceği öngörülerek AHS önem değerleri orantılı olarak negatif seviyelere düşürülmüştür.

Buna göre $SOSYAL_{AY}$ değerini hesaplayan denklemler GAMS programına aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

Halk AHS değerleri ile

$$SOSYALFD(A,Y)..SOSYAL(A,Y)=e= (((-0.0041*(h(A,Y)**4))+(0.161*(h(A,Y)**3))- (2.3787*(h(A,Y)**2))+16.094*h(A,Y)-34.389)- (QTAS(A,Y)*AHPSOSYAL))/AHPSOSYAL;$$

Uzman AHS değerleri ile

$$SOSYALFD(A,Y)..SOSYAL(A,Y)=e= (((-0.0059*(h(A,Y)**4))+(0.2326*(h(A,Y)**3))- (3.4358*(h(A,Y)**2))+23.246*h(A,Y)-49.672)- (QTAS(A,Y)*AHPSOSYAL))/AHPSOSYAL;$$

Bu denklemler ile her ay için göl su seviyesine bağlı olarak sosyal yaşam faaliyetlerinden sağlanan bir fayda değeri elde edilmiş, elde edilen fayda değeri AHPSOSYAL değerine (halk için 9, uzmanlar için 13) bölünerek, sosyal faaliyetler için su potansiyelinin harcanması karşılığında beklentinin ne oranda yakalandığı her ay için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Denklemin içerisinde bulunan QTAS(A,Y) değişkeni denkleme, taşkın hacmi zararını yansıtmak için dâhil edilmiştir. Taşkın hacmi ilerleyen bölümlerde açıklanacağı üzere su bütçesi denklemleri ile hesaplanmakta olup sıfır değerine sahip olduğunda fayda değerine hiçbir etkisi olmamaktadır.

Bir üst seviyedeki denklemde her ay için ayrı ayrı hesaplanan sosyal faaliyetler fayda değerleri ($SOSYAL_{AY}$), toplanarak aritmetik ortalaması alınmış, böylece 60 aylık dönemin tamamını temsil eden beklenti karşılama oranı elde edilmiştir

- Doğal Hayat Fayda Denklemi DOGHAD

Doğal hayat fayda denklemi (DOGHAD) ile su potansiyelinin doğal hayat için ayrılması ile elde edilecek ortalama fayda değeri oranı (DOGHF) hesaplanmaktadır. Bu denklem GAMS programında aşağıdaki gibi tanımlanmıştır;

$$DOGHAD..DOGHF =e= ((sum((A,Y),DOGAHF(A,Y)))/60);$$

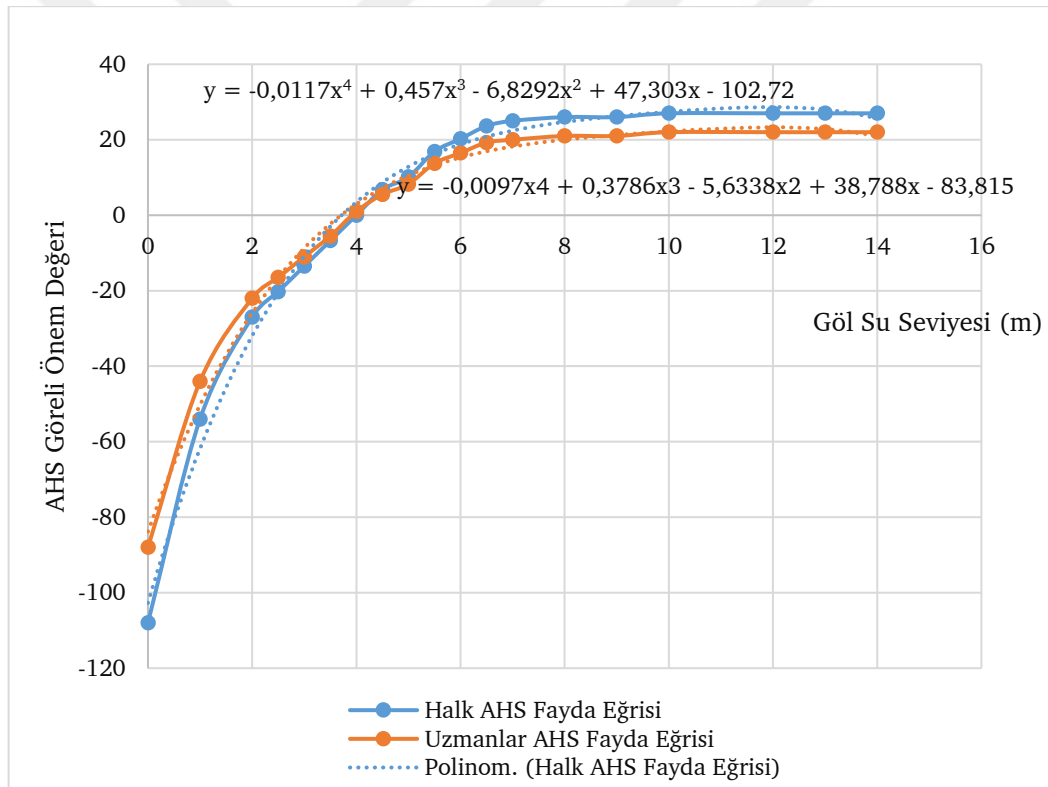
Matematiksel ifade ile

DOĞAL HAYAT KULLANIMI ORTALAMA FAYDA DEĞERİ

$$= \frac{\sum_{y=İLK AY}^{SONUNCU AY} DOGAHF_{AY}}{60}$$

(4.8)

Burada $DOGAHF_{AY}$ değişkeni, doğal hayata yönelik (bitki ve hayvanların yaşam alanlarının geliştirilmesi, daha yeşil bir çevre sağlanması için harcanması vb.) su kullanımının getireceği faydanın karşılama oranı olarak tanımlanmıştır. $DOGAHF_{AY}$ değişkeni, Beyşehir Gölü su seviyesi ile su potansiyelinin doğal hayatın geliştirilmesi için kullanılmasının önemini ifade eden AHS görelî önem değeri arasındaki ilişkiyi veren bir denklem kullanılarak hesaplanmaktadır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 Doğal hayat AHS önem değeri – göl su seviyesi ilişkisi

Çalışma kapsamında tamamlanan AHS çalışması sonucunda Beyşehir Gölü Havzası'nda yaşayan halk niteliğindeki katılımcılara için doğal hayat faktörünün önem değerini 27, uzmanlar için ise 22 olarak belirlenmiştir. Göl su seviyesinde yaşanacak düşüşler sonucunda ortaya çıkabilecek kuraklıklarda bu fayda beklentisinin karşılanamayacağı ve orta vadede beklentiye ters orandaki

değerlerde zarar görülebileceği öngörülerek AHS önem değerleri orantılı olarak negatif seviyelere düşürülmüştür.

Buna göre $DOGAHF_{AY}$ değerini hesaplayan denklemler GAMS programına aşağıdaki gibi tanımlanmıştır

Halk AHS değerleri ile

$$DOGHAFD(A,Y)..DOGAHF(A,Y)=e=((-0.0117*(h(A,Y)**4))+(0.457*(h(A,Y)**3))- (6.8292*(h(A,Y)**2))+47.303*h(A,Y)-102.72)/AHPDOGA;$$

Uzmanlar AHS değerleri ile

$$DOGHAFD(A,Y)..DOGAHF(A,Y)=e=((-0.0097*(h(A,Y)**4))+(0.3786*(h(A,Y)**3))- (5.6338*(h(A,Y)**2))+38.788*h(A,Y)-83.815)/AHPDOGA$$

Bu denklemler ile her ay için göl su seviyesine bağlı olarak su potansiyelinin doğal hayat için değerlendirilmesi halinde sağlanan bir fayda değeri elde edilmiştir. Elde edilen fayda değeri AHPDOGA değerine (halk için 27, uzmanlar için 22) bölünerek doğal hayat için su potansiyelinin harcanması karşılığında beklentinin ne oranda yakalandığı her ay için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Bir üst seviyedeki denklemde her ay için ayrı ayrı hesaplanan doğal hayat fayda değerleri ($DOGAHF_{AY}$), toplanarak aritmetik ortalaması alınmış, böylece 60 aylık dönemin tamamını temsil eden beklenti karşılama oranı elde edilmiştir.

Böylece optimizasyon modelinde maksimize edilen OBJECTIVE temel fonksiyonunu oluşturan tüm değişkenlerinin hangi denklemler ile hesaplandığı açıklanmıştır.

4.3.5.2. Beyşehir Gölü Hacim Denklemi ($VgBD(A,Y)$)

GAMS programı yürüttüğü döngüde, FAYDA değerini maksimize etmek için denklemin sağında toplam halinde bulunan 5 değişkeninin her birinin en yüksek değerinde olmasını sağlamaya çalışacaktır. AHS katsayıları dikkate alındığında en büyük fayda değeri sulu tarım ile ilgili değişken olan BEAF' den elde edilmektedir. Ancak BEAF değişkeni toplam halinde bulunduğu diğer 4 değişken ile ters

orantılıdır. BEAF değişkeninin maksimize edilmesi için daha fazla sulu tarım yapılması dolayısı ile daha fazla sulama suyu hacmi kullanılması gerekmektedir. Bu durumda göl su seviyesi düşmekte bu nedenle FAYDA değişkenini oluşturan HAYVF, KENTF, SOSYALF, DOGHF değişkenlerinin değeri azalmaktadır.

Sulu tarım için ayrılacak su hacminin hesaplanabilmesi için göle ait su bütçesinin göz önüne alınması gerekmektedir. Böylece gölün ne kadar su gelirinin olduğu, ne kadarının doğal yollarla kaybolacağı (buharlaşıma, yeraltı suyu çıkışı) belirlenerek sulu tarım için kullanılabilecek su hacmi değeri hesaplanabilmektedir. Bu bağlamda modellemenin bu bölümünde yapılan işlemler, GAMS'e tanıtılan hidrolojik parametreler üzerinden yürütülmektedir.

Buna göre Beyşehir Gölü hacminin hesaplandığı en genel denklem ($V_{GBD}(A,Y)$) aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$V_{GÖL} = V_{TOPLAM} - V_{Salınan} - V_{Taşkın} \quad (4.9)$$

Bu denklemin GAMS kodları ile ifadesi aşağıdaki gibidir;

$V_{GBD}(A,Y) - V_{GB}(A,Y) = e = V_g(A,Y) - Q_{SAL}(A,Y) - Q_{TAS}(A,Y);$		
		
Denklemin Adı	Hesaplanan	Yapılan İşlem

Şekil 4.12 Beyşehir Gölü su hacminin hesaplandığı denklemin GAMS kodu koşul yapısı

Şekil 4.12'de gösterilen kod ile su bütçesi denklemi ile hesaplanan havza hacim değerinden ($V_g(A,Y) = V_{TOPLAM}$) taşkın ve regülatörler vasıtasıyla salınan su hacimleri çıkartılarak, her ay için Beyşehir Gölü hacim değeri ($V_{GB}(A,Y) = V_{GÖL}$) elde edilmektedir. Havza hacim değeri ($V_g(A,Y) = V_{TOPLAM}$) havzaya gelen hacimlerden, havzadan çıkan hacimlerin çıkarılması ile bulunmaktadır.

Beyşehir Gölü hacminin maksimum değeri, göl su seviyesi ile göl hacmi arasında kurulan bir denklem kullanılarak göl maksimum su kotu kullanıcı tarafından belirlenmek suretiyle belirlenmiştir. Denklemden salınan su hacmi değerleri ($Q_{SAL}(A,Y)$) değişkeni Beyşehir ilçesinde bulunan regülatörler kullanılarak aylık olarak gölden çıkışı sağlanabilecek su hacmi miktarı olup üst sınırı orifis hesabı

yapılarak GAMS'e tanıtılan "tahliyemax" sabit değerine (526 hm^3), alt sınırı sıfıra eşittir. Taşkın hacmi değeri ($QTAS(A,Y)$) ise serbest değişkendir. Bu durumda havzaya gelen su hacmi değerleri, havzadan çıkan su hacmi değerlerine eşit olduğu sürece salınan su ve taşkın hacmi değerleri sıfıra eşit olacaktır. Aşırı miktarda su gelmesi halinde öncelikle $QSAL(A,Y)$ değer almaya başlayacak, ihtiyaç fazlası hacim 526 hm^3 'ün üzerine çıktığında ise $QTAS(A,Y)$ değer almaya başlayacaktır.

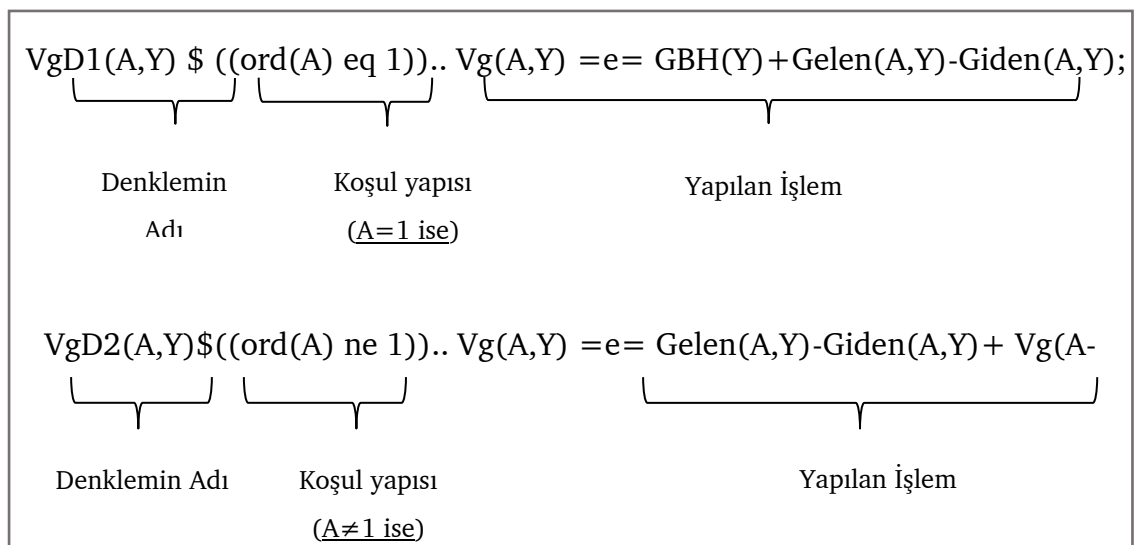
Su bütçesi denklemleri $VgD1(A,Y), VgD2(A,Y)$:

Havza hacim değeri $Vg(A,Y)$ değişkeni havzaya gelen hacimlerden, havzadan çıkan hacimlerin çıkarılması ile bulunmaktadır. Yılın ilk aylarında su bütçesi denklemi o yılın başındaki göl hacmi ile o ay (ocak ayı) gelen hacimler toplamından giden hacimlerin çıkarılması ile hesaplanmaktadır. $Vg(A,Y)$ değeri göl hacmini, var ise taşkın hacmi ve var ise salınan su hacmini içermektedir (Denklem 4.10, Denklem 4.11).

$$V_{TOPLAM} = V_{ilk} + V_{Gelen} - V_{Giden} \quad (4.10)$$

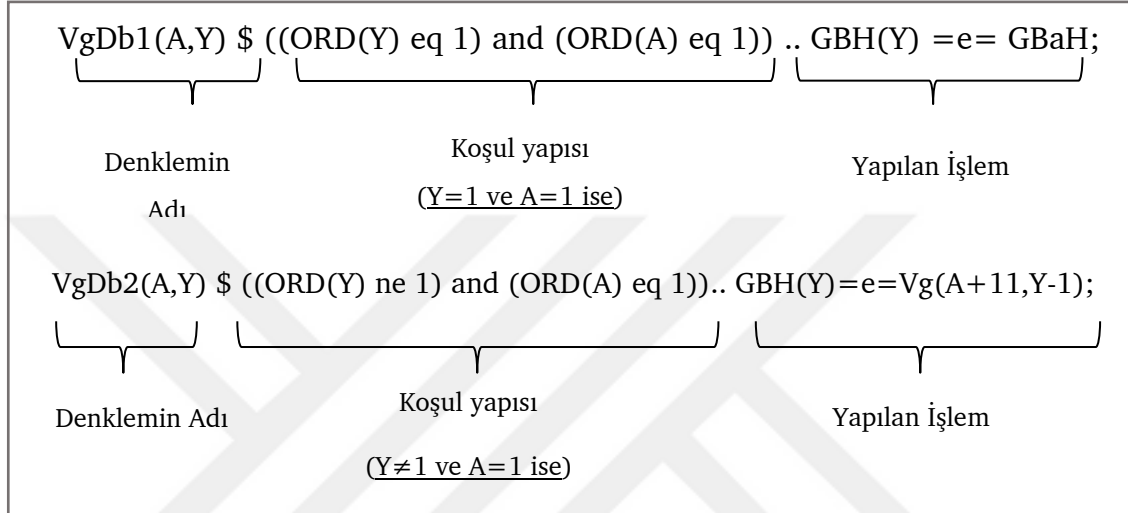
$$V_{TOPLAM} = V_{Gelen} - V_{Giden} + V_{Devreden} \quad (4.11)$$

Yukarıda denklemlere ait GAMS kodlarının koşul yapısı Şekil 4.13'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13 Su bütçesi faktörlerinin hesaplandığı denklemlere ait GAMS kodlarının koşul yapısı

Havza hacim değeri $V_g(A,Y)$ değişkeni istisnai olarak yalnızca modelin ilk yılının ilk ayında kullanıcı tarafından belirlenen bir başlangıç hacmi/ilk hacim değerine eşit olmaktadır. Bu sabit hacim değeri (GBaH), 1999 Ocak ayı su kotu 1122,27 m karşılığı olan 3196,47 hm³ olarak tanımlanmıştır. İlk yıldan sonraki yılların ilk aylarında bir önceki yılın Aralık ayı havza hacim değeri, sonraki yılın Ocak ayına devretmektedir. Bu duruma ilişkin GAMS kodlarının koşul yapısı Şekil 4.14’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.14 Su bütçesi faktörlerinin hesaplandığı denklemlerde devretme işlemine ait GAMS kodlarının koşul yapısı

Gelen hacimler ve giden hacimler denklemleri $GelenD(A,Y)$, $GidenD(A,Y)$:

Havzadaki su potansiyelinin belirlenmesi için o havzanın hangi yollardan su kazandığını ve havzadaki suyun hangi yollar ile harcandığının belirlenmesi gerekmektedir. Böylece havzaya ait su bütçesi açığa çıkarılmaktadır. Su transfer projesinde alıcı havza konumunda bulunan Beyşehir Gölü Havzası için su hacmini arttıran yani gelen hacimleri veren eşitlik Denklem 4.12 ’de, su hacminin azalmasına neden olan hacimleri veren eşitlik Denklem 4.13 ’de verilmiştir.

$$V_{Gelen} = V_{Yüzeysel Akış Hacmi} + V_{Yağış Hacmi} + V_{Yeraltı Gelen Hacmi} + V_{Gembos Gelen Hacmi} \quad (4.12)$$

$$V_{Giden} = V_{Buharlaştırma Hacmi} + V_{Kentsel Kullanım Hacmi} + V_{Yeraltı Giden Hacmi} + V_{Sulama Hacmi} \quad (4.13)$$

Bu ifadelere ait GAMS kodları aşağıdaki gibidir;

$$\text{GelenD(A,Y)..Gelen(A,Y) =e= QYA(A,Y)+QGA(A,Y)+QYSG(A,Y)+QGEM(A,Y);$$

$$\begin{aligned} \text{GidenD(A,Y)..Giden(A,Y)} & \qquad \qquad \qquad =e= \\ \text{QET(A,Y)+QKLM(A,Y)+QYSC(A,Y)+QSLM(A,Y);} \end{aligned}$$

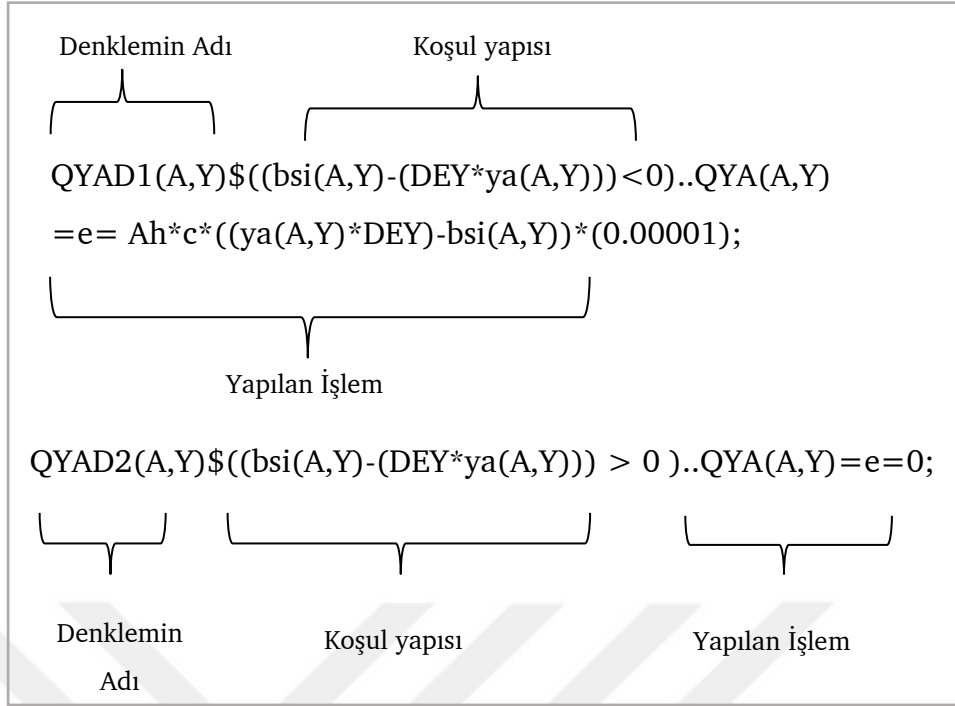
Gelen ve giden hacimleri oluşturan değişkenlerden Gembos Derivasyon Kanalı ile göle aktarılabilir maksimum su hacmi QGEM (A,Y) ve kullanım suyu hacmi QKLM (A,Y) değerleri GAMS dışında hesaplanarak denklemlere tablo halinde, bunların dışındaki değişkenler ise aşağıda tanımlanan denklemler kullanılarak ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Yüzeysel akış ile gelen hacim denklemleri QYAD1(A,Y) , QYAD2(A,Y):

Denklem 4.14 ile havza alanı yüzeysel akış katsayısı ve bitki su ihtiyacı fazlası yağış miktarı çarpılarak yüzeysel akış ile göle gelen hacim miktarı hesaplanmaktadır. Yağış yüksekliği bitki su ihtiyacı yüksekliğinden az ise yüzeysel akışa geçecek su miktarı 0 kabul edilmektedir. Yağışların mevsim normalleri değerlerinde olması durumunda yağış değişiklik katsayısı (DEY) değeri 1 kabul edilmekte, kullanıcı tercihinine bağlı olarak değiştirilebilmektedir.

$$\begin{aligned} \forall \text{Yüzeysel Akış Hacmi} &= \text{Havza Alanı} \times \text{Yüz. Akış Katsayısı} \times \\ &(\text{Yağış Yük.} - \text{Bitki Su iht. Yük.}) \end{aligned} \quad (4.14)$$

Denklem 4.14 ile verilen yüzeysel akış hacmin değerinin GAMS kodları ile oluşturulan koşul yapısı Şekil 4.15’de bulunmaktadır.



Şekil 4.15 Yüzeysel akış faktörlerinin hesaplandığı denklemlerde GAMS kodlarının koşul yapısı

Kodlarda bulunan havza alanı Ah, yüzeysel akış katsayısı c ve yağış değişiklik katsayısı DEY, sabit veriler olarak, aylık bitki su ihtiyaçları BSi (A,Y) ve yağış yükseklikleri ya (A,Y) tablo halinde modele kullanıcı tarafından tanıtılmaktadır.

Göl üzerine düşen yağış ile gelen hacim QGA(A,Y):

Denklem 4.15 ile yüzeysel akışa geçmeksizin, doğrudan gölalanı üzerine düşerek kazanılan hacim değeri hesaplanmaktadır.

$$V_{\text{Yağış Hacmi}} = \text{Yağış yüksekliği} \times \text{Göl Alanı} \quad (4.15)$$

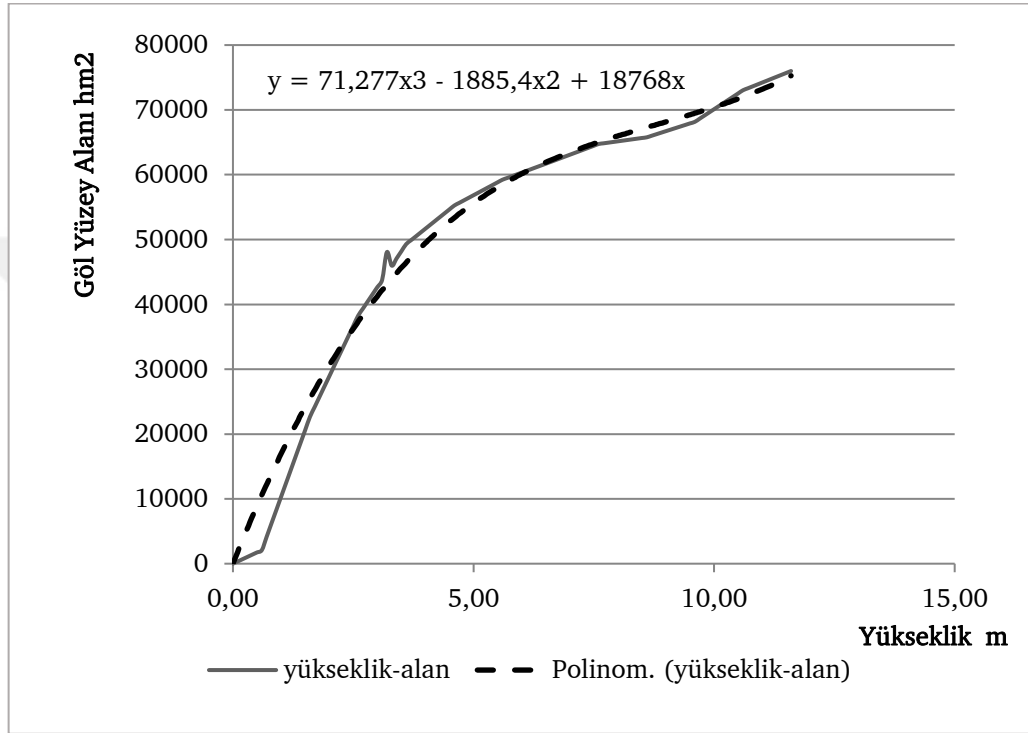
Bu denkleme ait GAMS kodu aşağıdaki gibidir;

$$QGAD(A,Y) .. QGA(A,Y) = e = (ya(A,Y) * DEY) * (0.00001) * Ag(A,Y);$$

Bu kod ile yağış yüksekliği değerleri ya (A,Y) mm cinsinden tablo halinde ve yağış değişiklik katsayısı DEY ise sabit sayı olarak kullanıcı tarafından tanımlanmaktadır.

Göl yüzey alanı denklemi Ag (A,Y):

Beyşehir Göl'ü alanının sahip olduğu değer, göl su seviyesi yüksekliğine bağlı olarak her ay için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Bu hesap göl yüzey alanı ve derinliği arasında kurulan bir denklem kullanılarak GAMS tarafından yapılmaktadır (Şekil 4.16). Elde edilen alan aynı zamanda göl su yüzeyinden buharlaşan su hacmi miktarını hesaplamak içinde kullanılmaktadır.



Şekil 4.16 Beyşehir Gölü yüzey alanı – göl su seviyesi ilişkisi

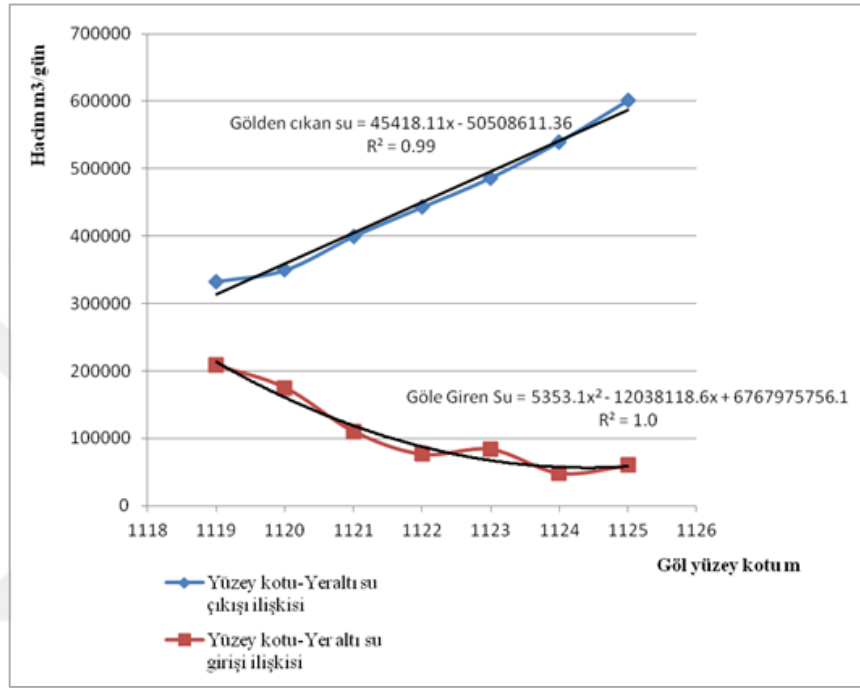
Göl yüzey alanı ve su seviyesi arasındaki ilişkiyi veren denkleme ait GAMS kodu aşağıdaki gibidir;

$$AgD(A,Y)..Ag(A,Y) \quad =e= \quad (71.277*(h(A,Y)**3)-1885.40*(h(A,Y)**2)+18768*h(A,Y));$$

Yeraltı suyu akımı ile gelen ve giden hacim denklemleri QYSGD(A,Y), QYSCD(A,Y):

2013 yılında tamamlanmış olan 109Y271 sayılı “Göl-Yeraltı Suyu-İklim İlişkisinin Yeraltı suyu Akım Modeli ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yardımıyla Belirlenerek Gölün Optimum Dinamik İşletme Modelinin Oluşturulması: Beyşehir Gölü Modeli” isimli TÜBİTAK projesinde, Modflow programı kullanılarak Beyşehir Gölü

yeraltı suyu akım modeli açığa çıkartılmıştır. Proje kapsamında oluşturulan yeraltı suyu akımı modelleme çalışması sonunda göl yüzey kotuna bağlı olarak yeraltı suyu giriş ve çıkış değerlerini gösterir değerler elde edilmiştir. Böylece göl su seviyesine bağlı olarak yeraltı suyu akımından göle girecek ve gölden çıkacak hacim değerlerini öngörmek mümkün olmuştur. Buna göre göl yüzey kotu, yeraltı suyu giriş-çıkış ilişkisini gösterir grafik Şekil 4.17'deki gibidir.



Şekil 4.17 Beyşehir Gölü yüzey kotu-yeraltı suyu hacim giriş-çıkış ilişkisi

Buna göre Göl Yüzey Kotu-Yeraltı Suyu Hacim Giriş-Çıkış ilişkisini ifade eden GAMS kodları aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

Yeraltı suyu giren hacim denkleminde ait GAMS kodu;

$$QYSGD(A,Y)..QYSG(A,Y)=e=(5353.1*gyk(A,Y)*gyk(A,Y)-12038118.6*gyk(A,Y)+6767975756.1)*30*(1/1000000);$$

Yeraltı suyu çıkan hacim denkleminde ait GAMS kodu;

$$QYSCD(A,Y)..QYSC(A,Y)=e=(45418.11*gyk(A,Y)-50508611.36)*30*(1/1000000);$$

Bu kod ile bulunan $gyk(A,Y)$ göl yüzey kotu değeri olup, her ay için GAMS tarafından hesaplanan göl su yüksekliği $h(A,Y)$ değerinin göl taban kotu gtk sabit değeri ile toplanması sonucu aşağıdaki gibi bulunmaktadır.

$$gykd(A,Y)..gyk(A,Y) = e = gtk + h(A,Y);$$

Göl yüzeyinden buharlaşan su hacmi denklemi $QETD(A,Y)$:

Buharlaşma yükseklikleri Penman-Monteith denklemleri ile hesaplanmıştır. Elde edilen buharlaşma yükseklikleri GAMS tarafından hesaplanan göl su seviyesine bağlı olarak hesaplanan göl yüzey alanı değeri ile çarpılarak göl yüzeyinde meydana gelen buharlaşma kaynaklı hacim kaybı hesaplanmaktadır (Denklem 4.16).

$$\forall \text{Buharlaşma Hacmi} = \text{Buharlaşma Yüksekliği} \times \text{Göl Yüzey Alanı} \quad (7.16)$$

Bu denkleme ait GAMS kodu aşağıdaki gibidir;

$$QETD(A,Y)..QET(A,Y) = e = bh(A,Y) * (0.00001) * Ag(A,Y);$$

Sulama suyu ihtiyacı hacmi denklemi $QSLMD(A,Y)$:

Bitki su ihtiyaçları GAMS dışında Blaney-Criddle denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlerden sulama dönemindeki yağış miktarları çıkarılarak gölden karşılanması gereken sulama suyu miktarı hesaplanmıştır. Sulama suyu yükseklik değerleri GAMS tarafından belirlenen bitki ekim alanı ile çarpılarak toplam bitki su ihtiyacı hacmi belirlenmiştir (Denklem 4.17). Ekilen bitki olarak hem en büyük su ihtiyacı değerine hem de Konya ovasında en büyük ekim alanı miktarına sahip olan şeker pancarı bitkisi seçilmiştir. Bu seçim kullanıcı tercihinine göre değiştirilebilir veya çeşitlendirilebilir.

Daha önce değinildiği üzere AHS (Analitik Hiyerarşik Süreç) sonuçları göz önüne alındığında kullanıcılar için en büyük fayda değeri sulu tarım faaliyetlerinden elde edilmektedir. Buna göre GAMS, FAYDA değişkenini maksimize etmek için alt ve üst bitki ekim alanı sınırları içerisinde en büyük faydayı sağlayacak sulu tarım alanı değerini belirleyecek iterasyonları yapmaktadır.

Daha fazla tarım alanı miktarının seçilmesi halinde daha fazla sulama suyu hacmine gereksinim duyulmakta bu nedenle göl su hacmi daha kısa sürede azalmakta, göl alanına bağlı olarak buharlaşma ve yağış ile gelen hacim miktarı da değişmektedir. Önceki başlıklar altında tanımlanan ve detayları verilen su bütçesi denklemleri ile bu ilişkinin nasıl kurulduğu açıklanmıştır.

$$\forall_{Sulama\ Suyu\ Hacmi} = \text{Bitki Ekim Alanı} \times \text{Bitki Su İhtiyacı Yüksekliği} \quad (4.17)$$

GAMS kodu;

$$QSLM(A,Y) = e = BEA(Y) * hBSI(A,Y) * 0.00001;$$

Sulama suyu için gereksinim duyulan su yüksekliği değeri, yağış yüksekliği değerinden fazla ise gölden karşılanacak su miktarını veren GAMS kodu aşağıdaki gibidir,

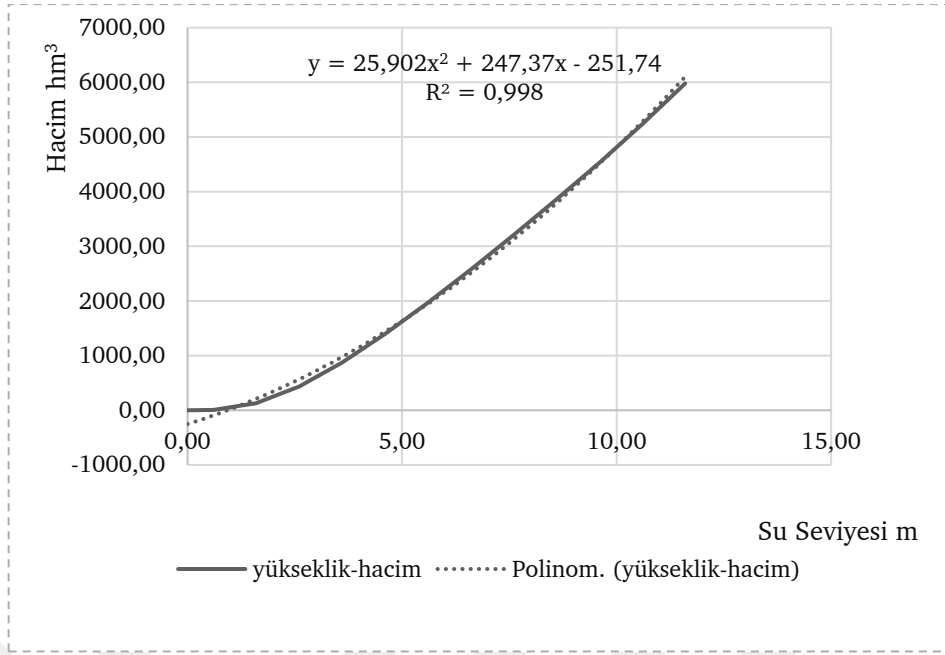
$$hBSID1(A,Y) \$ ((bsi(A,Y) - (DEY * ya(A,Y))) > 0) .. hBSI(A,Y) = e = bsi(A,Y) - (DEY * ya(A,Y));$$

Aylık yağış miktarı, bitki su ihtiyacından fazla ise gölden karşılanacak bitki su ihtiyacı miktarı 0 (sıfır) olmaktadır.

$$hBSID2(A,Y) \$ ((bsi(A,Y) - (DEY * ya(A,Y))) < 0) .. hBSI(A,Y) = e = 0;$$

Göl hacmi ve göl su seviyesi denklemi HgD (A,Y):

Gölün yüzey alanı ve göl su seviyesi yüksekliği ilişkisi için oluşturulan denkleme benzer şekilde aşağıda göl hacmi ve göl derinliği arasındaki ilişkiyi ifade eden denklemin (Şekil 4.18) modele tanıtılması sağlanmıştır. Böylece göl hacmi değerinden göl su seviyeyi değerine geçiş sağlanmaktadır.



Şekil 4.18 Beyşehir Gölü hacim – su seviyesi arasındaki ilişki

Yukarıdaki grafik ile elde edilen denkleme ait GAMS kodu aşağıdaki gibidir.

$HgD(A,Y)..VgB(A,Y)=e=(2.8781*(h(A,Y)**3))+76.789*(h(A,Y)**2)+4,7028*h(A,Y);$

4.3.5.3. Sinanhoca Tali Havzası Taban Akışı Denklemi QSINANHOCAREGD

Beyşehir Gölü Havzası verileri ve güneyindeki Manavgat Çayı Havzası verileri arasındaki ilişkiden yola çıkılarak elde edilen denklem GAMS optimizasyon modeline dahil edilmiştir (Denklem 4.18). Beyşehir Gölü su seviyesi yüksekliği, Derebucak (Gembos) yağış yüksekliği ve Sinanhoca AGİ verileri arasında kurulan regresyon denklemi, model sonuçları ile elde edilen taban akışı değerlerinin DSİ tarafından ölçülen akım verilerinden elde edilen taban akışı değerleri ile karşılaştırılması ile kalibre edilmiştir.

$$Q_b = -63,33*4,3 + 36,63*H + 0,31 *P \quad (4.18)$$

Burada;

Q_b : Sinanhoca Aylık Ortalama Taban Akışı (m^3/s), P : Derebucak (Gembos) Aylık Toplam Yağış (mm), H : Aylık Ortalama Göl Seviyesi (m)

Buna göre aşağıda GAMS yazılımına tanıtılan QSINANHOCAREGD (A,Y) denklemi ile su transferi sonrası her ay için Manavgat Çayı Havzası'nın en kuzeyinde bulunan Sinanhoca Tali Havzası için taban akışı değerleri hesaplanmaktadır. Denkleme ait GAMS kodu aşağıdaki gibidir;

$$QSINANHOCAREGD(A,Y)..QSINANHOCA(A,Y)=e=-63.33+36.63*h(A,Y)+0.31*yaGEM(A,Y);$$

Su transferi öncesi yıllarda ise benzer regresyon denklemi Beyşehir Gölü su seviyesi yüksekliği, Kocadere Akarsuyu akım verileri ve Sinanhoca akım gözlem istasyonu verileri arasında kurulmuştur (Denklem 4.19). Kocadere Akarsuyu su transferi öncesinde Gembos Havzası yüzeysel akış sularının toplandığı akarsu olup, su transferinden sonra Kocadere Deresi akım verileri sıfıra yakın değerlere sahip olmuştur. Söz konusu regresyon denklemi aşağıdaki gibi tanımlanmıştır;

$$Q_b = -6,58*22 + 21,61*H + 5,98 * Q_{Kocadere} \quad (4.19)$$

Burada;

Q_b : Sinanhoca Aylık Ortalama Taban Akışı (m^3/s), H : Aylık Ortalama Göl Seviyesi (m)

$Q_{Kocadere}$: Kocadere AGİ Aylık Ort. Akım Değeri (m^3/s)

Buna göre su transferi öncesinde Sinanhoca Tali Havzası taban akışını veren denklem GAMS yazılımına aşağıdaki gibi tanımlanmıştır,

$$QSINANHOCAREGD(A,Y)..QSINANHOCA(A,Y)=e=-6.58+21.61*h(A,Y)+5.98*KOCADERE(A,Y);$$

Böylece bu denklem ile beraber GAMS programına tanımlanan tüm denklemler açıklanmıştır. Denklemlerin tanımlanmasından sonra çözümü yapılacak denklem ve kısıtların belirlenmesi ve çözüm yönteminin seçilmesi adımlarına geçilmektedir.

4.3.6 Çözülecek Denklem ve Kısıtların Seçilmesi

Denklem isimlerinin tanımlanması ve denklemlerin modele tanıtılmasının ardından modelin adı tespit edilir ve işleme dahil olacak eşitlik ve kısıtlar

belirlenir. Oluşturulan optimizasyon modelinin ismi “BEYSEHİR_SU_TRANSFERİ_OPTİMİZASYON” olarak belirlenmiştir. Denklem ve kısıtların tamamı modele dahil edilmiştir. Bu işleme ait GAMS kodu aşağıdaki gibidir;

```
model BEYSEHİR_SU_TRANSFERİ_OPTİMİZASYON/all/;
```

Buna göre GAMS modeli, kullanıcı tarafından belirlenen minimum ve maksimum göl hacmi değerleri arasında kalarak optimum sonuçları elde edecek iterasyonları gerçekleştirecektir. Havzaya, o ay kullanıcı tarafından belirlenmiş olan maksimum göl hacmi değerini geçecek şekilde fazla miktarda su hacmi gelmesi halinde öncelikle QSAL(A,Y) değişkeni pozitif değerler almaya başlayacak, QSAL(A,Y) değişkeninin değeri 526 hm³’ün üzerine çıktığında ise QTAS(A,Y) değişkeni pozitif değerler almaya başlayacaktır (Denklem 4.9). QTAS(A,Y) (Taşkın hacmi) değeri 0’a eşit yada büyük değerlere sahip olabilen değişken olup her hangi bir üst sınır değeri bulunmamaktadır. Ancak QTAS(A,Y) değeri, model ile maksimize edilen FAYDA terimine negatif değer olarak yansımaktadır. Bu durum SOSYAL (A,Y) ve KENTS (A,Y) değişkenlerinin hesaplanması aşamasında açıklanmıştır. Bu nedenle model QTAS(A,Y) değerinin mümkün olan en küçük değerde tutacak şekilde hesaplama yapmaktadır. Son olarak “solve” komutu kullanılarak temel fonksiyon (OBJECTIVE) ile belirlenen değişken üzerinde hangi işlemin yapılması gerektiği belirlenir. Çalışmamızda temel fonksiyon ile FAYDA değişkeninin maksimize edilmesi istenmektedir. Bu işleme ait GAMS komutu aşağıdaki gibidir;

```
Solve BEYSEHİR_SU_TRANSFERİ_OPTİMİZASYON using NLP maximizing FAYDA;
```

4.3.7 Çözüm Yönteminin Belirlenmesi

Son adımda, maksimizasyon işleminde kullanılmak üzere bir çözücü algoritmanın ve denklemlerin yapısına uygun olarak bir çözüm yönteminin seçilmesi gerekmektedir.

GAMS bünyesinde gibi çeşitli çözüm algoritmaları bulunmaktadır. Algoritma tercihi option kodu kullanılarak yapılır. Çalışma kapsamında oluşturulan modelde denklemlerin yapısına uygun olarak doğrusal olmayan programlama (NLP), algoritma olarak IPOPT çözücüsü kullanılmıştır.

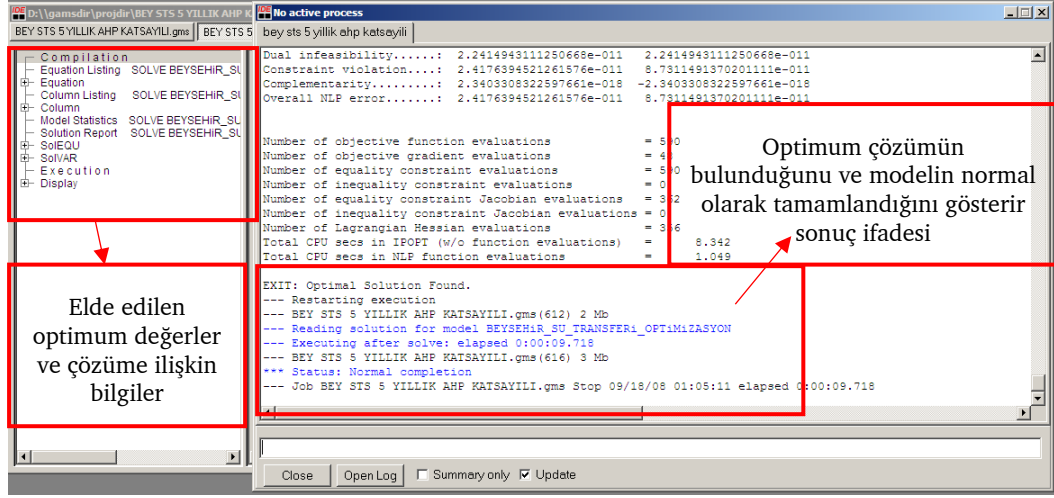
BEYŞEHİR GÖLÜ-GEMBOS HAVZASI-MANAVGAT ÇAYI HAVZALARI ARASI SU TRANSFERİ OPTİMİZASYON MODELİ SONUÇLARININ ANALİZ EDİLMESİ

5.1 Giriş

Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölü'ne aktarılmasına ilişkin olarak GAMS optimizasyon programı ile hazırlanan su transferi optimizasyon modelinde çeşitli varyasyonlar üretilmesi ile çeşitli sonuçlar elde edilebilir. Farklı sıcaklık ve yağış yüksekliği değerlerinin kullanılması, sulu tarım alanının çoğaltılması ya da azaltılması, AHS önem katsayılarının değiştirilmesi, taşkın ve kuraklık sınırının değiştirilmesi gibi işlemlerle birçok olasılık için farklı sonuçlar elde edilmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre modelin genel performansı değerlendirildiğinde, kullanıcı tarafından seçilen sınır değerlerin dar bir aralıkta seçilmesi halinde modelin optimum sonuca ulaşmasının zorlaştırdığı görülmektedir. Örneğin sulu tarım alanı üst sınırının 300.000 ha olduğu bir versiyonda, göl su seviyesinin düşebileceği minimum değer arttırılarak 6 m ve üzeri seçildiğinde model optimum sonuç elde edememektedir. Burada kullanıcı tarafından yapılacak tercih ile su seviyesinin daha düşük bir alt sınırdan seçilmeli ya da sulu tarım alanı üst sınırı düşürülmelidir.

Bu bağlamda GAMS ile hazırlanan optimizasyon modeli, fiili şartlara uygun kurgulanarak sorunsuz şekilde çalıştırılarak tüm pozitif ve bağımsız değişkenlerin optimum değerleri elde edilmiştir. Optimum sonuca ulaşıldığına dair model tarafından oluşturulan bilgilendirme penceresine ait ekran görüntüsü Şekil 5.1'de sunulmuştur.



Şekil 5.1 Beyşehir Gölü su transferi optimizasyon modeli sonuç raporu bilgilendirme ekran görüntüsü

Optimizasyon modeli temelde iki farklı dönem için çalıştırılmıştır. Bunlardan ilki 1999-2003 yılları arasını kapsayan su transferinin yapılmadığı dönem, diğeri 2012-2016 yılları aralığını kapsayan Gembos suyunun aralıksız olarak göle aktarıldığı dönemdir. Kullanıcı isteğine bağlı olarak bu sürenin azaltılması veya uzatılması mümkündür. Hesaplamalar aylık olarak yapılmış, bir önceki ayın değerleri bir sonraki aya aktarılmıştır.

Optimizasyon hesaplarında;

İlk versiyonda su transferi öncesi dönemin son ayında (2016 Aralık) elde edilen göl hacim değeri, su transferi sonrası dönemin ilk ay (2012 Ocak) hacmi olarak kullanılmıştır. Böylece iklimsel şartlarda yaşanan değişiklikler de modele dâhil edilerek kesintisiz 10 yıllık dönem için değişkenlerin aylık değerleri elde edilmiştir.

Diğer bir versiyonda su transferi öncesi dönemin iklimsel şartları aynı bırakılmış, modele yalnızca Gembos Derivasyon Kanalı ile su aktarılması işlemi dahil edilmiştir. Böylece su transferi yapılması ve yapılmaması seçeneklerinin değişkenleri nasıl etkilediği açığa çıkartılmıştır.

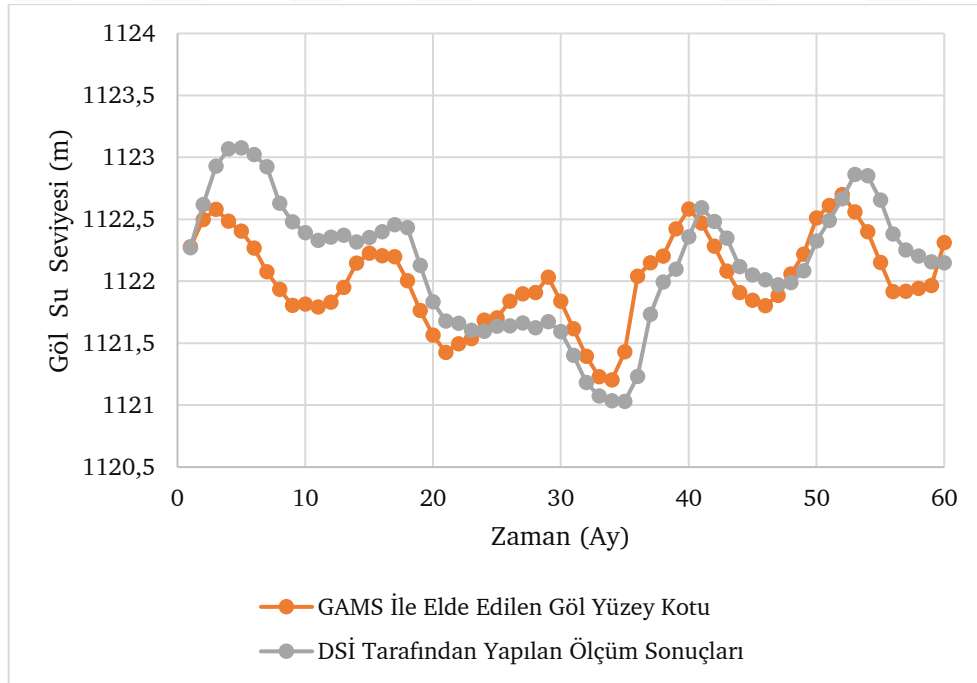
Yapılan hesaplamalar önce halkı temsil eden katılımcıların değer yargıları göz önüne alınarak sonra uzman vasıflı katılımcıların değer yargıları göz önüne alınarak tekrarlanmıştır. Böylece su kullanım alışkanlıklarının, su bütçesi

denklemleri ile etkileşime girerek havza su yönetimine nasıl etki ettiği açığa çıkartılmıştır.

Optimizasyon modeli hassasiyetin ölçülmesi için modelin farklı yüzeysel akış katsayılarında, farklı yağış yüksekliklerinde, farklı sulu tarım alanı sınırları içerisinde çalıştırılması sağlanmış, göl su seviyesi ve fayda değeri için çeşitli sonuçlar elde edilmiştir.

Modelin ilk versiyonu mevcut iklimsel veriler ve sulu tarım alanı miktarı göz önüne alınarak çözülmüştür. Hali hazırda Beyşehir Gölü ile sulaması yapılan tarım alanı alt sınırı ortalama 60.000 ha olup modelin en temel halinde bu değer kullanılmıştır. Su transferi öncesi dönem temsil eden 1999-2003 yılları başında göl su kotu 1122,7 m ve buna bağlı olarak göl hacmi 3196,47 hm³ olarak seçilmiştir.

İlk adımda oluşturulan model ile su transferi öncesi dönem olarak seçilen 1999-2003 yılları arasındaki göl kotu ölçüm verileri karşılaştırılmış ve modelin kalibre edilmesi sağlanmıştır. Kalibre edilmiş model ile ölçüm sonuçları ile elde edilen göl su kotu değerlerinin farkını gösterir grafik Şekil 5.2’de sunulmuştur.



Şekil 5.2 GAMS ile elde edilen sonuçların DSİ tarafından yapılan ölçüm sonuçları ile karşılaştırılması (Göl Taban Kotu 1114 m)

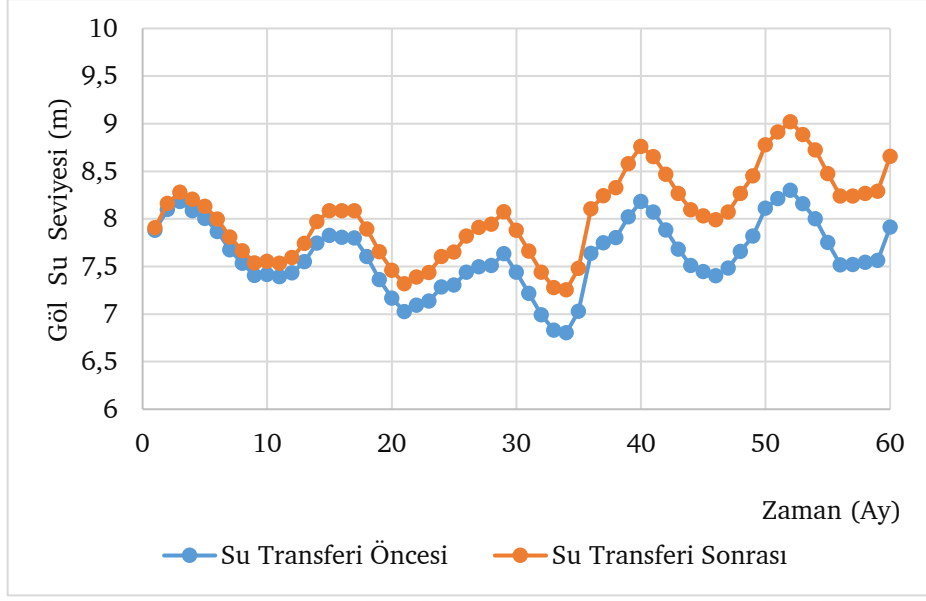
Şekil 5.2 incelendiğinde model sonuçları ile ölçüm sonuçları yönelimlerinin birbirleri ile uyumlu olduğu, kesişmelerin var olduğu ancak bazı aylarda ölçüm ile model sonuçlarında farklılaşma (ötelenme, kayma) olduğu söylenebilir. Daha önce belirtildiği üzere Beyşehir Gölü her ne kadar doğal bir göl olsa da, gölün güney doğusunda bulunan regülatörler vasıtasıyla istenildiğinde gölden Konya Ovası'na su transferi yapılması sağlanmaktadır. Bu durum göl su seviyesinin insan müdahalesi sonucu değişmesine neden olmaktadır. Bu durumda gölü işleten kurumlar bazı aylarda model tarafından hesaplanan optimum değerleri yakalayabilmişken, bazı aylarda geç veya erken sulama suyu gönderilmesi nedeni ile gölün model sonuçlarına nazaran farklı su seviyelerinde kalmasına neden olmuşlardır.

Bu açıklama çerçevesinde hem insan, hem de iklimsel olmak üzere birçok değişkenin varlığı göz önüne alındığında GAMS optimizasyon modeli ile elde edilen sonuçların göl üzerinde oluşacak baskı ve değişimlerin değerlendirilmesinde ve öngörülmesinde kullanılabilir olduğu değerlendirilmektedir.

5.2 Mevcut İklimsel Şartlar ve Kullanım Alışkanlıkları Altında Elde Edilen Sonuçlar

5.2.1 Su Bütçesine ilişkin Sonuçların Analiz Edilmesi

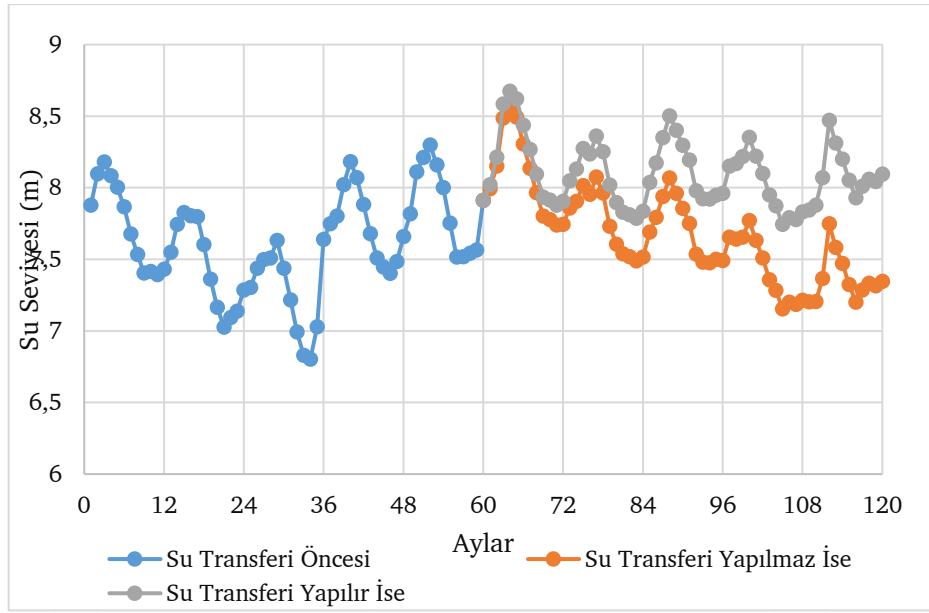
Optimizasyon modeli ile çalıştırılan versiyonlardan birincisi Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölü'ne transfer edilmesi işleminin göl su seviyesinde yarattığı değişimin tek başına (iklimsel değişikliklerden arındırılmış) analiz edilmesidir. Su transferi öncesi dönemdeki tüm iklimsel şartlar ve kullanım alışkanlıkları sabit kalmak üzere su transfer edilmesi ve edilmemesi halleri için göl su seviyesi değişimine ait grafik Şekil 5.3'de sunulmuştur.



Şekil 5.3 Sabit iklimsel şartlar ve kullanım alışkanlıkları altında su transferi yapılması -yapılmaması durumları için göl su seviyesi değişimi

Elde edilen model sonuçlarına göre mevcut iklimsel şartlar ve kullanım alışkanlıklarının aynı kalması durumunda Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölü'ne transfer edilmesi, göl su seviyesinin yükselmesini sağlamaktadır. Ancak söz konusu yükselme ancak sulı tarım arazisinin 60.000 ha'da sabit kalması ve iklimsel faktörlerin değişmeden devam etmesi halinde ortaya çıkmaktadır.

İklim şartlarında ortaya çıkan olumsuz şartlar göl su seviyesi değişimine azami düzeylerde etki etmektedir. Nitekim modelleme hesap aralığına su transferi sonrasındaki 5 yıllık dönem ve bu dönemin iklim şartları dahil edildiğinde, su transferi yapılmaması halinde göl su seviyesinin düşüş eğilimine gireceği sonucuna ulaşılmaktadır. Yapılacak su transferi önceki dönemlere göre daha olumsuz iklim koşullarına rağmen göl su seviyesinin korunmasını sağlamaktadır. Bu versiyona ilişkin grafik Şekil 5.4'de sunulmuştur.



Şekil 5.4 Mevcut iklimsel şartlar ve kullanım alışkanlıkları altında su seviyesi değişimi

Şekil 5.4’de bulunan grafik, 5 yılı su transferinden önce, 5 yılı su transferinden sonra olmak üzere 10 yıllık süre için mevcut iklimsel şartlar ve kullanım alışkanlıkları altında model tarafından hesaplanan göl su seviyesi değişimini göstermektedir. Bu versiyonda hali hazır duruma uygun olarak göl ile sulanması gereken minimum sulu tarım alanı olan 60.000 ha olarak belirlenmiştir. Göl su seviyesi alt sınırı ise 4 m olarak belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göle mevcut iklimsel şartlar ve kullanım alışkanlıkları göz önüne alındığında göle su transfer edilmemesi halinde göl su seviyesi düşüş eğilimine girerek 10. yıl sonunda 8 m’den 7,3 m seviyesine kadar düşmüştür.

Göle su transfer edilmesi halinde ise göl su seviyesi yatay seyrini korumuştur. Su transferi sonrası dönemi temsil eden 2012-2016 yıllarına ait yağış yüksekliği verilerinin, su transferi öncesi döneme göre daha düşük olması bu durumda etkili olmuştur. Göl su seviyesinin iklimsel değişikliklere karşı hassas oluşunun gölün mevcut su bütçesi şartları ile kritik bir dengede olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Mevcut iklimsel şartlar altında su transferi etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için modelin günümüz ortalama sulu tarım alanı sınırları olan 60.000-120.000 ha

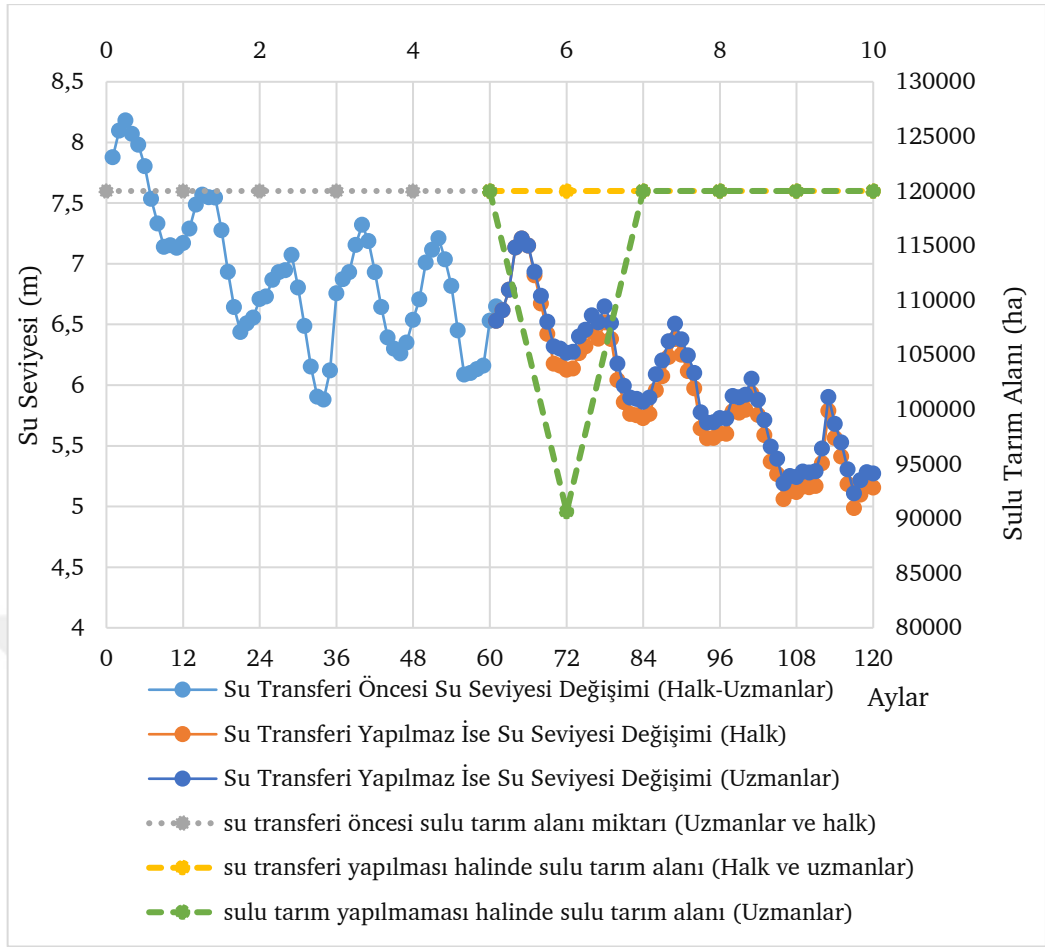
aralığında seçilerek çalıştırılması sağlanmıştır. Böylece modele daha fazla sulama hacmi kullanma imkânı sağlanmıştır.

Daha önceki bölümlerde açıklandığı üzere oluşturulan optimizasyon modeline AHS katsayıları dahil edilmiştir. Böylece kullanıcı tercihlerinin göl işletme şartlarında yaratacağı farklılaşmanın ortaya çıkarılması hedeflenmiştir.

Yapılan hesaplamalarda kuraklık olmayan dönemlerde sulu tarım alanı üst sınırı 120.000 ha ve altında kaldığı sürece hem halk hem de uzman vasfındaki kişilerin önceliklerini temsil eden katsayıların kullanıldığı hesaplarda, su bütçesi değişkenlerine ait değerler aynı kalmaktadır. Ancak şartların etkisi ile havzada bulunan su potansiyelinde azalma meydana geldikçe, kullanıcı tercihlerindeki farklılaşma su bütçesine yansımakta ve elde edilen sonuçlarda da farklılıklar ortaya çıkmaktadır.

Örneğin sulu tarım alanı üst sınırı yükseltildiğinde halk ve uzmanların tercihleri doğrultusunda ulaşılan sonuçlar değişiklik göstermektedir. Buna göre halk niteliğindeki katılımcıların sulu tarıma daha çok önem vermesi, halk tarafından belirlenen katsayılar kullanıldığında su hacminin daha çok sulama amaçlı kullanılmasını sağlamaktadır. Buna bağlı olarak daha fazla sulama hacmine gereksinim duyulmakta ve göl su seviyesi daha fazla düşmektedir.

Sulu tarım alanı üst sınırının 120.000 ha seçilmesi halinde, halk ve uzmanlar AHS katsayıları kullanılması durumunda ortaya çıkan değişime ait grafik Şekil 5.5'de sunulmuştur.



Şekil 5.5 Mevcut iklimsel şartlar altında 60.000-120.000 ha sulu tarım aralığında su seviyesi – sulu tarım alanı değişimi (Halk ve uzman AHS katsayıları kullanılarak)

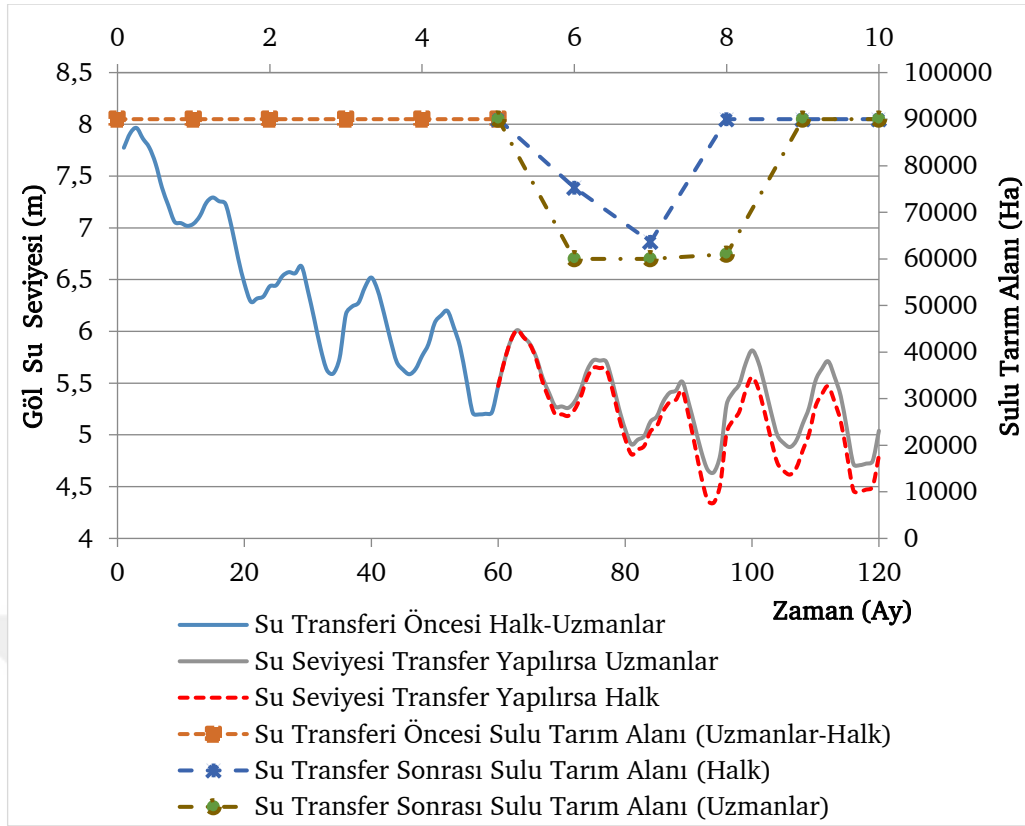
Şekil 5.5 incelendiğinde elde edilen model sonuçlarına göl su hacminin daha yüksek olduğu su transferi öncesi dönemde hem halk hem de uzmanlara ait katsayılar göz önüne alındığında 120.000 ha sulu tarım alanının tamamı sulanabilmektedir. Ancak göl su seviyesindeki düşüş eğilimi süreklilik göstermektedir.

Halk ve uzmanlara göre su bütçesinde ortaya çıkan fark su transferi yapıldıktan sonraki dönemde gözlemlenmektedir. Buna göre uzman niteliğindeki katılımcıların belirlemiş olduğu AHS önem katsayıları kullanıldığında, göle su transferi yapılsa dahi 6. yılda 120.000 ha tarım alanının sulanması optimum değildir. Uzmanlar açısından 6.yılın başında sulu tarım alanının 90.000 ha'a düşürülmesi gerekmektedir.

Halk vasfındaki katılımcılar tarafından belirlenen katsayılar kullanıldığında ise sulu tarım alanında bir değişim olmamakta ve 120.000 ha olarak sabit kalmaktadır. Sulu tarım alanındaki farklı seçimler, sulama hacmi miktarının değişmesine dolayısı ile göl su seviyesinde farklılaşmaya neden olmaktadır.

Halk vasfında bulunan kullanıcılar su potansiyelinin sulu tarım için ayrılmasını uzmanlara göre daha faydalı bulduklarından su transferi sonrası gölün kazandığı ek su hacmi, halk AHS katsayıları ile yapılan hesaplarda sulu tarım yapılması için değerlendirilmektedir. Uzman vasfında bulunan kullanıcılar ise halk vasfındaki kullanıcılardan farklı olarak su potansiyelinin kentsel kullanım için kullanılmasını daha faydalı bulmaktadırlar. Dolayısı ile uzman AHS katsayıları kullanılarak yapılan modelleme hesaplarında sulanabilecek tarım alanı olmasına rağmen göl su hacmi daha tasarruflu kullanılmakta bu nedenle su seviyesi daha yüksek değerlerde kalmaktadır.

Şekil 5.5’de sulu tarım alanında ufak seviyede bir dalgalanma olduğundan su seviyesinde belirgin bir fark oluşmamaktadır. Ancak gölde bulunan su hacmi miktarı büyük oranlarda azaldığında halk ve uzmanlar katsayılarının kullanılması ile oluşan farkta da artış görülmektedir. Örneğin yüzeysel akış değeri 0,144 seçildiğinde göl su hacmi hızla azalmakta, sulu tarım alanı üst sınırı 90.000 ha’a düşürülmesine rağmen uzmanlar ve halk vasfındaki kullanıcıların kullanım tercihleri göl su seviyesi değişimine farklı şekillerde etki etmektedir (Şekil 5.6).

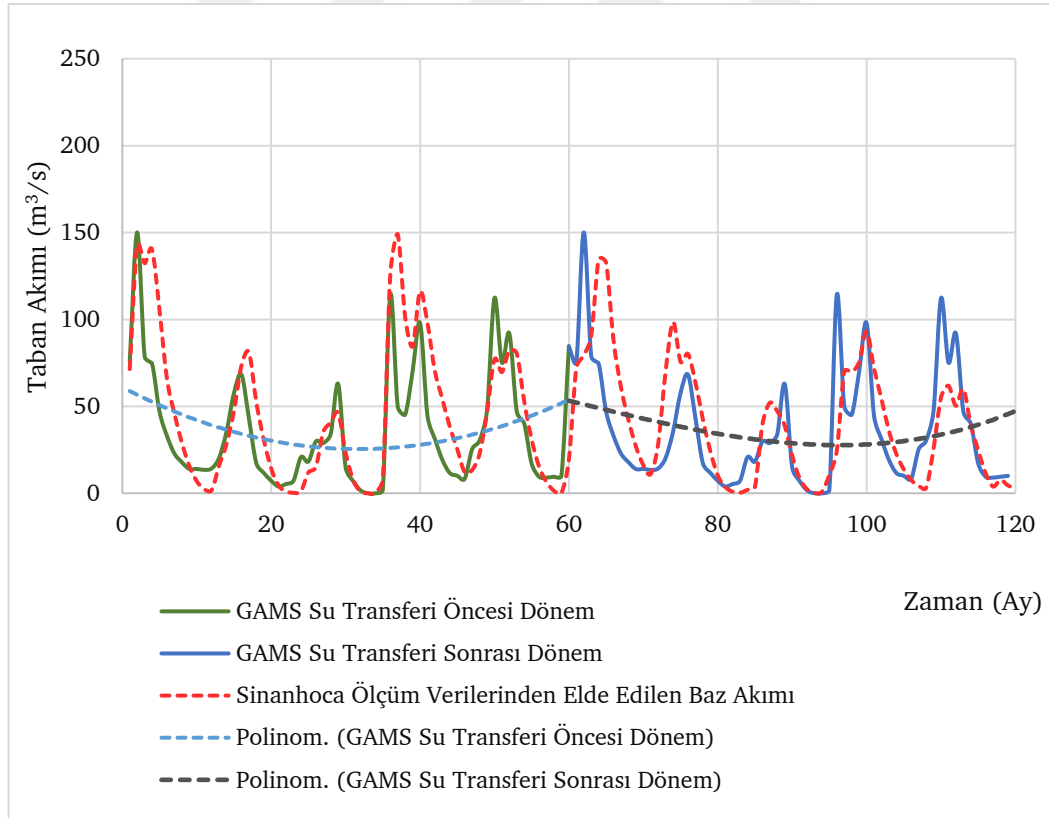


Şekil 5.6 Mevcut iklimsel şartlar altında 60.000 - 90.000 ha sulu tarım alanı ve $c=0,144$ yüzeysel akış katsayısı ile su seviyesi-sulu tarım alanı değişimi

Şekil 5.6'de incelendiğinde yüzeysel akış katsayısının önceki yıllarda tespit edilmiş değer olan 0,144'e düşürülmesi halinde, Beyşehir Gölü su seviyesinin 60. ay sonunda yaklaşık 2 m azalarak ortalama 5,5 m seviyesine, su transferi yapılması halinde ise 120. ay sonunda ortalama 5 m seviyesine kadar düşeceği hesaplanmıştır. Halk vasfında bulunan kullanıcılar su potansiyelinin sulu tarım için ayrılmasını uzmanlar göre daha faydalı bulduklarından su transferi sonrası kazanılan su hacmi halk AHS katsayıları ile yapılan hesaplarda daha fazla sulu tarım yapılması için değerlendirilmektedir. Dolayısı ile uzman AHS katsayıları kullanılarak yapılan modelleme hesaplarında sulanabilecek tarım alanı su transferi sonrası ilk 3 yıl ortalama 60.000 ha hesaplanmış, sonrasında artış göstermiştir. Aynı şartlar altında halk AHS katsayıları kullanıldığında yalnızca 7. yılda alt sınır olan 60.000 ha'a düşülmüş ancak sonrasında sulu tarım alanı üst sınır olan 90.000 ha olarak hesaplanmıştır.

Oluşturulan optimizasyon modeli su bütçesi değişkenlerine ait aylık değerler detaylı olarak elde edilmektedir. Model, optimizasyon hesaplarını gelen ve giden hacim arasındaki farkı sonraki aya devrederek yapmaktadır.

Mevcut iklim şartları altında elde edilen sonuçlardan birisi Manavgat Çayı Havzası'nın en kuzeyindeki tali havzası olan ve Gembos Havzası'nın hemen güneyinde bulunan Sinanhoca Tali Havzası taban akımı değerleridir. Elde edilmiş olan regresyon denklemleri (Denklem 2.1 ve Denklem 2.2) optimizasyon modeline dahil edilmiş, göl su seviyesi değişimleri, Gembos Havzası yağış değerleri ve akım değerleri kullanılarak Sinanhoca Havzası için taban akışı değişimine ait değerler elde edilmiştir. Böylece model ile elde edilen sonuçlar ile DSİ tarafından Sinanhoca akım gözlem istasyonunda yapılan ölçüm değerleri karşılaştırılarak optimizasyon modelinin validasyon kontrolü yapılmıştır. Model tarafından hesaplanan ve akım verilerinden elde edilen taban akışı değişimi değerlerini gösterir grafik Şekil 5.7'de sunulmuştur.



Şekil 5.7 Mevcut İklimsel Şartlar ve Kullanım Alışkanlıkları Altında Sinanhoca Tali Havzası Taban Akımı Değişimi

Elde edilen sonuçlara göre su transferi sonrası dönemde, Sinanhoca Tali Havzası baz akımı ortalama değerleri su transferi öncesindeki baz akımı ortalama değerleri ile yakınlık göstermektedir. Aynı zamanda model kullanılarak elde edilen taban akışı değerleri ile ölçümler ile elde edilen akışı değerleri birbirine uyum sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlar Gembos Havzası suyunun Beyşehir’e gönderilmesi işleminin Sinanhoca havzası taban akışlarında belirgin bir değişime neden olmadığını göstermektedir.

5.2.2 Fayda Beklentisinin Karşılanmasına İlişkin Elde Edilen Sonuçların Analiz Edilmesi

Oluşturulan optimizasyon modeli amaç fonksiyonunda bulunan 5 ana faktörün ağırlıkları oranında maksimize etmiştir. Bu ana faktörler daha önce açıklandığı gibi BEAF (Bitki Ekim Alanı Fayda Karşılanma Oranı), HAYF (Hayvansal Faal. Fayda Karşılanma Oranı) KENTF (Kentsel Kullanım Fayda Karşılanma Oranı), SOSYALF (Sosyal Faal. Fayda Karşılanma Oranı), DOGHF (Doğ. Hayat Fayda Karşılanma Oranı) değişkenleridir.

GAMS tarafından hesaplanan göl su seviyesi ve bitki ekim alanı miktarına göre bu değişkenler en büyük değerlerini almaktadır. En ideal şartlarda bu faktörlerin alabileceği en büyük değer 1 olmaktadır. Dolayısı ile bu faktörlerin ağırlıklı aritmetik ortalaması ile elde edilen FAYDA değişkeninin en büyük değeri 1 olabilmektedir.

FAYDA değişkenini oluşturan söz konusu 5 ana faktörün değeri ne kadar yüksekse o faktör için ulaşılmak istenen faydaya o kadar yaklaşılmış demektir. Başka bir deyişle FAYDA değişkeni ve bu değişkeni oluşturan 5 ana faktörün değeri o havzadaki su kullanımına ilişkin beklentinin karşılanma değerini ifade etmektedir.

Mevcut iklim şartlarının ve kullanım alışkanlıklarının aynı kalması şartı ile Beyşehir Gölü Havzası’na su transferi edilmesi ve edilmemesi halleri için optimizasyon modeli ile elde edilen “fayda beklentisinin karşılanma oranlarını” gösteren değerler Tablo 5.1 ve Tablo 5.2 ’de sunulmuştur. Bu değerler su transferi seçeneğinin başarısını ve havzadaki su kullanımı yöneliminin genel bir çerçevede değerlendirilmesini sağlamaktadır.

Tablo 5.1 Mevcut iklimsel şartlar altında su transferi öncesi ve sonrasında su kullanımı ana faktörlerinden elde edilecek fayda beklentilerinin karşılanma oranı (Halk AHS katsayılarına göre)

ANA FAKTÖRLER (Halk AHS Katsayıları İle)		Mevcut İklimsel Şartlar Altında (Sulu Tarım Alanı=60.000-90.000)		
		Su Transferi Öncesi	Su Transferi Yapılmazsa	Su Transferi Yapılırsa
Bitki Ekim Alanı Fayda Beklentisi Karşılanma Oranı	BEAF	0,43	0,43	0,63
Hayvansal Faal.Fayda Beklentisi Karşılanma Oranı	HAYF	0,58	0,58	0,59
Kentsel Kullanım Fayda Beklentisi Karşılanma Oranı	KENTF	0,83	0,83	0,84
Sosyal Faal.Fayda Beklentisi Karşılanma Oranı	SOSYALF	0,84	0,84	0,85
Doğ.Hayat Fayda Beklentisi Karşılanma Oranı	DOGHF	0,89	0,89	0,90
Genel Faydalanma Beklentisi Karşılanma Oranı	FAYDA	0,66	0,66	0,75

Tablo 5.1 incelendiğinde ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibidir;

Elde edilen sonuçlara göre Gembos Havzası'ndan Beyşehir Gölü'ne su transferi yapılması her üç havzada yaşayan halk niteliğindeki katılımcılar açısından su potansiyelinden daha fazla fayda elde edilmesini sağlayacaktır.

FAYDA değişkeninin değeri incelendiğinde bu değer 0,66'dan 0,75'e çıktığı görülmektedir. Bu durum su transferi öncesi döneme göre su transferi sonrası dönemde su potansiyelinden elde edilecek genel tatmin değerinin %9 artacağını göstermektedir.

Halk AHS katsayıları kullanılarak elde edilen sonuçlara göre su transferi sonrası dönemde sulu tarım dışında kalan faktörlerin beklentiyi karşılama oranı az miktarlarda artmıştır. Sulu tarım faktöründeki yüksek faydalanma değeri artışı Beyşehir Gölü'nce kazanılan hacmin daha en çok faydayı sağlayan sulu tarımda büyük miktarda kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Sulu tarım alanının 90.000 ha ile sınırlandırılması durumunda halkın su hacmi kullanarak elde etmek istediği sulu tarım faydasının ancak %63'ü karşılanabilmektedir. Sulu tarımdan daha fazla fayda elde edilebilmesi için daha fazla sulu tarım alanı kullanıma açılmalıdır. Ancak bu durum su hacminin sulu

tarım için daha fazla harcanmasına dolayısı ile diğer faktörlerden elde edilecek fayda oranının azalmasına neden olmaktadır.

Model aynı iklimsel şartlar altında uzman niteliğindeki katılımcıların değer yargıları ile çalıştırıldığında elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Tablo 5.2 Mevcut iklimsel şartlar altında su transferi öncesi ve sonrasında su kullanımı ana faktörlerinden elde edilecek fayda beklentilerinin karşılanma oranı (Uzman AHS katsayılarına göre)

ANA FAKTÖRLER (Uzmanlar AHS Katsayıları İle)		2.Dönem Mevcut İklimsel Şartlar Altında (BEA=60.000-90.000)		
		Su Transferi Öncesi	Su Transferi Yapılmazsa	Su Transferi Yapılırsa
Bitki Ekim Alanı Fayda Beklentisi Karşılanma Oranı	BEAF	0,47	0,47	0,66
Hayvansal Faal.Fayda Beklentisi Karşılanma Oranı	HAYF	0,42	0,42	0,43
Kentsel Kullanım Fayda Beklentisi Karşılanma Oranı	KENTF	0,89	0,89	0,91
Sosyal Faal.Fayda Beklentisi Karşılanma Oranı	SOSYALF	0,84	0,84	0,86
Doğ.Hayat Fayda Beklentisi Karşılanma Oranı	DOGHF	0,88	0,88	0,89
Genel Faydalanma Beklentisi Karşılanma Oranı	FAYDA	0,70	0,70	0,78

Tablo 5.2 incelendiğinde ulaşılan bazı sonuçlar aşağıdaki gibidir;

Elde edilen sonuçlara göre Beyşehir Gölü'ne su transferi yapılması uzman niteliğindeki katılımcılar için halk niteliğindeki katılımcılara benzer olarak su potansiyelinden daha fazla yarar elde edilmesini sağlamaktadır. Su transferi öncesi dönemde beklentinin karşılanma oranı %70 iken, su transferi sonrası dönemde bu değer %78'e çıkmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre su transferi yapılması halkın beklentilerini karşılanması açısından ufak bir farkla %1 daha faydalı olmuştur. Bunun nedeni transfer edilen suyun halk açısından sulu tarıma daha çok katkı sağlamasından kaynaklanmaktadır. Halk vasfındaki katılımcılar uzmanlara göre sulu tarıma daha fazla önem verdiklerinden bu fark oluşmuştur. Uzman niteliğindeki katılımcılar açısından elde edilen fayda diğer değişkenlere daha dengeli dağılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre su transferi yapılmaması halinde mevcut iklimsel şartlar altında havza su potansiyelinden faydalanma oranı sabit kalmaktadır.

Ancak göl su seviyesindeki olumsuz değişim göz önüne alındığında, ilerleyen dönemlerde elde edilecek fayda oranının düşeceği öngörülebilmektedir.

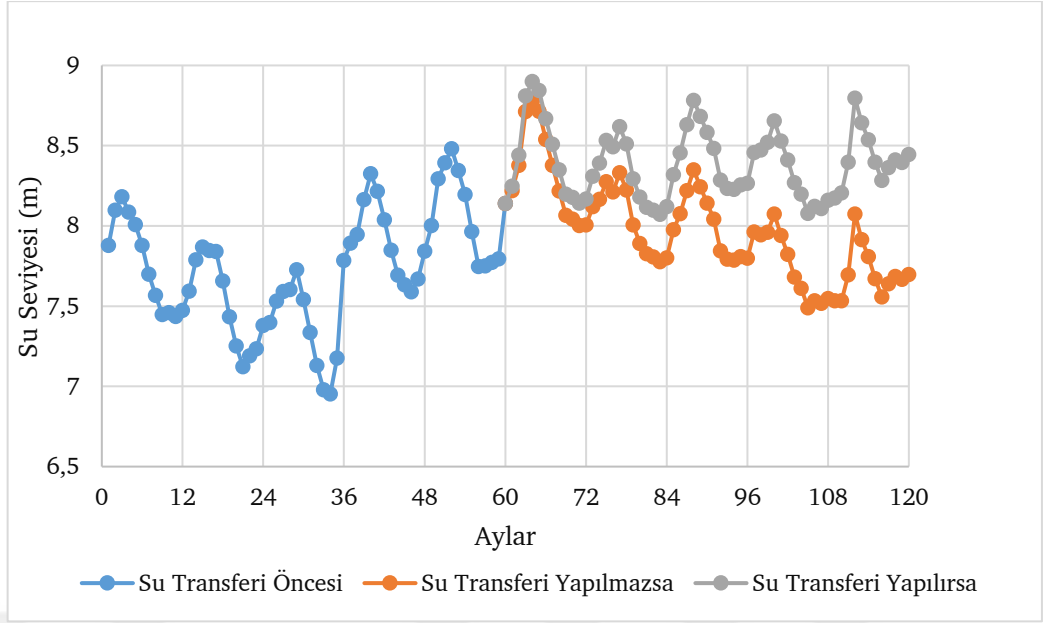
Uzmanlar açısından sulu tarım alanının 90.000 ha ile sınırlandırılması durumunda su hacmi kullanarak elde edilmek istenen sulu tarım faydasının %66'sı karşılanabilmektedir. Bu değer halk niteliğindeki katılımcıların sonuçlarından %3 daha fazladır. Bunun nedeni uzmanların halka nazaran sulu tarıma daha az pay vermesinden kaynaklanmaktadır.

5.3 Farklı Senaryolar Altında Elde Edilen Model Sonuçlarının Analiz Edilmesi

Çalışma kapsamında oluşturulan optimizasyon modelinde kullanıcı tarafından belirlenen sulu tarım alanı sınır değerleri, yüzeysel akış katsayısı, yağış miktarı değişimleri ile farklı senaryolara ait optimum değerlere ulaşılabilmektedir. Bu sayede gelecekte meydana gelebilecek değişimlerin su bütçesini nasıl etkileyebileceği açığa çıkartılmaktadır.

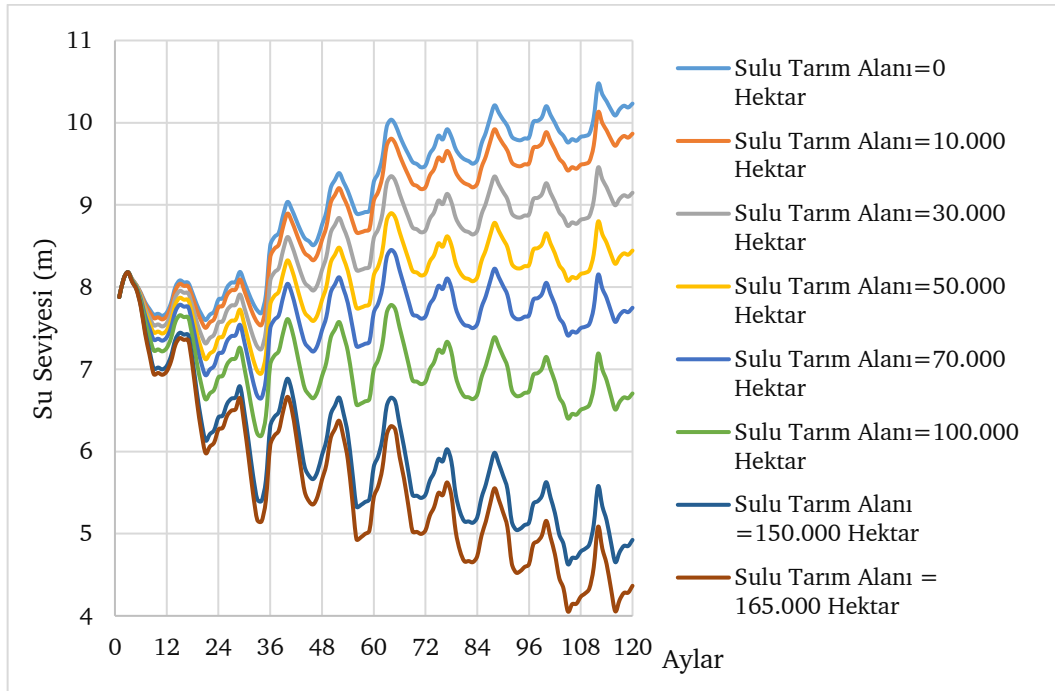
Elde edilen sonuçlara göre göl su bütçesini etkileyen en büyük faktör sulu tarım için kullanılan su hacmi olmaktadır. Nitekim tamamlanan AHS çalışması neticesinde de en büyük faydanın sulu tarımdan elde edilmek istendiği sonucuna da ulaşılmıştır.

Buna göre tarım alanı sınırları günümüz değerleri olan 60.000 - 90.000 ha aralığından farklı sabit değerlere veya aralıklara düşürülerek ya da yükseltilerek model çalıştırılmış ve elde edilen çeşitli sonuçlar değerlendirilmiştir. Hesaplamalarda halk AHS katsayıları kullanılmıştır. Kullanıcı tercihinine göre uzmanlara ait AHS katsayıları da seçilebilir. Optimizasyon modeli ile yapılan hesaplamalarda, su transferi sonrası dönemde Beyşehir Gölü Havzası iklim şartlarının, su transferi öncesi döneme göre daha olumsuz oluşunun göl su seviyesini azalma yönünde etkilediği, su transferinin bu olumsuz etkiye karşı faydalı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Örneğin mevcut iklimsel şartlar altında sulu tarım alanı 50.000 ha seçilmesi halinde, su transferi sonrasındaki dönemde ortaya çıkan olumsuz iklimsel şartlara rağmen su transfer edilmesi sonrası göl su seviyesinin yatay-yukarı yönlü bir eğilim izlediği görülmektedir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 Mevcut iklimsel şartlar altında 50.000 ha sulu tarım alanı için göl su seviyesi değişimi (Halk AHS katsayıları ile)

Benzer şekilde kullanıcı tarafından seçilecek farklı tarım alanları ile göl su seviyesindeki değişimin nasıl olacağı öngörülebilmektedir. Buna göre farklı sulu tarım alanları için model tarafından hesaplanan göl su seviyesi değerleri Şekil 5.9’da bulunmaktadır.



Şekil 5.9 Mevcut iklimsel şartlar altında farklı sulu tarım alanlarında göl su seviyesi değişimi (Halk AHS katsayıları ile)

Şekil 5.9 incelendiğinde göl su hacmi kullanılarak sulanan sulu tarım alanının 50.000 - 60.000 ha aralığında seçilmesi halinde su seviyesinin artış gösterdiği görülmektedir. Model ile elde edilen sonuçlara göre göl ile sulanan sulu tarım alanı 100.000 ha üzerindeki bir değer seçildiğinde göl su seviyesi hızla azalma eğilimi göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre mevcut kullanım alışkanlıkları altında, iklimsel şartların değişmeden devam etmesi ve su transferi yapılması durumunda kuraklık sınırına ulaşılmadan göl ile sulaması yapılabilecek maksimum tarım alanı üst sınırı 150.000 ha olarak hesaplanmıştır. Tarım alanı üst sınırı 165.000 ha seçildiğinde göl su seviyesi bazı aylarda kuraklık sınırı olarak kabul edilen 4 m seviyesine düşmekte, tarım dışı faaliyetlerden elde edilecek fayda değerleri minimum seviyelere inmektedir. Elde edilen sonuçlara göre göl su seviyesinin yükselmesine neden olan asıl faktör su transferi değil sulama amaçlı su kullanımının azaltılmasıdır. Elde edilen sonuçlara göre Beyşehir Gölü su seviyesinin korunması veya yükselmesi için Gembos Havzası suyunun transferi ile elde edilecek hacme devamlı olarak ihtiyacı bulunmaktadır. Sulama amaçlı su kullanımının tamamen kesilmesi durumunda göl su seviyesi yükseliş eğilimine girmiş ancak 10 yıllık hesaplamalarda üst sınır olan 13 m'ye ulaşamamıştır.

Modelin farklı sulu tarım alanları senaryoları ile çalıştırılması, maksimize edilen amaç fonksiyonunda (FAYDA) bulunan 5 ana faktörün her senaryoda farklı değerler almasına neden olmaktadır. Sulu tarım alanı miktarı arttırıldıkça bu faktörden elde edilen fayda değeri artmış dolayısıyla göl su seviyesi yüksekliğine bağlı faktörlerin değerleri azalmıştır. Tam tersi durumda yani sulu tarım alanı düşürüldüğünde sosyal faaliyetlerinden elde edilen faydalanma oranı, doğal hayatın faydalanma oranı artmış ancak sulu tarım faydalanma oranı düşmüştür. Ana faktörlerin değerlerine ilişkin olarak elde edilen sonuçlar Tablo 5.3'de sunulmuştur.

Tablo 5.3 Farklı sulu tarım alanları seçilmesi halinde ana faktörlerin sahip olduğu değerler (Halk AHS değerleri ile)

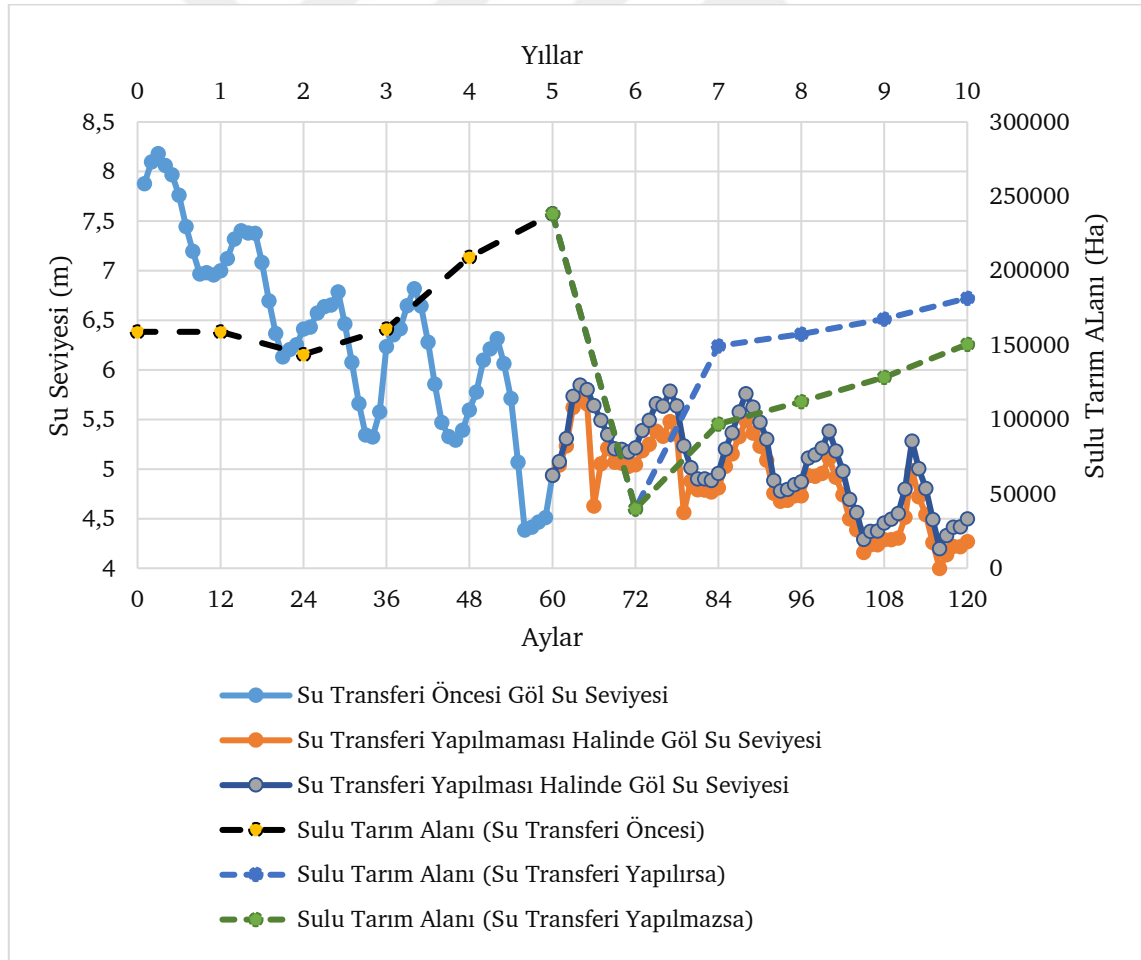
Sulu Tarım Alanı (Hektar)	Dönem	BEAF	HAYF	KENTF	SOSYALF	DOGHF	FAYDA
0	Su Transferi öncesi	0,00	0,62	0,87	0,88	0,93	0,47
	Su Transferi Sonrası	0,00	0,73	0,93	0,96	1,00	0,52
10.000	Su Transferi öncesi	0,03	0,61	0,86	0,87	0,92	0,51
	Su Transferi Sonrası	0,03	0,71	0,92	0,94	0,99	0,55
30.000	Su Transferi öncesi	0,20	0,60	0,85	0,86	0,91	0,57
	Su Transferi Sonrası	0,20	0,66	0,90	0,92	0,97	0,61
50.000	Su Transferi öncesi	0,36	0,59	0,83	0,84	0,89	0,63
	Su Transferi Sonrası	0,36	0,62	0,87	0,89	0,94	0,66
70.000	Su Transferi öncesi	0,50	0,57	0,82	0,83	0,88	0,68
	Su Transferi Sonrası	0,50	0,59	0,84	0,85	0,90	0,70
100.000	Su Transferi öncesi	0,69	0,55	0,79	0,80	0,84	0,75
	Su Transferi Sonrası	0,69	0,54	0,77	0,78	0,82	0,74
150.000	Su Transferi öncesi	0,94	0,50	0,71	0,73	0,76	0,81
	Su Transferi Sonrası	0,94	0,37	0,53	0,55	0,57	0,71
165.000	Su Transferi öncesi	1,00	0,48	0,68	0,69	0,72	0,82
	Su Transferi Sonrası	1,00	0,28	0,41	0,42	0,44	0,66
Ortalama	Su Transferi öncesi	0,53	0,56	0,79	0,80	0,85	0,68
	Su Transferi Sonrası	0,53	0,54	0,75	0,76	0,80	0,66

Tablo 5.3 incelendiğinde, BEAF (sulu tarımdan elde edilen fayda) değişkeni değerinin seçilen sulu tarım alanı ile doğru orantılı olarak arttığı ve azaldığı görülmektedir. Seçilen sulu tarım alanı 0 (sıfır) ha olduğundan sulu tarım yapılarak hiçbir fayda elde edilememektedir. Dolayısı ile BEAF'nin değeri 0 (sıfır) olmaktadır. Ancak diğer değişkenler tablodaki maksimum değerlerine ulaşmaktadır. Ters durumda sulu tarım alanı 165.000 ha ve üzerinde seçildiğinde sulu tarım faaliyetleri beklentileri %100 oranında karşılar hale gelmekte ancak diğer faktörler tablodaki minimum değerlerine düşmektedirler. Sulu tarım alanı 165.000 ha ve üzeri değerlerde seçildiğinde su transferi yapılamaz ise göl su yüksekliği kuraklık sınırı kabul edilen 4 m seviyesine yaklaşmaktadır.

Tablonun en altında tüm senaryolarda faktörlerin almış oldukları değerlerin aritmetik ortalaması bulunmaktadır. Buna göre birbirleri ile ters orantılı olan bu faktörlerin ortak olarak ulaştıkları en yüksek değerler, sulu tarım alanı miktarının 100.000 ha seçildiği senaryoda elde edilmektedir. Bu değer üstünde yapılan sulu

tarım arazisi seçimlerinde sulu tarıma ağırlık verilmekte, altında yapılan seçimlerde göl su seviyesinin yüksek tutulmasına bağlı faaliyetlere önem verilmektedir. Bir başka deyişle model sonuçlarına göre, kullanıcıların görelî önem değerleri ve hidrolojik faktörler bir arada değerlendirildiğinde, Beyşehir Gölü su hacminin kullanılmasında aynı anda hem optimum şartlarda fayda sağlanabilmesi hem de göl su seviyesinin iklim koşullarından etkilenmeden artış gösterebilmesi için seçilmesi gereken sulu tarım alanının 70.000 ile 100.000 ha aralığında olması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

Model kullanılarak gerçekleştirilen bir diğer senaryoda sulu tarım alanı üst sınırı 300.000 ha olarak seçilmiştir. Böylece modelin göl su hacmi kullanılarak kuraklık sınırı olarak seçilen 4 m seviyesinin altına inmeden en fazla ne kadar sulu tarım alanı sulanabileceği sorusuna cevap vermesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlara ilişkin grafik Şekil 5.10'da sunulmuştur.



Şekil 5.10 Mevcut iklimsel şartlar altında 300.000 ha sulu tarım alanı üst sınırı seçilmesi halinde göl su seviyesi değişimi (Halk AHS katsayıları ile)

Elde edilen model sonuçlarına göre sulu tarım alanı üst sınırının 300.000 ha olarak belirlendiği senaryoda yeterli alan olmasına rağmen, göl su hacmi kullanılarak sulanabilecek sulu tarım alanı maksimum 238.000 ha'a kadar çıkabilmiştir. Su transferi yapılmayan dönem olarak seçilen ilk beş yılda iklim şartlarının olumlu etkisi ile sulanabilecek sulu tarım alanı ortalaması 182.000 ha iken su transferi yapılan dönemde olumsuz iklim koşulları etkisi ile sulanabilecek tarım alanı ortalama 139.000 ha olarak hesaplanmaktadır. Su transferi yapılmaması halinde ise bu değer ortalama 105.000 ha olarak hesaplanmaktadır. Bu durum su transferi ile kazanılan hacmin yaklaşık 34.000 ha daha fazla sulu tarım alanının sulanmasına imkân verdiğini göstermektedir. Elde edilen model sonuçları, göl su hacmi kullanılarak günümüzdeki sulu tarım alanından çok daha fazla sulu tarım alanı kullanılabileceğini gösterse de, bu durum göl su seviyesinde hızlı bir düşüş yaşanmasına neden olduğundan sürdürülebilir olamamaktadır. Nitekim göl su seviyesi devamlı bir düşüş ile kuraklık sınırı olarak belirlenen 4 m seviyesine inmektedir.

GAMS modeli ile elde edilen sonuçların farklı bir ayağını katılımcıların beklentilerinin ne kadar karşılandığını gösterir ana faktör değerleri oluşturmaktadır (Tablo 5.4). Sulu tarım üst sınırı 300.000 ha gibi çok yüksek bir değer seçildiğinde bitki ekim alanı fayda beklentisi değeri (BEAF) 1,037'ye kadar çıkmaktadır. Bu durum gölden elde edilen sulu tarım getirisinin katılımcılar açısından gereğinden fazla olduğunu göstermektedir. Su transferi sonrası dönemde olumsuz iklim şartlarının etkisi ile sulu tarım beklentisinin karşılanma oranı 0,90'a düşse de diğer faktörlere göre oldukça yüksek seviyede kalmaktadır. Su transfer edilmesi ve edilmemesi seçenekleri arasındaki fark kendini her faktörde göstermektedir (Tablo 5.4). Burada dikkat çeken bir başka husus genel fayda beklentisinin aldığı değerdir. En yüksek miktarda sulu tarım yapılabildiği halde su transferi sonrası dönemde FAYDA değeri 0,65 olmaktadır. Oysa sulu tarım alanı 100.000 ha ile sınırlandırıldığında FAYDA değeri 0,74 olmaktadır (Tablo 5.3). Bu durum, göl hacmi kullanılarak her ne kadar daha fazla sulu tarım yapılabilmesi mümkün olsa da insanların değer yargıları göz önüne alındığında en yüksek faydanın elde edilebilmesi için sulu tarım alanının sınırlandırılmasını

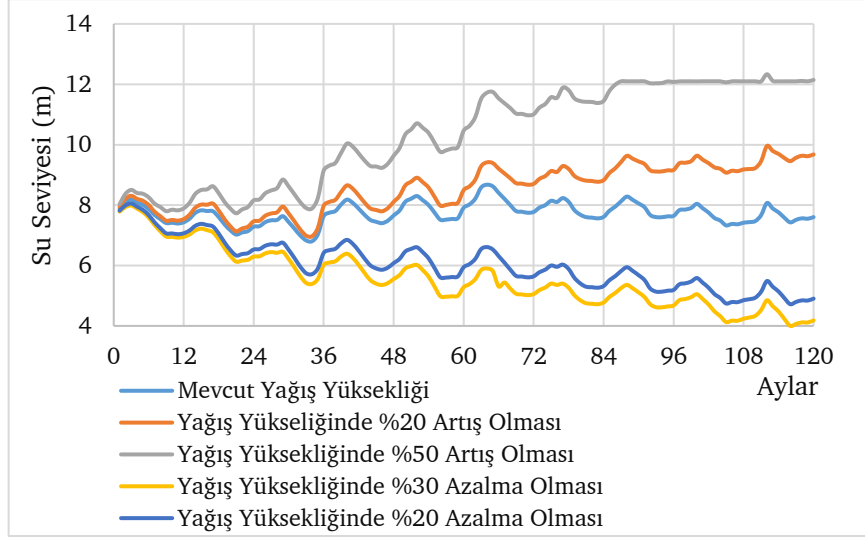
gerektiğini matematiksel olarak ortaya koymaktadır. Model sonuçlarına göre bu değer 139.000 ha'dır.

Tablo 5.4 300.000 ha sulu tarım alanı üst sınırı olması halinde su transferi öncesi ve sonrasında su kullanımı ana faktörlerinden elde edilecek fayda beklentilerinin karşılanma oranı

ANA FAKTÖRLER		Su Trans fer i Öncesi Dönem	Su Trans fer i Sonras ı Dönem	
			Su Trans fer i Yapılmamas ı	Su Trans fer i Yapılmas ı
Bitki Ekim Alanı Fayda Beklentisi Karşılanma Oranı	BEAF	1,037	0,73	0,90
Hayvans al Faal.Fayda Beklentisi Karşılanma Oranı	HAYF	0,472	0,27	0,32
Kents el Kullanım Fayda Beklentisi Karşılanma Oranı	KENTF	0,673	0,39	0,45
Sosyal Faal.Fayda Beklentisi Karşılanma Oranı	SOSYALF	0,688	0,41	0,47
Doğ.Hayat Fayda Beklentisi Karşılanma Oranı	DOGHF	0,721	0,42	0,48
Genel Faydalanma Beklentisi Karşılanma Oranı	FAYDA	0,832	0,54	0,65

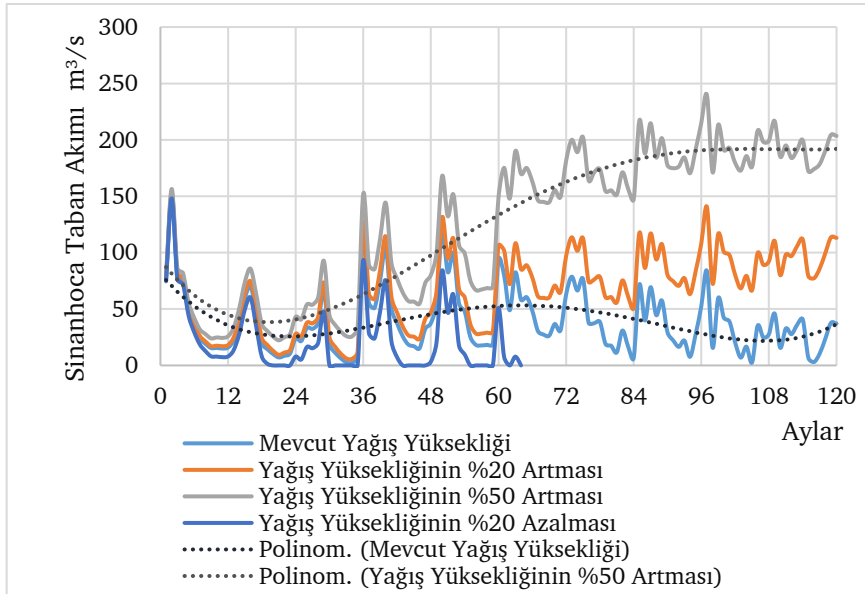
Oluşturulan modelde uygulanan senaryolardan biri yağış miktarlarının değiştirilmesidir. Söz konusu değişiklik DEY adı verilen bir katsayı ile yapılmaktadır. Mevsim normallerinde bu katsayı 1 (bir) alınmaktadır. Bu sayı değiştirilerek yağış yüksekliklerinin normalin üzerinde veya altında seyretmesi halinde göl su seviyesinde, Gembos Derivasyon Kanalı ile transfer edilmesi gereken hacim miktarında, Sinanhoca tali havzası taban akımı değerlerinde ve diğer değişkenlerde oluşacak değişimler gözlenebilmektedir. Yağış miktarındaki değişimler hali hazırdaki duruma uygun olarak 60.000 - 90.000 ha sulu tarım alanı için yapılmıştır. Diğer tüm parametreler sabit tutulmuştur. Buna göre yağış miktarındaki değişime göre göl su seviyesi için elde edilen sonuçlara ait grafik Şekil 5.11'da sunulmuştur.

Şekil 5.11 incelendiğinde yağışların %30 azalması halinde su transferi yapıldıktan sonraki dönemde göl su seviyesinin kuraklık sınırı olarak belirlenen 4 m seviyesine düşmekte olduğu görülmektedir. Model sonuçlarına göre optimum sonuç elde edilebilmesi için bu durumda, sulu tarım alanı alt sınırı 30.000 ha'a kadar düşmüştür.



Şekil 5.11 Farklı yağış yüksekliği değerlerinde göl su seviyesinin değişimi

Elde edilen sonuçlara göre mevcut kullanım alışkanlıkları altında yağış miktarının %20 artması halinde göl su seviyesindeki düşüş eğilimi sona ermektedir. Yağış değerlerinin mevsim normallerinin %20 üzerinde olması halinde göl su seviyesinde artış olacağı sonucuna ulaşılmaktadır. Elde edilen model sonuçlarına göre yağış miktarının mevsim normallerinden %50 fazla olması halinde kullanım alışkanlıklarının sabit kalması şartıyla, Gembos Havzası'ndan transfer edilmesine ihtiyaç duyulacak su hacminde düşüş yaşanmaktadır. Yağış miktarının mevsim normallerinin 2 katına yaklaşması halinde taşkın riski oluşmakta ve regülatörler ile su tahliyesi yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.



Şekil 5.12 Beyşehir Gölü Havzası'ndaki farklı yağış yüksekliği değerlerinde Sinanhoca Tali Havzası taban akışı değerlerindeki değişim

Yağış miktarlarındaki değişimlerde Sinanhoca Tali Havzası taban akışı değerlerini gösterir grafik Şekil 5.12'de bulunmaktadır. Manavgat Çayı Havzası'nın en kuzeyinde bulunan Sinanhoca Tali Havzası'na ait taban akımı değerleri Beyşehir Gölü su seviyesi ve Derebucak yağış miktarları kullanılarak elde edilen regresyon denklemi ile elde edilmektedir. Model sonuçlarına göre Beyşehir Gölü Havzası'nda yağış ve diğer şartlardan kaynaklı olarak yaşanacak değişimler oluşturulan regresyon denklemi ile Sinanhoca Tali Havzası'na yansımaktadır.

Şekil 5.12 incelendiğinde Beyşehir Gölü Havzası'nda yaşanan yağış değişimlerinin, göl su seviyesini ve dolaylı olarak Manavgat Havzası'nın en kuzeyinde bulunan Sinanhoca Tali Havzası taban akışında yaratacağı etkiler görülmektedir. Buna göre Beyşehir Gölü Havzası'nda yağış yüksekliğinin %50 arttığı bir senaryoda Sinanhoca Tali Havzası taban akımı değerleri 2 katına çıkmıştır. Bunun tersi durumda yani Beyşehir Gölü Havzası'nda yağışların %20 azalması halinde Sinanhoca taban akış değerleri giderek azalmakta göl su seviyesinin düşmesi ile sıfır ve sıfıra yakın değerler almaktadır. Düşük yağış değerlerinin devam etmesi halinde model ile optimum çözüme ulaşamadığından 62 aydan itibaren Sinanhoca Tali Havzası'na ait taban akışı değeri hesaplanamamıştır.

6 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, son yıllarda karar verme problemlerinde sıkça kullanılan yöntemlerden biri olan AHS metodundan yararlanılmış ve Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölü'ne transfer edilmesi projesinin etkileri ortaya çıkartılmıştır. Literatürde AHS metodunun havza yönetiminde kullanılmasına ilişkin örnekler bulunmaktadır. Ancak havzalar arası su transferi ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Su transferi işlemi etkilerinin ortaya konulması için AHS metodu kullanılarak elde edilen ve kişisel tercihleri yansıtan veriler ile nesnel nitelikli, ölçüm ve hesaba dayalı hidrolojik, veriler sentezlenerek bir optimizasyon modelinde bir araya getirilmişlerdir. Optimizasyon modeli GAMS yazılımında oluşturulmuş, model başarılı şekilde çalıştırılarak optimum sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışma sonunda elde edilen temel sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

- Elde edilen sonuçlar AHS metodu kullanılarak, bir havzada farklı sosyal sınıftaki insanlar açısından su potansiyelinin değerlendirilmesi ilişkin farklılaşmaların ve benzerliklerin ortaya çıkartılabildiğini göstermektedir. Bu çalışmada, uzmanlar ve halk olarak iki gruba ayrılan katılımcıların, su potansiyelinin yönetimi hususundaki farklılıkları ve benzerlikleri ortaya konmuştur. Söz konusu gruplar, yöntemi uygulayan çalışmacının tercihine göre çeşitlendirilebilmektedir. Buna göre her iki grup için de su potansiyelinin en fazla sulu tarım faaliyetleri için kullanılması gerektiği belirlenmiş ancak 2. sıradan itibaren tercihlerde farklılaşma ortaya çıkmıştır. Uzmanlar 2. Sırayı “Kentsel Kullanım” faktörüne verirken, halk ağırlığını “Doğal Hayat” faktöründen yana koymuştur. En son sırayı her iki grup içinde “Balıkçılık/Hayvancılık” faktörü almıştır.
- Yapılan çalışmada farklı bir bakış açısı kullanılarak su kullanımı açısından önemli olan faktörlerin para birimi yerine, AHS ile elde edilen göreceli önem katsayıları kullanılarak kıyaslanması sağlanmıştır. Böylece maddi birimler ile

ölçülemeyen veya tam olarak karşılanamayan doğal hayatın değeri gibi bir faktörünün diğer faktörlere göre ne derece değerli olduğu ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre halk açısından 2. Sıradaki “Doğal Hayat” faktörünün değeri 0,33 iken en çok değer verilen “Sulu Tarım” faktörünün değeri 0,47 olmaktadır.

- AHS metodu kullanılarak farklı niteliklere sahip havzalarda yaşayan insanlar açısından su potansiyelinin kullanılmasında ortaya çıkacak farklılaşmanın nasıl olacağı ortaya konulabilmiştir.

Bu çalışmada Beyşehir Gölü Havzası ve Manavgat Çayı Havzası’nda yaşayan insanlar sahip oldukları farklı değer yargılarını tercihlerine yansıtmışlardır. Buna göre Manavgat Havzası’nda yaşayan insanlar açısından su potansiyeli en fazla “Doğal Hayat” faktörü için değerlendirilmeli iken Beyşehir Gölü’nde yaşayan insanlar için en önemli faktör “Sulu Tarım” olarak belirlenmiştir. Bu durum Manavgat Havzası’nın sahip olduğu turizm faaliyetleri potansiyeli ile Beyşehir Gölü Havzası’nın sahip olduğu tarımsal faaliyetler potansiyelinin su kullanım tercihlerine etki ettiğini göstermektedir.

- AHS metodu kullanılarak elde edilen sonuçlara göre Gembos Havzası’ndan Beyşehir Gölü Havzası’na su transferi yapılması seçeneği, yapılmaması seçeneğine göre %50 daha fazla tercih edilebilir bulunmuştur. Su transferi seçeneğini Beyşehir Havzası katılımcıları %80 oranında tercih edilebilir bulurken, Manavgat Havzası katılımcılarına göre bu değer %69’da kalmıştır. Elde edilen bu sonuç Manavgat Havzası katılımcılarının, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölü’ne aktarılması projesinin kendilerini etkilemeyeceğini düşündüğünü göstermektedir. Bu sonuç aynı zamanda Beyşehir Gölü Havzası’nda yaşayanlar açısından ise su transferi işleminin belirgin bir fayda sağlayacağını öngörüldüğünü göstermektedir.

AHS metodu sonuçlarına göre su transferi yapılması seçeneği, uzmanlar açısından %77, halk açısından %71 oranında tercih edilebilir bulunmuştur.

- Çalışma kapsamında kişisel tercihlerin hidrolojik veriler ile sentezlenmesi sağlanarak, Beyşehir Gölü örneği üzerinden su bütçesi değişiminin nasıl farklılaşacağı ortaya konulmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre mevcut iklim şartları altında Beyşehir Gölü su hacmi kullanılarak sulanan sulu tarım alanı miktarı 120.000 ha ve daha üstü seçildiğinde uzmanlar ile halk faktörleri kullanılarak elde edilen su bütçesi sonuçlarında farklılaşmalar oluşmaktadır. Halk açısından sulu tarım faaliyetlerinin yürütülmesi daha değerli olduğundan uzmanların tercihlerine kıyasla daha fazla sulu tarım alanı sulanmakta bu durum harcanan su hacmini arttırmakta göl su seviyesini daha hızlı düşürmektedir.

Benzer durum yüzeysel akış katsayısının azaltılmasıyla ya da yağış miktarının düşürülmesiyle de elde edilmektedir. Bu durum, göl havzasında su kıtlığı arttıkça, kişisel tercihlerdeki farklılığın su bütçesinde ortaya çıkacak farklılaşmayı arttıracaklarını göstermektedir.

Böylece gölün uzmanlar ve halk tarafından yönetilmesi halinde ortaya çıkacak farklılaşmaların neler olacağı ortaya konulmuştur.

- Optimizasyon modeli kullanılarak elde edilen veriler Gembos Havzası'ndan Beyşehir Gölü'ne su transfer edilmesi projesinin başarılı bir proje olduğunu göstermektedir. Bu durumu destekler sonuçlar aşağıdaki gibidir;
 - İklim değişikliklerinden arındırılmış model versiyonu sonuçlarına göre su transfer edilmesi seçeneği göl su seviyesini ortalama 0,48 m arttırmaktadır. Su transferi öncesi dönemde ortalama göl su derinliği 7,61 m iken, su transferi sonrası dönemde bu değer 8,09 m olmaktadır. Su transfer edilmemesi halinde göl su derinliği 7,67 m olarak hesaplanmıştır.
 - Sulu tarım alanı üst sınırının 300.000 ha seçildiği model versiyonunda su transferi yapılması halinde sulanabilen tarım alanı miktarı ortalama 139.000 ha olarak hesaplanırken, su transferi yapılmaması halinde bu değer ortalama 105.000 ha 'da kalmaktadır. Bu durum su transferi ile 34.000 ha daha fazla tarım alanının sulanabileceğini göstermektedir.
 - Hidrolojik veriler ile AHS değerlerinin sentezlendiği optimizasyon modeli sonuçlarına göre Beyşehir Gölü'ne su transfer edilmesi, su potansiyelinin kullanılması ile elde edilecek faydalanma değerini halk açısından %66'dan %75'e, uzmanlar açısından %70'den %78'e çıkarmaktadır. Model sonuçlarına tüm faktörlerden elde edilecek

fayda değeri artmaktadır. Su transferi yapılması halk açısından %20, uzmanlar açısından %19 kazanım ile en çok sulu tarım faktörünü arttırmaktadır.

- Optimizasyon modeli kullanılarak elde edilen veriler Beyşehir Gölü su bütçesi üzerindeki risk ve değişimleri ortaya çıkarmıştır. Elde edilen sonuçlara göre göl su bütçesindeki en büyük yük sulama suyu kullanım hacmi olmaktadır. Elde edilen sonuçlar göl su seviyesinin yükselmesi için tek başına göle su transferi yapılması seçeneğinin yeterli olmadığını göstermektedir. Beyşehir Gölü ile sulaması yapılan sulu tarım alanının 100.000 ha ve daha fazlası seçilmesi halinde göl su seviyesi hızla düşmektedir. Sulu tarım alanının 60.000 ha ve daha altında seçilmesi halinde göl su seviyesinde artış olacağı sonucuna ulaşılmaktadır. Kuraklık sınırı olarak seçilen 4 m su derinliğinin altına inmeden sulanabilecek maksimum sulu tarım alanı ortalama 139.000 ha olarak hesaplanmıştır.
- Gembos Havzası'nın güneyinde, Manavgat Çayı Havzası'nın en kuzey alt havzası olan Sinanhoca Tali Havzası bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre Sinanhoca Tali Havzası taban akışı değerleri ile Beyşehir Gölü su seviyesi arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Sinanhoca taban akışı değerleri göl su seviyesi arttıkça artmakta, azaldığında ise düşmektedir. Söz konusu ilişki havzanın güneyine inildikçe azalmakta ve Oymapınar Barajı'nda bulunan dumanlı kaynaklarından itibaren bozulmaktadır.
- Elde edilen sonuçlarda nehrin en kuzeyinde bulunan Sinanhoca Alt Havzası'nın karstik yapısı, taban akışı indeksi değerine yansımış, taban akışının toplam akışa oranı 0,64 olarak hesaplanmıştır. Bu değer Sinanhoca yeraltı suyu havzasının yerüstü drenaj alanından çok daha büyük olduğunu göstermektedir. Sinanhoca Tali Havzası ortalama taban akışı değeri 40,96 m³/s olarak elde edilmiştir. Manavgat Çayı'nın en güneyinde bulunan Şelale Akım Gözlem İstasyonu ortalama akım değeri ise 127 m³/s'dir. Bu bakımdan Beyşehir Gölü ile Manavgat Çayı arasında dolaylı olarak ilişkili olduğu değerlendirilebilir. Ancak Sinanhoca AĞİ ile Şelale AĞİ arasında Oymapınar Barajı ve sonrasında Manavgat Barajı bulunmaktadır. Oymapınar Barajı, baraj gölü altında bulunan Dumanlı Kaynakları'ndan yüksek miktarda

beslenmektedir. Ayrıca barajlarda uygulanan işletme prosedürü Şelale İstasyonu'nda ölçülen akım değerlerine etki etmektedir. Bu nedenle göl su seviyesi ile Şelale AGİ verileri kullanılarak kurulan korelasyon değeri düşük çıkmakta, regresyon denklemi istatistiki sınamayı geçememektedir.

- Elde edilen sonuçlara göre göl su seviyesi ve buna bağlı olarak Sinanhoca Tali Havzası taban akışı değerleri yağış yüksekliklerindeki değişimlerden doğrudan etkilenmektedir. Buna göre orta vadede yağış yüksekliklerinin %30 azalması halinde göl su seviyesinin korunabilmesi için mevcut sulu tarım alanı miktarının 30.000 ha'a kadar düşürülmesi gerektiği ve Sinanhoca taban akışı değerlerinin sıfıra yaklaşacağı öngörülmektedir. Elde edilen sonuçlarda yağış yüksekliklerinin %50 artması durumuna kadar Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölü'ne aktarılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Model sonuçlarına göre yağış yüksekliklerinin orta vadede %50 ve daha fazla artması hem göl su seviyesini üst sınır olan 14 m'ye yaklaştırmakta hem de Sinanhoca taban akışı değerlerinin 2 katına çıkmasına neden olmaktadır.

Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde, elde edilen model ile Gembos Havzası'ndan Beyşehir Gölü'ne su transfer edilmesi projesinin ne derece başarılı bir proje olduğunun ortaya konulduğu değerlendirilmektedir. Bu sonuca ulaşılmasında verici ve alıcı havzalar arasındaki hidrolojik, istatistik ve öznel faktörler bir arada değerlendirilmiştir. Oluşturulan bu sistemin benzerinin diğer havzalar arası su transferi projelerinin değerlendirilmesi için uyarlanabilmesi mümkündür.

Elde edilen veriler ışığında aşağıdaki hususlarda çalışma yapılabileceği değerlendirilmektedir;

- Beyşehir Gölü Havzası'nda yapılan sulu tarım faaliyetlerinde daha çok açık kanal ile sulama yapılmaktadır. Su kaybının önlenmesi ve daha az suyla etkin bir şekilde sulama yapılabilmesini sağlayan damla sulama benzeri daha modern sulama teknikleri ile sulama yapılmalı ve sulama yöntemleri bu doğrultuda geliştirecek teknikler araştırılmalıdır.
- Göl su hacmi varlığını kullanılarak sulu tarım getirisine alternatif olabilecek faaliyetlerin neler olabileceği araştırılmalı, göl su hacmi kullanılarak daha az

sulama suyu hacmine ihtiyaç duyacak tarım ürünleri yetiştirilip yetiştirilemeyeceği araştırılmalıdır.

- Gembos Havzası'ndan Beyşehir Gölü'ne transfer edilen suyun sahip olduğu kimyasal ve fiziksel niteliklerin (sıcaklık, ph vd.) Beyşehir Gölü'nde bulunan biyolojik hayatı ve endemik türleri etkileyip etkilemeyeceği araştırılmalıdır.



- Anonim (1983). "Karst Waters of Southern Turkey. Prepared for the Government of Turkey by United Nations", Newyork
- Ardos, M., (1979). "Türkiye Jeomorfolojisinde Neotektonik". İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No:113.
- Arıkan, A., Tezcan, L. (1990). "A Rainfall-Runoff Model For Large Karstic Areas. Hydrogeological Processes in Karst Terranes", IAHS Publ., Antalya, 225-230.
- Badri, M. A., (1999). "Combining The Analytic Hierarchy Process And Goal Programming For Global Facility Location-Allocation Problem" International Journal Of Production Economics, 62(3), 237-248.
- Begicevic, N., Divjak, B., Hunjak T. (2007). "Development of AHP Based Model For Decision Making On E-Learning Implementation", Faculty of Organization and Informatics University of Zagreb, Croatia /Hırvatistan.
- Bilgin, A., Köseoğlu, M., Özkan, G., (1989). "Isparta Gölçük yöresi kayaçlarının mineralojisi", petrografi ve jeokimyası. TÜBİTAK Doğa yerbilimleri dergisi, 14, 343-360.
- Biswas, A.K., (1983). "Long-distance water transfers: problems and prospects in Long-Distance Water Transfer A Chinese Case Study and International Experiences", Eds.
- Blumenthal, M., (1963). "Le Système Structural du Taurus Sud-Anatolien: in Livre à La mémoire du Professeur", P. Fallot, Mém. hs. sér. Soc. Géol. France, 2, 611-622 s.
- Boray, A., Şaroğlu, F., Emre, Ö. (1985). "Isparta Büklümünün kuzey kesiminde doğu-batı daralma için bazı veriler". Jeoloji Mühendisliği(23), 9-20.
- Brunn, J.H., (1976). "L'arc Concave Zagro-Taurique", Et Les Arcs Convexes Taurique
- COWWM, Committee on Western Water Management (1992). "Water Transfers In The West:Efficiency, Equity, And The Environment", National Academy Press,Washington D.C.
- Çetin, E. (2004). "Stokastik Programlama Yöntemiyle Bir Portföy Optimizasyonu Modelinin Geliştirilmesi", Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, İstanbul.
- Dağdeviren, M., Akay, D., ve Kurt, M. (2004). "İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarsi Prosesi ve Uygulaması", Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, Cilt 19, No 2, 131-138.
- Değirmenci, M. (1989). "Köprüçay Havzası (Antalya) Ve Dolayının Karst Hidrojeolojisi İncelemesi". Ankara: Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Yayınlanmamış).

- Demirtaşlı, E. (1978). "Toros Kuşağındaki Batı Ve Ona Kısımların Jeolojik Evriminde Yeni Veriler." 32. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri. Ankara Türkiye Jeoloji Kurumu.
- Doğan, A., Başayığit, L., Soyaslan, İ., Nas, B. (2013). "Göl-Yeraltı suyu-İklim İlişkisinin Yeraltı suyu Akım Modeli ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yardımıyla Belirlenerek Gölün Optimum Dinamik İşletme Modelinin Oluşturulması: Beyşehir Gölü Modeli Sonuç Raporu", İstanbul.
- Doğan, A., Şanlı, A.S. (2018). "Lake Management Under The Stress Of Climate Change And Agricultural Water Use: Beyşehir Lake, Turkey", Water Perspectives In Emerging Countries, Water-Energy-Food NEXUS in MENA Region, Aswan, Egypt.
- Dumont, J.F., ve Kerey, E. (1975). "Eğirdir Gölü Güneyinin Temel Jeolojik Etüdü", Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 18, 169-175.
- Durdu, M. (2006). "Perakende sektöründe tedarikçi performans değerlemesinde AHP ve Bulanık AHP uygulaması", Yüksek Lisans, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ekmekçi, M., (1987). "Beyşehir Gölü'nün Komşu Havza Akımlarına Olan Etkilerinin Araştırılması", Y. Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Erol, O. (1981). "Neotectonic and Geomorphological Evulation of Turkey", Zeitschrift für Geomorphologie, N.F. Suppl. Bd., 40, 193-211.
- Getachew. B., Peralta R. and Hughes, T. (1999). "Simulation/Optimization modeling for water resources management", Journal Of Water Resources Planning And Management, 125 (3): 154-161.
- Graciansky, P. C. (1968). "Teke yarımadası (Likya) Toroslarının üst üste gelmiş ünitelerinin stratigrafisi ve Dinaro -Toroslardaki yeri". M.T. A. Dergisi (71), 73-93.
- Gümüş, E. (2013), "Göl-Yeraltı suyu Etkileşimi: Beyşehir Gölü Örneği", Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Günay, G. (1986). "Manavgat Havzası Ve Yakın Dolayının Karst Hidrojeolojisi İncelemesi". Ankara Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Doç. Tezi (yayımlanmamış).
- Güneysu, A. C., (1993). "Batı Toroslar 'Da Neotektonik Hareketlerin Karstlaşma Üzerindeki Etkileri Ve Karstlaşmanın Evrimi (Eğirdir-Beyşehir-Antalya Karst Alanı)". Türk Coğrafya Dergisi(28), 329-336.
- Gürdalı, N., (1981). "Suğla Ovasının Karst Hidrojeolojisi ve Suğla Gölü Sorunu". Jeomorfoloji Dergisi(10), 33-57.
- Gürün, A.(2015), "Sivil Havacılık Sektöründe İş Jeti Modeli Seçimi: AHP Yöntemi Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

- Hossein, M. Samani, V., and Mottaghi, A. (2006). "Optimization of Water Distribution Networks using Integer Linear Programming". Journal of Hydraulic Engineering, 132(5): 501-509.
- İMO (2005), İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Güç Dergisi, Sayfa 4.
- Jain, K. S., Goel M. K. and Agarwal P. K. (1998). "Reservoir operation studies of Sabramati system", Journal Of Water Resources Planning And Management 124 (1): 31-38.
- Karaman, E. (1989). "Eğirdir, Kovada, Kaşıkara Ve Burdur Genç Senozik Havzalarının Yapısal Evrimi Ve Ekonomik Potansiyeli". Jeomorfoloji Dergisi(7), 63-70.
- Karaman, M. E. (1994). "İsparta-Burdur Arasının Jeolojisi ve Tektonik Özellikleri", Türkiye Jeoloji Bülteni, 37, 2, 119-134.
- Ketin, İ. (1966). "Tectonic units of Anatolia (Asia Minor)", Maden Tetkik Arama Dergisi, 66, 23-34.
- Koçyiğit, A. (1983). "Hoyran Gölü (İsparta Büklümü) Dolayının Tektoniği", Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 26, 1-10.
- Koçyiğit, A. (1984). "Güneybatı Türkiye Ve Yakın Dolayında Levha içi Yeni Tektonik Gelişim". Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 24(2), 15-23.
- Konya Ovası Projesi (KOP) (2021) Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı. WEB: <http://www.konyadayatirim.gov.tr/sektor.asp?SayfaID=7>
- Kracman, D.R. A.B. (2002) "Stochastic Optimization of the Highland Lakes System in Texas", Yüksek Lisans Tezi, The University of Texas, Austin, ABD
- Kuruüzüm, A., ve Atsan, N. (2001). "Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları", Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi (1) 2001, Sayfa 83.
- Lamy, F. (2003). "Development and evaluation of multiple criteria decision-making approaches to watershed management", Ph.D. Dissertation, Oregon State University Proquest Dissertations and Theses, United States, Publication Number: AAT 3080151.
- Lund, J.R., Israel, M. and Kanazawa, R. (1995). "Recent California water transfers:emerging options in water management, Center for Enviromental and Water Resources Engineering Report", 92-1 , Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Davis.
- Mainuddin, M., Gupta, A.D. and Onta, P.R. (1997). "Optimal crop planning model for an existing groundwater irrigation project in Thailand", Agricultural Water Management, 33(1), 43-62.
- Mardle, S., Herrero I., (2004). "Management Objective Importance in Fisheries: An Evaluation Using the Analytic Hierarchy Process (AHP)", Article in Environmental Management February 2004.
- MATSO, Manavgat Sanayi ve Ticaret Odası (2016), "Turizm ve Manavgat İçin Acil Önlemler Raporu", Antalya

- Ming-Yen T., Nien-Sheng H. and William W.-G. Yeh. (2003). "Optimization of reservoir management and operation with hedging rules, Journal of Water Resources Planning and Management", 129 (2): 86-97
- Montaseri, M. and Adeloye., A., (2002). "Effects of integrated planning on capacity-yield-performance functions", Journal of Water Resources Planning and Management 128 (6): 456-461.
- Nas, B., Berktaş, A., Karabörk, H., Ekercin S., ve Hoşafcıoğlu S. (2008). "Effects on Lake Beyşehir water quality of point sources in Lake Beyşehir watershed Konya Closed Basin Groundwater and Drought Conference, Ministry of Environment and Forest, General Directorate of State Hydraulic Works", September 11-12, Konya.
- Nazik, L. (1985). "Beyşehir Gölü (Konya) Yakın Güneyinin Karst Jeomorfolojisi". İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Deniz Bil. Coğrafya Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış).
- Nazik, L. (1992). "Beyşehir Gölü Güneybatısı İle Kemboş Polyesi Arasının Karst Jeomorfolojisi", Doktora Tezi, Deniz Bilimleri Ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Needham, J. T., D. W. Watkins, J. R. Lund and S. K. Nanda. (2000). "Linear programming for flood control the Iowa and Des Moines Rivers", Journal of Water Resources Planning and Management 126 (3): 118-127.
- Özgül, N. (1976). "Torosların bazı temel jeoloji özellikleri". Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19(1), 65-78.
- Özgül, N. (1984). "Alanya bölgesinin jeolojisi. Ketin Sempozyumu". Ankara: Türkiye Jeoloji Kurumu.
- Poisson, A. (1977). Recherches geologique dans les Taurides occidentales these doct. d'etat orsay. N.1902.
- Poisson, A., Akay, E., Dumont, J. F., and Uysal, Ş. (1984). "The Isparta angle e Mesozoic Paleorift in the western Taurids", . International Symposium geology of the Taurus Belt, (s. 11-16). Ankara: M.T.A Yayınları.
- Ramanathan, R., (2001). "A Note on the Use of the Analytic Hierarchy Process for Environmental Impact Assessment", Journal of Environmental Management, 63, 27-35
- Ravikumar, V and K. Venugopal., (1998). "Optimal operation of South Indian irrigation systems", Journal Of Water Resources Planning And Management 124 (5): 264-2
- Saaty, T., (2000) "Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process", RWS Publications, Pittsburgh, PA.
- Sanlı, A.S., Agaccioglu, H., Sinan, I. et al. (2021). "Statistical assessment of interbasin water transfer for karst areas (Turkey)". Arab J Geosci 14, 2342 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12517-021-08693-w>

- Sesören, A. (1985). "Potential Of Remote Sensing Use İn A Karstic Area, Antalya Region İn The South Of Turkey,., Proc. Symp. Karst". Water Resources (s. 271-277). Ankara: IAHS Publ. No 161.
- Sinan, İ. (2021), "Havzalar Arası Su Transferinin İstatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi". YTÜ Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Sodan, Z., (2006). "Beyşehir Gölü Havzası Planlama Sorunları", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Konya.
- Sunita Devi, D. K. Srivastava and C. Mohan (2005). "Optimal water allocation for the Transboundary Subernarekha River, India", Journal of Water Resources Planning and Management vol. 4: 253-269.
- Şanlı, A.S, (2014). "Beyşehir Gölünden Su Kullanımının İklim Verilerine Bağlı Optimizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hidrolik Anabilim Dalı, İstanbul.
- Şenel, M., (1984). "Discussion on the Antalya nappes. International Symposiums, Geology of The Taurus Belt", (s. 41-51). Ankara: MTA Yayınları.
- Şenel, M., (1997). "1/250 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları", Isparta Paftası. Ankara: MTA Yayınları No:11, s.24.
- Şengör, A.M.C., (1980). "Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları", Türkiye Jeoloji Kurultayı Konferanslar dizisi, 2, 40 s.
- TBMM,(2012),(7/6939) Sayılı Yazılı Soru Önergesi, Ankara
- TBMM,(2019),(7/5908-14552) Sayılı Yazılı Soru Önergesi, WEB: https://www.tbmm.gov.tr/develop/owa/yazili_sozlu_soru_gd.onerge_bilgi_leri?kanunlar_sira_no=29327
- Tokgözlü, A. ve Özkan, E. (2018). Taşkın Risk Haritalarında AHP Yönteminin Uygulanması: Aksu Çayı Havzası Örneği Application of AHP Method in Flood Risk Maps: Aksu River Basin Example. 151-176.
- Tüstaş Sınai Tesisler A.Ş. Proje Daire Başkanlığı, (1999). "Beyşehir Gölü Sulak Alanı Yüzey Suyu Toplama Havzası Yönetim Planı Analitik Etüd Raporu", Konya Valiliği ve Beyşehir Kaymakamlığı, Ankara.
- Üke, K. (2016), "AHP Yöntemi İle Çorum Şehrinde AVM Kuruluş Yeri Seçimi", Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çorum.
- Ünsal, B., (2018). "A Multi-Objective Optimization And The Analytic Hierarchy Process Integrated Approach For Sustainable Supply Chain.
- Villa, F., Tunesi, L. and Agardy, T., (2002). Zoning Marine Protected Areas Through Spatial Multiple-Criteria Analysis: The Case Of Asinara Island National Marine Reserve Of Italy [Online], Conservation Biology, 16(2) <https://www.uvm.edu/~Gundiee/Publications/Asinara.Pdf>
- WWF, (2012). "Çılgın Rüyalar, Boş Umutlar.Havzalar Arası Su Transferi", WWF,Türkiye.

- Yağmurlu, F., Savaşçın, Y., Bozcu, M. (1997). "Relation of Alkaline Volcanism and Active Tectonism within the Evolution of the Isparta Angle, SW-Turkey", The Journal of Geology, 105, 717-728.
- Yalçinkaya, S., Ergin, A., Taner, K., Afşar, P. Ö., Dalkılıç, H., & Özgönül, E. (1986). "Batı Torosların Jeoloji Raporu". Ankara: Maden Tetkik Arama Enstitüsü Rapor No:7898 (Yayımlanmamış).
- Yanar H. ve Öziş.Ü., (1984). "Turkish Dam Impounds World's Largest Karst Spring, International Water Power and Dam Construction Magazine", S.44-49,Ara
- Yaşar, S., Ceyhan, N., Şevik, H., Pekersen, S., Semerci, M., Söyleyici, F.D., Candan, E.B., Tunçez, S., Tunç, T., İrioğlu, İ., Şanlı, M.A., Yaman, C., Canal, M., (2003). "Konya İlinin Sulak Alanları", Konya Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Yayın No: 10, Konya.
- Yavuz, F., (2011). "Katılımcı Havza Planlama Su Ve Yönetimi: Beyşehir Gölü Havzasında Kritik Başarı Faktörlerinin Değerlendirilmesi", Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Fakültesi, Selçuk Üniversitesi, Doktora Tezi.
- Yıldır, C., Ağıralan, İ., Cebi, F. ve Kaya, A. (2016). "Yedek Parça Dağıtım Planlamasına Yönelik Model Tasarımı ve Bir Uygulama". Ege Akademik Bakış. 16. 10.21121/eab.2016OZEL24422.
- Yıldız, D.(2006), "Doğu Akdeniz Ve Manavgat Çayı Su Temin Projesi", TBMMO Su Politikaları Kongresi
- Yılmaz, E., (1999). "Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinin Çözümü", Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 5, 95-122.
- Yurtsever, Y., (1978). "Tabii İzotopların Hidrolojide Kullanılması Esasları Ve Antalya Civarı Karstik Bölgede Yerüstü - Yeraltı Suyu İlişkilerinin Tabii-İzotoplarla Araştırılması Sonuçları", TÜBİTAK, VI. Bilim Kongresi, Mühendislik Araştırma Grubu, Ankara.
- Zahedi, F., (1986), "The Analytic Hierarchy Process-A Survey of the Method and its Applications". Interfaces, Volume: 16, Temmuz-Ağustos, pp: 96-108.

A

AHS ANKET SORULARI

HİDROLOJİK, İSTATİSTİKSEL VE ANALİTİK HİYERARŞİK SÜREÇ YÖNTEMLERİ KULLANILARAK HAVZALAR ARASI SU TRANSFERİNİN OPTİMİZASYONU: BEYŞEHİR GÖLÜ- GEMBOS HAVZASI-MANAVGAT ÇAYI ÖRNEĞİ

DEĞERLENDİRME SORULARI

- Yaşamakta olduğunuz yer aşağıdaki havzaların hangisi içerisinde bulunmaktadır?

- ☐ Beyşehir Gölü Çevresi
- ☐ Gembos Ovası Çevresi
- ☐ Manavgat Nehri Çevresi

- Yaşamakta olduğunuz yerde ne kadar süredir bulunmaktasınız?

- ☐ 0-5 Yıl
- ☐ 5-10 Yıl
- ☐ 10-15 Yıl
- ☐ 15 Yıl ve üzeri

- Uzmanlık alanınız / mesleğiniz nedir?

- 1.Nolu soruda aşağıdaki ölçeklendirmeyi kullanınız:

- 1 = Biri diğerine göre hiç önemli değil
- 3 = Biri diğerine göre biraz önemli
- 5 = Biri diğerine göre orta derecede önemli
- 7 = Biri diğerine göre çok önemli
- 9 = Biri diğerine göre son derecede önem

- 1) “Sizce, yaşadığınız havzada bulunan su kaynaklarının, aşağıdaki unsurlardan **hangisi için kullanılması daha önemlidir?**” Bu soruyu göz önüne alarak, **havzanızdaki su kaynaklarını kullanmakta olan aşağıdaki unsurları birbiriyle karşılaştırınız.**

Kıyas Puanları (1'den 9'a kadar uygun bir kıyas puanı seçiniz.)																		
Sulu Tarım	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Balıkçılık/Hayvancılık
Sulu Tarım	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sosyal Yaşam (Refah ve İstihdamın artması, Turizmin Gelişmesi, Yatırımların Çoğalması)
Sulu Tarım	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Doğal Yaşamın Korunması (Canlılar için daha yaşanılabilir çevre sağlanması, Doğal Kaynakların Korunması)
Balıkçılık	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sosyal Yaşam
Balıkçılık	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Doğal Yaşamın Korunması
Sosyal Yaşam	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Doğal Yaşamın Korunması
Sulu Tarım	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kentsel Kullanım (Ucuz temiz su sağlanması, su kalitesinin artması)
Kentsel Kullanım	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Doğal Yaşamın Korunması
Kentsel Kullanım	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Balıkçılık
Kentsel Kullanım	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sosyal Yaşam

Bilgi Notu (Sonraki soruları cevaplamadan önce aşağıdaki notu okuyunuz.)

2007 Yılından itibaren, Beyşehir Gölü Havzasının güneyinde bulunan Gembos Havzasının suyu, Beyşehir Gölü Havzasına aktarılmaktadır. Daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarda Beyşehir Gölü su seviyesinin yükselmesi halinde, gölün yer altı suyunu daha fazla beslediği tespit edilmiştir. Beyşehir Gölünden yeraltına karışan suyun nereleri beslediği tam olarak belli değildir.

Ancak uzun yıllardır hem gölden yeraltına karışan suların hem de Gembos havzasından yeraltına karışan suların Manavgat Nehri'ni beslediği iddia edilmektedir.

- 2) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, **Sulu Tarım Faaliyetlerinin Yürütülmesi** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?
- a) Hiç Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
 - b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
 - c) Etkisi Yoktur
 - d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
 - e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)
- 3) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, **Balıkçılık/Hayvancılık Faaliyetlerinin Yürütülmesi** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?
- a) Hiç Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
 - b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
 - c) Etkisi Yoktur
 - d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
 - e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)
- 4) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, **Sosyal Yaşama Fayda Sağlanması*** açısından, ne derece faydalıdır/önemlidir?
(*Refah ve İstihdamın artması, Turizmin Gelişmesi, Yatırımların Çoğalması gibi...)

- a) Hiç Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
- b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
- c) Etkisi Yoktur
- d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
- e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)

5) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, **Doğal Yaşamın Korunması*** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?

*(Canlılar için daha yaşanılabilir çevre sağlanması, Doğal Kaynakların Korunması, Canlı Türlerinin Korunması gibi...)

- a) Hiç Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
- b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
- c) Etkisi Yoktur
- d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
- e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)

6) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, havzanızda **Yeni Sulu Tarım Alanlarının Kazanılması** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?

- a) Hiç Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
- b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
- c) Etkisi Yoktur
- d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
- e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)

7) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, havzanızda **Tarım Ürünlerindeki Kalitenin Artması** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?

- a) Hiç Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
- b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
- c) Etkisi Yoktur
- d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
- e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)

- 8) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, havzanızda **Sulu Tarımdan Daha Fazla Verim Alınması** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?
- a) Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
 - b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
 - c) Etkisi Yoktur
 - d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
 - e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)
- 9) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, havzanızda **Sulu Tarımda Ürün Çeşitliliğinin Artması** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?
- a) Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
 - b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
 - c) Etkisi Yoktur
 - d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
 - e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)
- 10) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, havzanızda **Avlanabilen Balık Miktarı ve/veya Türünün Artması** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?
- a) Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
 - b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
 - c) Etkisi Yoktur
 - d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
 - e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)
- 11) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, havzanızda **Yaşam Alanlarının Kalitesinin Artması*** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?*(Rekreasyon/sayfiye alanlarının çoğalması, çevrenin güzelleşmesi, su ve kirliliğinin azalması gibi)
- a) Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
 - b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
 - c) Etkisi Yoktur
 - d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
 - e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)

12) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, havzanızda **Turizm Faaliyetlerinin Çoğalması** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?

- a) Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
- b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
- c) Etkisi Yoktur
- d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
- e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)

13) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, havzanızda **İnsanlara Yeni İş Olanakları Sağlanması** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?

- a) Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
- b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
- c) Etkisi Yoktur
- d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
- e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)

14) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, havzanızda **Sucul Canlıların Yaşam Kalitesini Etkilemesi** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?

*(Kuraklık ve taşkın riskinin azaltılması, Su kirliliğinin azaltılması, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılması gibi...)

- a) Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
- b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
- c) Etkisi Yoktur
- d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
- e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)

15) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, havzanızda **Bitki ve Hayvanların Yaşam Kalitesini Etkilemesi** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?

- a) Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
- b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
- c) Etkisi Yoktur
- d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
- e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)

16) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, havzanızda **Kullanım Suyu Kalitesinin Artması** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?

- a) Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
- b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
- c) Etkisi Yoktur
- d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
- e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)

17) Yukarıdaki bilgi notunu göz önüne aldığınızda, Gembos Havzası suyunun Beyşehir Gölüne aktarılması, havzanızda **Temiz Su Temin Etme Maliyetlerinin Azalması** açısından ne derece faydalıdır/önemlidir?

- a) Faydalı/Önemli Değildir (Çok zararlıdır)
- b) Az Faydalıdır/Az Önemlidir (Zararı faydasından fazladır)
- c) Etkisi Yoktur
- d) Orta Derecede Faydalıdır/Önemlidir (Faydası zararından fazladır)
- e) Çok Faydalıdır/Önemlidir (Hiç zararlı değildir)

GAMS YAZILIMI OPTİMİZASYON MODEL KODLARI

\$TITLE BEYSEHİR_MANAVGAT_OPTİMİZASYON

\$ontext

Bu çalışma; Tübitak tarafından desteklenen 117Y384 No'lu proje kapsamında, iklim verileri ve senaryoları göz önüne alınarak, Gembos Havzası Suyunun Beyşehir Gölü'ne transfer edilmesi projesinin, Beyşehir Gölü Havzası ile Manavgat Nehri Havzası'na etkilerini belirlemek amacı ile yapılmıştır.

\$offtext

* =====
İndisler(Endeksler)=====

*Veri Zaman aralığı:

*2012-2016 yılları aralığını kapsamaktadır.

sets

*YILLAR: 1 = 2012,2=2013,...,5=2016 Yılı
Y /1,2,3,4,5/

*AYLAR: Ocak=1, Şubat=2,..., Aralık=12
A /1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12/

* =====Sabit ve değişken veriler =====

*GAMS dışında ölçülen veya hesaplanan veriler kullanıcı tercihinine göre
*tablo halinde tanımlanabileceği gibi komut kullanılarak çağrılabilirler.

\$ontext

table ya(A,Y) Beyşehir Gölü Havzası Aylık Toplam Yağış Miktarı (su transferi sonrası dönemde) (mm)

	1	2	3	4	5
1	35	47.4	68.4	64.6	1
2	63.4	23.2	42.8	0.1	5.6
3	127.6	45.4	58.2	11.4	63
4	68.6	22.2	90.6	84.4	181
5	61.4	125.4	30	14	5
6	13	53.4	52.6	41.6	54
7	37.6	5.6	67.6	42.2	55.8
8	36.6	59.2	13.4	83.4	64
9	6.4	56.8	64.4	20.2	68
10	14.8	16.6	18.6	38.2	38.2
11	0.1	2.8	21.2	7	7
12	7.4	15.2	2.4	16.4	16.4

;

\$offtext

*\$ontext

table ya(A,Y) Aylık yağış miktarı (su transferi öncesi dönemde)(mm)

	1	2	3	4	5
1	111.5	48.1	11.7	45.2	63.3
2	85.1	75.8	53.6	25.3	111.5
3	36.5	35.1	26.5	84.4	42.7
4	3.4	33.7	48	102.9	80.6
5	46.5	80.4	119.5	26	20.2
6	34.9	3.19	4	8.1	29.4
7	19.2	0.1	6.3	15.9	0.2
8	51.1	17.1	9.8	27.2	2.5
9	22.4	15.7	8.1	55	40
10	26.7	45	12.8	5.7	30.8
11	4.3	28.4	92.3	42.1	21.5
12	19.59	57.8	222.3	68.4	130.6

;

*\$offtext

*Buharlaşma yüksekliği değerleri GAMS dışında 2 farklı yol kullanılarak elde

*edilmişlerdir. Bunlardan ilki Beyşehir Meteoroloji istasyonu buharlaşma tavaşı

*ölçümleridir. Diğer ise Penman-Monteith denk.tak. ile elde edilen değerlerdir.

\$ontext

table bh(A,Y) Aylık buharlaşma yüksekliği (mm) P.Monteith modeli ile hesaplanan

	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	73.86	77.11	72.72	72.72	70.80
5	115.49	107.09	103.14	103.14	108.57
6	123.90	124.16	114.80	114.80	115.62
7	132.59	130.98	121.05	121.05	128.98
8	118.24	116.52	116.49	116.49	112.25
9	81.34	81.45	78.10	78.10	76.88
10	49.94	51.32	43.36	48.72	45.76
11	23.49	22.38	19.37	21.41	22.33
12	0	0	0	0	0

;

\$offtext

*\$ontext

table bh(A,Y) Aylık buharlaşma yüksekliği (mm) P.Monteith modeli ile hesaplanan (su transferi öncesi dönemde)

	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	72.72	70.80	74.41	75.26	81.89
5	103.14	108.57	98.65	98.79	109.52
6	114.80	115.62	116.86	116.69	117
7	121.05	128.98	124.73	123.58	125.5
8	116.49	112.25	118.34	108.01	112
9	78.10	76.88	81.88	74.63	78
10	48.72	45.76	49.90	46.58	48.6
11	21.41	22.33	23.88	21.60	22
12	0	0	0	0	0

;

*\$offtext

* ===== 2040-2070 YILLARI PROJEKSİYONU VERİLERİNE

GÖRE=====

\$ontext

table bh(A,Y) Aylık buharlaşma yüksekliği (mm) P.Monteith modeli ile hesaplanan

	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	76.25	74.45	77.69	78.85	84.8
5	107.47	112.58	102.89	103.14	112.6
6	118.91	119.64	120.68	120.54	121
7	124.83	132.08	128.12	123.58	127.6
8	119.15	114.93	120.77	110.72	114
9	80.23	78.82	83.83	76.92	80.1
10	50.14	47.02	51.27	47.69	49.6
11	21.96	22.80	24.30	22.01	23
12	0	0	0	0	0

;

\$offtext

*

=====

* ===== 2070-2099 YILLARI PROJEKSİYONU VERİLERİNE

GÖRE=====

\$ontext

table bh(A,Y) Aylık buharlaşma yüksekliği (mm) P.Monteith modeli ile hesaplanan

	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	78.77	77.05	80.02	81.39	87.5
5	110.54	115.40	105.89	106.22	115.9
6	121.78	122.46	123.34	123.22	124.3
7	127.44	134.18	130.45	112.54	130.3
8	120.94	116.74	122.37	123.58	117
9	81.65	80.09	85.12	78.48	83.1
10	51.08	47.83	52.15	48.38	52.6
11	22.26	23.05	24.52	22.21	25
12	0	0	0	0	0

;

\$offtext

*

=====

table ks(A,Y) Aylık kullanım suyu (hm3)

	1	2	3	4	5
1	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4
2	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4
3	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4
4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
5	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
6	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
7	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4
8	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4

9	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4
10	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4
11	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4
12	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4

;

*Bitki Su ihtiyaçları GAMS dışında Blaney-Criddle denklem takımı kullanılarak
*hesaplanmıştır. Referans olarak şekerpancarı bitkisi esas alınmıştır.

*\$ontext

table bsi(A,Y) Aylık bitki su ihtiyacı yüksekliği (mm)

	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	17.78	17.30	18.47	18.38	21.41
5	56.47	59.33	53.84	54.05	60.74
6	82.42	83.18	84.20	83.73	94.89
7	105.52	112.52	108.83	107.72	125.31
8	121.63	117.31	123.68	112.71	131.82
9	89.82	88.42	94.16	85.83	9
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0

;

*\$offtext

* ===== BAZI YILLARDA SULAMA SUYU GÖNDERİLMEMESİ
HALİNDE=====*

\$ontext

table bsi(A,Y) Aylık bitki su ihtiyacı yüksekliği (mm)

	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	18.38	21.41
5	0	0	0	54.05	60.74
6	0	0	0	83.73	94.89
7	0	0	0	107.72	125.31
8	0	0	0	112.71	131.82
9	0	0	0	85.83	9
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0

;

\$offtext

* ===== 2040-2070 YILLARI PROJEKSİYONU VERİLERİNE
GÖRE=====

\$ontext

table bsi(A,Y) Aylık bitki su ihtiyacı yüksekliği (mm)

	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0

3	0	0	0	0	0
4	18.65	18.18	19.26	19.25	22.43
5	58.82	61.51	56.14	56.40	62.8
6	85.37	86.05	86.93	86.49	97.9
7	108.80	115.20	111.73	110.88	128.45
8	124.40	120.10	126.21	115.53	134.7
9	92.26	90.64	96.41	88.46	12.5
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0

\$offtext

*

=====

* ===== 2070-2099 YILLARI PROJEKSİYONU VERİLERİNE

GÖRE=====

\$ontext

table bsi(A,Y) Aylık bitki su ihtiyacı yüksekliği (mm)

	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	19.27	18.81	19.81	19.86	22.60
5	60.48	63.04	57.77	58.08	64.6
6	87.44	88.06	88.83	88.41	98.9
7	111.07	117.02	113.80	113.05	131.4
8	126.27	121.99	127.88	117.42	136.2
9	93.90	92.11	97.89	90.25	13.5
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0

\$offtext

table QGEM(A,Y) Gembos Havzasından Aktarılabilen Su Hacmi (hm3)

	1	2	3	4	5
1	19.96	19.96	19.96	19.96	19.96
2	23.44	23.44	23.44	23.44	23.44
3	23.54	23.54	23.54	23.54	23.54
4	16.09	16.09	16.09	16.09	16.09
5	5.41	5.41	5.41	5.41	5.41
6	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
7	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
8	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
9	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
10	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
11	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
12	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66

table yaGEM(A,Y) Gembos Havzası Aylık Toplam Yağış Miktarı (2014-2018)(mm)

	1	2	3	4	5
1	188.3	196.6	186.3	222	148.4

2	65.5	147.3	67.4	1.2	46.2
3	130.2	163.7	141.6	137.3	78.3
4	41.2	42.8	43.5	64.8	14.5
5	55.2	26.5	98.8	71.2	62.5
6	41.9	44.9	21.3	28.2	93.3
7	7	14.3	13	5.9	4.3
8	21.4	26.9	25.2	47.5	10.5
9	41.7	17.5	51.3	20.9	24.3
10	77.6	81.8	5.2	120.3	60.8
11	62.9	39.5	66.7	88.1	107.9
12	162.4	0.5	145.3	91.2	99.8

;

table KOCADERE(A,Y) Gembos Kocadere Aylık Ort. Akım Verileri (m3 s)

	1	2	3	4	5
1	8.43	0.6	1.43	5.51	5.11
2	20.12	2.45	2.89	4.51	14.9
3	7.92	5.87	2.54	7.89	8.36
4	7.56	7.74	3.36	12.03	10.85
5	3.26	3.61	7.76	3.52	3.87
6	1.42	0	0.49	1.99	3.32
7	0.46	0	0.035	0.77	0.43
8	0.18	0	0	0.164	0.09
9	0.027	0	0	0.14	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0.16	0	2.56	0.001
12	0	1.92	16.62	2.79	11.26

;

*

=====

=====

*

=====

=====

*Sabitler
scalars

Ah Havza Alanı(hm2) /413725/

*Maxha Maksimum Göl Hacmi(Göl Kotu 1126)(h 11.6 m) /5979/

*Minha Minimum Göl Hacmi(Göl Kotu 1118.4)(h 4.2 m) /1185.6/

gtk Göl taban kotu m /1114.40/

c Yüzeysel Akış Katsayısı /0.144/

*Beyşehir Gölü çıkışında bulunan kanallar ile kontrollü olarak su tahliyesi
*yapılabilmektedir.Bu kanalların kapasiteleri orifis denklemleri kullanılarak
*GAMS hesaplanmış ve maksimum tahliye kapasitesi belirlenmiştir.

tahliyemax Kanal ile boşaltılabilecek en büyük hacim (hm3 ay) /526/

*Göl başlangıç kotu 1121,74 olarak alınmıştır.
*(2006-Ocak Ayı Beyşehir Gölü Yüzey kotu değeri.)
*Bu kota karşılık gelen göl hacmi ilk hacim olarak modele dahil edilmiştir.

GBaH İlk Yıl Gölde Bulunan Hacim /3059.988/

Maxh Maksimum Göl Yüksekliği m /13/
Minh Minimum Göl Yüksekliği m /4/

BEAmax Ekim yapılabilecek maksimum alan (hm2) /100000/
BEAmin Ekim yapılabilecek minimum alan (hm2) /60000/

DEĞİŞİM KATSAYILARI
DEY YAĞIŞ DEĞİŞİKLİK KATSAYISI /1/
*\$ontext
*FAYDA KATSAYILARI*HALK AÇISINDAN
AHPsulama /43/
AHPHAYVANCILIK /6/
AHPKENTSEL /15/
AHPsosyal /9/
AHPDOGA /27/
*\$offtext

\$ontext
*FAYDA KATSAYILARI*UZMANLAR AÇISINDAN
AHPsulama /35/
AHPHAYVANCILIK /6/
AHPKENTSEL /24/
AHPsosyal /13/
AHPDOGA /22/
\$offtext

* ===== Değişkenler
=====

variables

FAYDA Genel Olarak İdeal Beklentinin Karşılama Oranı

QSLMF(Y) Tarımsal Su Kullanımı Fayda Beklentisini Karşılama Oranı
HAYF(A,Y) Hayvancılık-Balıkçılık Faaliyetleri Fayda Beklentisini Karşılama Oranı
KENTS(A,Y) Kentsel Su Kullanımı Faaliyetleri Fayda Beklentisini Karşılama Oranı
SOSYAL(A,Y) Sosyal Faaliyetler Fayda Beklentisini Karşılama Oranı
DOGAHF (A,Y) Doğal Hayat Fayda Beklentisini Karşılama Fayda Oranı

*FAYDA FONKSİYONU TERİMLERİ

BEAF Tarımsal Su Kullanımı Ortalama Fayda Değeri
HAYVF Hayvancılık-Balıkçılık Faaliyetleri Ortalama Fayda Değeri
KENTF Kentsel Su Kullanımı Faaliyetleri Ortalama Fayda Değeri
SOSYALF Sosyal Faaliyetler İdeal Faydanın Ortalama Fayda Değeri
DOGHF Doğal Hayat Faaliyetleri Ortalama Fayda Değeri
;

positive variables

*Tüm hacimler- volume unit hm3
*Tüm alanlar – area unit hm2
*h(A,Y) m

Vg(A,Y) Total basin volume
VgB(A,Y) Lake volume

GBH(Y) Lake volume at year one

QYA(A,Y) Surface flow volume hm3
QYSG(A,Y) Underground income volume hm3

QGA(A,Y) Precipitation hm3

QYSC(A,Y) Underground loss volume hm3

QET(A,Y) Evapotranspiration volume hm3

QKLM(A,Y) Urban water volume hm3

QSLM(A,Y) irrigation volume hm3

hBSI(A,Y) plant water needs (mm)

QSAL(A,Y) sluice volume hm3

QTAS(A,Y) flood volume hm3

Ag(A,Y) avarage lake area $ha=hm^2$

h(A,Y) lake water level m

gyk(A,Y) lake elevation m

BEA(Y) irrigation area $ha=hm^2$

Gelen(A,Y) income volume hm3

Giden(A,Y) outgoing volume hm3

QSINANHOCA(A,Y) Sinanhoca İstasyonu Aylık Ortalama Taban Akışı (m3 s)

;

* ===== Denklem Tanımları
=====

equations

gykd(A,Y) Göl Yüzeyi Kotu denklemi

VgD1(A,Y) İlk Aylar Dışında Güncel Hacim denklemi

VgD2(A,Y) İlk Aylar İçin Güncel Hacim denklemi

VgDb1(A,Y) İlk Yıl Başlangıç Hacmi denklemi

VgDb2(A,Y) İlk Yıl Dışında Başlangıç Hacmi denklemi

VgBD(A,Y) Beyşehir Gölü Hacim Hacim denklemi.

QYAD1(A,Y) Aylık Yüzeysel Akış Hacmi denklemi.

QYAD2(A,Y) Aylık Yüzeysel Akış Hacmi denklemi.

QGAD(A,Y) Aylık Göl Alanı Yağış Hacmi denklemi.

QYSGD(A,Y) Yeraltı suyu gelen hacim denklemi.

QYSCD(A,Y) Yeraltı suyu giden hacim denklemi.

QETD(A,Y) Aylık buharlaşma hacmi denklemi.

QKLMD(A,Y) Aylık kullanım suyu hacmi denklemi.

QSLMD(A,Y) Aylık Sulama Suyu Hacmi denklemi.

hBSID1(A,Y) Yağışın etersiz olması halinde bitki su ihtiyacı denklemi.

hBSID2(A,Y) Yağışın yeterli olması halinde Bitki su ihtiyacı denklemi.

GelenD(A,Y) Aylık gelen hacimler toplamı denklemi.

GidenD(A,Y) Aylık giden hacimler toplamı denklemi.

AgD(A,Y) Yükseklik-Göl Alanı denklemi

HgD(A,Y) Yükseklik-Göl Hacmi denklemi

QSINANHOCAREGD (A,Y) Sinanhoca İstasyonu Aylık Ortalama Taban Akışı Regresyon Denklemi

QSLMFD(Y) Tarımsal Faaliyetler - Göl Su Seviyesi İlişkisi Denklemi
HAYVFAD(A,Y) Hayvancılık Faydası-Göl Su Seviyesi İlişkisi Denklemi
KENTSD(A,Y) Kentsel Kullanım Faaliyetleri-Göl Su Seviyesi İlişkisi Denklemi
SOSYALFD(A,Y) Sosyal Faaliyetler - Göl Su Seviyesi İlişkisi Denklemi
DOGHAFD(A,Y) Doğal Hayat- Göl Su Seviyesi İlişkisi Denklemi

*FAYDA FONKSİYONU TERİMLERİ

BEAFD Tarımsal Faaliyetler Fayda Denklemi
HAYVFD Hayvancılık-Balıkçılık Fayda Denklemi
KENTFD Kentsel Kullanım Fayda Denklemi
SOSFD Sosyal Faydalar Denklemi
DOGHAD Doğal Hayat Faydası Denklemi

*AMAÇ FONKSİYONU

OBJECTIVE TOPLAM FAYDA DENKLEMİ;

* ===== Denklem Açılımları
=====

*Göl Başlangıç Hacmi Denklemi

$VgDb1(A,Y) \$ ((ORD(Y) \text{ eq } 1) \text{ and } (ORD(A) \text{ eq } 1)).. GBH(Y)=e=GBaH;$
 $VgDb2(A,Y) \$ ((ORD(Y) \text{ ne } 1) \text{ and } (ORD(A) \text{ eq } 1)).. GBH(Y)=e=Vg(A+11,Y-1);$

*Su Bütçesi Denklemi

$VgD2(A,Y) \$ ((ord(A) \text{ ne } 1)).. Vg(A,Y)=e= Gelen(A,Y)-Giden(A,Y) + Vg(A-1,Y);$
 $VgD1(A,Y) \$ ((ord(A) \text{ eq } 1)).. Vg(A,Y)=e= GBH(Y)+Gelen(A,Y)-Giden(A,Y);$

$GelenD(A,Y)..Gelen(A,Y)=e= QYA(A,Y)+QGA(A,Y)+QYSG(A,Y)+QGEM(A,Y)*0;$
 $GidenD(A,Y)..Giden(A,Y)=e= QET(A,Y)+QKLM(A,Y)+QYSC(A,Y)+QSLM(A,Y);$

*Göl Hacmi Denklemi

$VgBD(A,Y)..VgB(A,Y)=e= Vg(A,Y)-QSAL(A,Y)-QTAS(A,Y);$

*Yüzeysel Akış İle Gelen Hacim

$QYAD1(A,Y) \$ ((bsi(A,Y)-(DEY*ya(A,Y))) < 0)..QYA(A,Y)=e=Ah*c*((ya(A,Y)*DEY)-bsi(A,Y))*$
 $(0.00001);$

$QYAD2(A,Y) \$ ((bsi(A,Y)-(DEY*ya(A,Y))) > 0)..QYA(A,Y)=e=0;$

*Göl Alanı Üzerine Düşen Yağış Hacmi

$QGAD(A,Y)..QGA(A,Y)=e=(ya(A,Y)*DEY)*(0.00001)*Ag(A,Y);$

*Göl Yüzeyi Buharlaştırma Hacmi

$QETD(A,Y)..QET(A,Y)=e=bh(A,Y)*(0.00001)*Ag(A,Y);$

*Sulama Suyu Hacmi

$QSLMD(A,Y)..QSLM(A,Y)=e=BEA(Y)*hBSI(A,Y)*(0.00001);$

$hBSID1(A,Y) \$ ((bsi(A,Y)-(DEY*ya(A,Y))) > 0)..hBSI(A,Y)=e= bsi(A,Y)-(DEY*ya(A,Y));$
 $hBSID2(A,Y) \$ ((bsi(A,Y)-(DEY*ya(A,Y))) < 0)..hBSI(A,Y)=e= 0;$

*İçme ve Kullanım Suyu Hacmi

$QKLMD(A,Y)..QKLM(A,Y)=e= ks(A,Y)*0.1;$

*=====

$gykd(A,Y)..gyk(A,Y)=e=gtk+h(A,Y);$

*MODFLOW Yeraltı Suyu Modelleme Yazılımı İle Hesaplanan
*Göl Yüzey Kotu-Yeraltı Suyu Transferi İlişkisi

$$QYSGD(A,Y)..QYSG(A,Y)=e=(5353.1*gyk(A,Y)*gyk(A,Y)-12038118.6*gyk(A,Y)+6767975756.1)*30*(1/1000000);$$

*Yeraltı Suyu Çıkan Hacim

$$QYSCD(A,Y)..QYSC(A,Y)=e=(45418.11*gyk(A,Y)-50508611.36)*30*(1/1000000);$$

*=====

*=====

*Göl Hacmi ve kotu ile Göl Derinliği Arasındaki İlişki

$$AgD(A,Y)..Ag(A,Y)=e=(71.277*(h(A,Y)**3)-1885.40*(h(A,Y)**2)+18768*h(A,Y));$$

$$HgD(A,Y)..VgB(A,Y)=e=(-2.8781*(h(A,Y)**3))+76.789*(h(A,Y)**2)+4.7028*h(A,Y);$$

*=====

$$QSINANHOCAREGD(A,Y)..QSINANHOCA(A,Y)=e=-63.33+36.63*h(A,Y)+0.31*yaGEM(A,Y);$$

*Su transferi öncesi reg. denklemi

$$*QSINANHOCAREGD(A,Y)..QSINANHOCA(A,Y)=e=-6.58+21.61*h(A,Y)+5.98*KOCADERE(A,Y);$$

*=====

*SULAMA FAALİYETLERİ FAYDASI GÖL SU SEVİYESİ İLİŞKİSİ

*Halk Açısından;

$$QSLMFD(Y)..QSLMF(Y)=e=(((-0.0000000007*(BEA(Y)**2))+0.0003908804*BEA(Y)-2.4908422138)/AHP SULAMA);$$

*Uzmanlar Açısından;

$$*QSLMFD(Y)..QSLMF(Y)=e=(((-0.000000000710*(BEA(Y)**2))+0.000326214119*BEA(Y)-0.496236021068)/AHP SULAMA);$$

*HAYVANCILIK FAALİYETLERİ FAYDASI GÖL SU SEVİYESİ İLİŞKİSİ

*Halk Açısından;

$$HAYVFAD(A,Y)..HAYF(A,Y)=e=(((-0.0038*(h(A,Y)**4)))+(0.1393*(h(A,Y)**3))-(1.8724*(h(A,Y)**2))+11.343*h(A,Y)-23.06)/AHPHAYVANCILIK;$$

*Uzmanlar Açısından;

$$*HAYVFAD(A,Y)..HAYF(A,Y)=e=(((-0.0034*(h(A,Y)**4)))+(0.1233*(h(A,Y)**3))-(1.6354*(h(A,Y)**2))+9.6714*h(A,Y)-19.305)/AHPHAYVANCILIK;$$

*KENTSEL KULLANIM FAALİYETLERİ GÖL SU SEVİYESİ İLİŞKİSİ

*Halk Açısından;

$$KENTSD(A,Y)..KENTS(A,Y)=e(((((-0.0061*(h(A,Y)**4)))+(0.2363*(h(A,Y)**3))-(3.5282*(h(A,Y)**2))+24.479*h(A,Y)-53.237)-(QTAS(A,Y)*AHPKENTSEL))/AHPKENTSEL;$$

*Uzmanlar Açısından;

$$*KENTSD(A,Y)..KENTS(A,Y)=e(((((-0.0105*(h(A,Y)**4)))+(0.4078*(h(A,Y)**3))-(6.0731*(h(A,Y)**2))+42.028*h(A,Y)-91.287)-(QTAS(A,Y)*AHPKENTSEL))/AHPKENTSEL;$$

*SOSYAL FAALİYETLER FAYDASI GÖL SU SEVİYESİ İLİŞKİSİ

*Halk Açısından;
 $SOSYALFD(A,Y)..SOSYAL(A,Y)=e= (((-0.0041*(h(A,Y)**4))+(0.161*(h(A,Y)**3))-(2.3787*(h(A,Y)**2))+16.094*h(A,Y)-34.389)-(QTAS(A,Y)*AHPSOSYAL))/AHPSOSYAL;$

*Uzmanlar Açısından;
 $*SOSYALFD(A,Y)..SOSYAL(A,Y)=e= (((-0.0059*(h(A,Y)**4))+(0.2326*(h(A,Y)**3))-(3.4358*(h(A,Y)**2))+23.246*h(A,Y)-49.672)-(QTAS(A,Y)*AHPSOSYAL))/AHPSOSYAL;$

*DOĞAL HAYAT FAYDASI GÖL SU SEVİYESİ İLİŞKİSİ

*Halk Açısından;
 $DOGHAFD(A,Y)..DOGAHF(A,Y)=e= ((-0.0117*(h(A,Y)**4))+(0.457*(h(A,Y)**3))-(6.8292*(h(A,Y)**2))+47.303*h(A,Y)-102.72)/AHPDOGA;$

*Uzmanlar Açısından;
 $*DOGHAFD(A,Y)..DOGAHF(A,Y)=e= ((-0.0097*(h(A,Y)**4))+(0.3786*(h(A,Y)**3))-(5.6338*(h(A,Y)**2))+38.788*h(A,Y)-83.815)/AHPDOGA;$

=====

*Hm2 olarak bitki ekim alanı alt ve üst sınırı

BEA.up(Y)=BEAmax;
 BEA.lo(Y)=BEAmin;

*Beyşehir Gölü Çıkışında Bulunan Regülatör Tahliye Kapasitesi (hm3/ay)
 QSAL.up(A,Y)= tahliyemax;

h.up(A,Y)=Maxh;
 h.lo (A,Y)= Minh;

*FAYDA FONKSİYONU TERİMLERİ (AHP KULLANILARAK ELDE EDİLEN KATSAYILAR)

BEAFD.. BEAF =e= ((sum((Y),QSLMF(Y)))/5);
 HAYVFD..HAYVF =e= ((sum((A,Y),HAYF(A,Y)))/60);
 KENTFD..KENTF =e= ((sum((A,Y),KENTS(A,Y)))/60);
 SOSFD.. SOSYALF =e= ((sum((A,Y),SOSYAL(A,Y)))/60);
 DOGHAD..DOGHF =e= ((sum((A,Y),DOGAHF(A,Y)))/60);

*FAYDA FONKSİYONU

OBJECTIVE..FAYDA =e=
 ((AHPSULAMA*BEAF)+(AHPHAYVANCILIK*HAYVF)+(AHPKENTSEL*KENTF)+(AHPSOSYAL*SOSYALF)
 +(AHPDOGA*DOGHF))/100;

*===== Model Tanımı
 =====

model BEYSEHiR_SU_TRANSFERi_OPTiMiZASYON/all/;

option nlp=ipopt;

option iterlim=50000;

* Amaç fonksiyonu çözüm yönteminin tanıtılması.

Solve BEYSEHiR_SU_TRANSFERi_OPTiMiZASYON using NLP maximizing FAYDA;

* ===== Sonuç Raporunda Görölmek İstenen Değerler

=====

display

Vg.l

VgB.l

Gelen.l

Giden.l

QYA.l

QGA.l

QYSG.l

QYSC.l

QET.l

QKLM.l

QSLM.l

hBSI.l

Ag.l

h.l

gyk.l

QSINANHOCA.l

BEA.l

QSAL.l

QTAS.l

QSLMF.l

HAYF.l

KENTS.l

SOSYAL.l

DOGAHF.l

BEAF.l

HAYVF.l

KENTF.l

SOSYALF.l

DOGHF.l

FAYDA.l

;

=====

GAMS OPTİMİZASYON MODELİ ÇIKTILARI

**** REPORT SUMMARY : 0 NONOPT
 0 INFEASIBLE
 0 UNBOUNDED
 0 ERRORS

GAMS 24.4.5 r52258 Released May 26, 2015 WIN-VS8 x86 32bit/MS Windows

BEYSEHİR_MANAVGAT_OPTİMİZASYON
 Execution

---- 639 VARIABLE Vg.L Güncel Hacim hm3

	1	2	3	4	5
1	3135.155	3050.402	2974.709	2981.977	2709.016
2	3266.978	3106.975	3068.101	2995.601	2733.782
3	3520.019	3205.130	3190.321	3030.365	2865.297
4	3583.137	3180.878	3295.653	3124.607	3138.285
5	3546.972	3268.431	3218.802	3022.435	3011.225
6	3395.336	3183.990	3138.352	2925.649	2923.098
7	3254.990	2986.973	3052.833	2801.150	2798.224
8	3106.947	2882.839	2867.467	2741.966	2691.252
9	2965.790	2826.341	2819.812	2631.555	2749.193
10	2954.035	2817.738	2819.978	2665.477	2784.501
11	2932.408	2802.426	2840.720	2659.217	2777.152
12	2951.844	2836.767	2851.148	2696.198	2813.796

---- 639 VARIABLE VgB.L Beyşehir Gölü Hacmi hm3

	1	2	3	4	5
1	3135.155	3050.402	2974.709	2981.977	2709.016
2	3266.978	3106.975	3068.101	2995.601	2733.782
3	3520.019	3205.130	3190.321	3030.365	2865.297
4	3583.137	3180.878	3295.653	3124.607	3138.285
5	3546.972	3268.431	3218.802	3022.435	3011.225
6	3395.336	3183.990	3138.352	2925.649	2923.098
7	3254.990	2986.973	3052.833	2801.150	2798.224
8	3106.947	2882.839	2867.467	2741.966	2691.252
9	2965.790	2826.341	2819.812	2631.555	2749.193
10	2954.035	2817.738	2819.978	2665.477	2784.501
11	2932.408	2802.426	2840.720	2659.217	2777.152
12	2951.844	2836.767	2851.148	2696.198	2813.796

---- 639 VARIABLE Gelen.L Gelen Hacimler hm3

	1	2	3	4	5
1	89.876	113.093	152.322	145.225	26.649
2	146.798	71.224	107.964	28.047	38.648
3	268.524	113.005	137.040	49.259	145.670
4	127.811	40.714	167.981	156.091	333.659
5	55.927	172.502	29.076	18.800	13.023
6	14.506	40.873	40.318	33.120	41.046
7	29.469	8.875	48.759	32.299	40.920
8	28.480	42.857	13.670	57.984	45.665
9	9.062	41.232	46.050	18.107	120.727
10	34.770	38.232	41.957	78.456	78.478
11	7.891	13.105	47.362	21.104	20.959
12	33.970	48.638	24.754	50.984	50.892

---- 639 VARIABLE Giden.L Giden Hacimler hm3

	1	2	3	4	5
1	14.708	14.536	14.381	14.396	13.831
2	14.975	14.651	14.572	14.424	13.882
3	15.483	14.850	14.820	14.495	14.156
4	64.693	64.966	62.649	61.849	60.670
5	92.092	84.949	105.927	120.971	140.083
6	166.143	125.314	120.769	129.907	129.173
7	169.815	205.892	134.278	156.798	165.794
8	176.523	146.991	199.035	117.169	152.636
9	150.219	97.730	93.706	128.517	62.786
10	46.525	46.835	41.791	44.534	43.170
11	29.519	28.417	26.620	27.365	28.308
12	14.534	14.297	14.326	14.004	14.249

---- 639 VARIABLE QYA.L Yüzeysel Akış ile Gelen Hacim hm3

	1	2	3	4	5
1	43.007	58.243	84.047	79.378	1.229
2	77.904	28.507	52.591	0.123	6.881
3	156.790	55.786	71.514	14.008	77.412
4	62.446	6.021	88.631	81.123	196.098
5	6.058	81.184			
9				72.497	
10	18.186	20.397	22.855	46.939	46.939
11	0.123	3.441	26.050	8.601	8.601
12	9.093	18.677	2.949	20.152	20.152

---- 639 VARIABLE QGA.L Yağış ile doğrudan olarak göle düşen su hacmi hm3

	1	2	3	4	5
1	22.665	30.541	43.867	41.449	0.630
2	41.362	14.999	27.606	0.064	3.534
3	84.357	29.517	37.808	7.336	40.120
4	45.495	14.414	59.200	54.621	117.230

5	40.647	81.817	19.520	9.005	3.214
6	8.540	34.677	34.068	26.597	34.519
7	24.514	3.594	43.563	26.758	35.375
8	23.662	37.744	8.535	52.664	40.266
9	4.102	36.078	40.887	12.653	42.961
10	9.479	10.538	11.809	23.988	24.194
11	0.064	1.776	13.479	4.394	4.431
12	4.739	9.661	1.527	10.322	10.408

---- 639 VARIABLE QYSG.L Yeraltı Giren Su Hacmi hm3

	1	2	3	4	5
1	4.244	4.349	4.447	4.438	4.831
2	4.092	4.278	4.327	4.420	4.792
3	3.837	4.162	4.179	4.375	4.598
4	3.780	4.190	4.061	4.257	4.240
5	3.812	4.090	4.146	4.385	4.399
6	3.957	4.186	4.240	4.514	4.517
7	4.105	4.431	4.346	4.691	4.695
8	4.278	4.573	4.595	4.780	4.859
9	4.459	4.654	4.664	4.954	4.769
10	4.475	4.667	4.663	4.899	4.716
11	4.504	4.689	4.633	4.909	4.727
12	4.478	4.639	4.618	4.851	4.672

---- 639 VARIABLE QYSC.L Yeraltı Çıkan Su Hacmi hm3

	1	2	3	4	5
1	13.368	13.196	13.041	13.056	12.491
2	13.635	13.311	13.232	13.084	12.542
3	14.143	13.510	13.480	13.155	12.816
4	14.269	13.461	13.693	13.347	13.375
5	14.197	13.638	13.538	13.138	13.116
6	13.893	13.467	13.375	12.940	12.935
7	13.611	13.066	13.201	12.683	12.677
8	13.311	12.852	12.820	12.560	12.454
9	13.022	12.735	12.721	12.328	12.575
10	12.998	12.717	12.722	12.399	12.648
11	12.954	12.685	12.765	12.386	12.633
12	12.994	12.757	12.786	12.464	12.709

---- 639 VARIABLE QET.L Buharlaşma İle Giden Hacim hm3

	1	2	3	4	5
4	48.983	50.065	47.516	47.062	45.856
5	76.455	69.871	67.109	66.343	69.788
6	81.389	80.627	74.354	73.397	73.909
7	86.444	84.066	78.007	76.755	81.767
8	76.442	74.289	74.195	73.559	70.623
9	52.137	51.735	49.585	48.919	48.572
10	31.987	32.578	27.529	30.594	28.982
11	15.025	14.192	12.315	13.438	14.136

---- 639 VARIABLE QKLM.L Kullanım Suyu İçin Giden Hacim hm3

	1	2	3	4	5
1	1.340	1.340	1.340	1.340	1.340
2	1.340	1.340	1.340	1.340	1.340
3	1.340	1.340	1.340	1.340	1.340
4	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
5	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
6	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
7	1.840	1.840	1.840	1.840	1.840
8	1.740	1.740	1.740	1.740	1.740
9	1.640	1.640	1.640	1.640	1.640
10	1.540	1.540	1.540	1.540	1.540
11	1.540	1.540	1.540	1.540	1.540
12	1.540	1.540	1.540	1.540	1.540

---- 639 VARIABLE QSLM.L Sulama İçin Gölden Çekilebilecek Hacim hm3

	1	2	3	4	5
5			23.840	40.050	55.740
6	69.420	29.780	31.600	42.130	40.890
7	67.920	106.920	41.230	65.520	69.510
8	85.030	58.110	110.280	29.310	67.820
9	83.420	31.620	29.760	65.630	

---- 639 VARIABLE hBSI.L Gölden karşılanması gereken bitki su ihtiyacı (mm)

	1	2	3	4	5
5			23.840	40.050	55.740
6	69.420	29.780	31.600	42.130	40.890
7	67.920	106.920	41.230	65.520	69.510
8	85.030	58.110	110.280	29.310	67.820
9	83.420	31.620	29.760	65.630	

---- 639 VARIABLE Ag.L Aylık Ortalama Göl Alanı ha=hm2

	1	2	3	4	5
1	64756.350	64432.518	64133.478	64162.622	62997.192
2	65239.559	64649.900	64501.070	64216.995	63109.490
3	66110.867	65015.745	64961.416	64354.299	63683.009
4	66319.196	64926.616	65341.714	64716.641	64768.101
5	66200.197	65244.761	65065.646	64323.161	64278.960
6	65689.591	64938.097	64768.350	63934.281	63923.800
7	65196.557	64182.598	64441.964	63407.923	63395.167
8	64649.795	63756.778	63692.171	63146.287	62915.750
9	64097.588	63516.974	63488.835	62636.415	63178.657
10	64050.071	63479.882	63489.555	62796.228	63335.105
11	63961.985	63413.478	63578.621	62766.952	63302.770
12	64041.186	63561.716	63623.063	62938.499	63462.831

---- 639 VARIABLE h.L Aylık Ortalama Göl Yüksekliği ha=hm2

	1	2	3	4	5
1	7.492	7.365	7.252	7.263	6.848
2	7.688	7.450	7.392	7.283	6.886
3	8.061	7.596	7.574	7.335	7.086
4	8.153	7.560	7.730	7.476	7.497
5	8.100	7.690	7.617	7.323	7.307
6	7.878	7.565	7.497	7.178	7.174
7	7.670	7.270	7.369	6.989	6.985
8	7.450	7.113	7.090	6.899	6.821
9	7.238	7.027	7.017	6.729	6.910
10	7.221	7.014	7.018	6.781	6.964
11	7.188	6.991	7.049	6.771	6.952
12	7.217	7.043	7.065	6.828	7.008

---- 639 VARIABLE gyk.L Göl Yüzeyi kotu m

	1	2	3	4	5
1	1121.892	1121.765	1121.652	1121.663	1121.248
2	1122.088	1121.850	1121.792	1121.683	1121.286
3	1122.461	1121.996	1121.974	1121.735	1121.486
4	1122.553	1121.960	1122.130	1121.876	1121.897
5	1122.500	1122.090	1122.017	1121.723	1121.707
6	1122.278	1121.965	1121.897	1121.578	1121.574
7	1122.070	1121.670	1121.769	1121.389	1121.385
8	1121.850	1121.513	1121.490	1121.299	1121.221
9	1121.638	1121.427	1121.417	1121.129	1121.310
10	1121.621	1121.414	1121.418	1121.181	1121.364
11	1121.588	1121.391	1121.449	1121.171	1121.352
12	1121.617	1121.443	1121.465	1121.228	1121.408

---- 639 VARIABLE QSINANHOCA.L Sinan Hoca İstasyonu Aylık Ortalama Taban Akı
şı (m3 s)

	1	2	3	4	5
1	60.490	58.423	51.066	62.534	24.530
2	29.597	46.239	19.342		
3	63.314	56.678	49.021	38.939	11.531
4	39.113	17.879	24.332	21.628	6.783
5	41.512	17.586	37.303	18.013	14.699
6	29.227	18.699	8.894		19.386
7	10.812		1.640		
8	7.209				
9	5.748		0.631		
10	16.229	9.970		13.367	1.605
11	10.477		6.569	3.031	15.795
12	42.396		31.515	6.077	15.330

---- 639 VARIABLE QGEM.L Gembos Derivasyon Kanalı Aktarılan Su Hacmi

	1	2	3	4	5
1	19.960	19.960	19.960	19.960	19.960
2	23.440	23.440	23.440	23.440	23.440
3	23.540	23.540	23.540	23.540	23.540
4	16.090	16.090	16.090	16.090	16.090
5	5.410	5.410	5.410	5.410	5.410
6	2.010	2.010	2.010	2.010	2.010
7	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850
8	0.540	0.540	0.540	0.540	0.540
9	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
10	2.630	2.630	2.630	2.630	2.630
11	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200
12	15.660	15.660	15.660	15.660	15.660

---- 639 VARIABLE BEA.L Bitki Ekim Alanı ha=hm2

1 100000.000, 2 100000.000, 3 100000.000, 4 100000.000, 5 100000.000

---- 639 VARIABLE QSAL.L Salınan Su Hacmi(Salınabilecek Su Hacmi) hm3

	1	2	3	4	5
1	7.706649E-7	6.913923E-7	6.221381E-7	6.238365E-7	5.133444E-7
2	7.868415E-7	7.571752E-7	6.930830E-7	6.735388E-7	5.211478E-7
3	7.845633E-7	7.749791E-7	7.380339E-7	6.814004E-7	5.641099E-7
4	1.152388E-6	9.506723E-7	8.427040E-7	7.282386E-7	6.765107E-7
5	1.325869E-6	8.536724E-7	9.288638E-7	7.446696E-7	6.696705E-7
6	1.471272E-6	9.796706E-7	8.525772E-7	6.736571E-7	6.126907E-7
7	1.221926E-6	9.408643E-7	7.819687E-7	6.063074E-7	5.532055E-7
8	1.021230E-6	7.287965E-7	7.171946E-7	5.518780E-7	5.001223E-7
9	8.761036E-7	6.478826E-7	6.050557E-7	5.077136E-7	5.181227E-7
10	7.759565E-7	6.516334E-7	6.108683E-7	5.037749E-7	5.310043E-7
11	7.368862E-7	6.233022E-7	5.998210E-7	5.001295E-7	5.261683E-7
12	6.964407E-7	6.045341E-7	6.025737E-7	5.053483E-7	5.388119E-7

---- 639 VARIABLE QTAS.L Taşkın Hacmi hm3

(ALL 0.000)

---- 639 VARIABLE QSLMF.L Tarımsal Su Kullanımı Fayda Beklentisini Karşılama Oranı

1 0.701, 2 0.701, 3 0.701, 4 0.701, 5 0.701

---- 639 VARIABLE HAYF.L Hayvancılık-Balıkçılık Faaliyetleri Fayda Beklentisini Karşılama Oranı

	1	2	3	4	5
1	0.572	0.564	0.557	0.558	0.531
2	0.583	0.569	0.566	0.559	0.534
3	0.605	0.578	0.577	0.563	0.547
4	0.610	0.576	0.586	0.571	0.572

5	0.607	0.583	0.579	0.562	0.561
6	0.594	0.576	0.572	0.553	0.553
7	0.582	0.559	0.565	0.541	0.541
8	0.569	0.549	0.547	0.535	0.529
9	0.557	0.543	0.543	0.523	0.536
10	0.556	0.543	0.543	0.527	0.539
11	0.554	0.541	0.545	0.526	0.538
12	0.555	0.544	0.546	0.530	0.542

---- 639 VARIABLE KENTS.L Kentsel Su Kullanımı Faaliyetleri Fayda Beklentisini Karşılanma Oranı

	1	2	3	4	5
1	0.818	0.808	0.799	0.800	0.761
2	0.832	0.815	0.810	0.802	0.765
3	0.856	0.826	0.824	0.806	0.784
4	0.862	0.823	0.835	0.817	0.819
5	0.859	0.833	0.827	0.805	0.803
6	0.845	0.824	0.819	0.792	0.792
7	0.831	0.800	0.809	0.775	0.774
8	0.815	0.787	0.784	0.766	0.758
9	0.798	0.779	0.778	0.748	0.767
10	0.796	0.777	0.778	0.754	0.772
11	0.793	0.775	0.781	0.753	0.771
12	0.796	0.780	0.782	0.759	0.777

---- 639 VARIABLE SOSYAL.L Sosyal Faaliyetler Fayda Beklentisini Karşılanma Oranı

	1	2	3	4	5
1	0.829	0.819	0.810	0.811	0.773
2	0.843	0.826	0.821	0.813	0.777
3	0.866	0.836	0.835	0.817	0.796
4	0.872	0.834	0.845	0.828	0.829
5	0.869	0.843	0.838	0.816	0.814
6	0.855	0.834	0.829	0.804	0.803
7	0.841	0.811	0.819	0.787	0.787
8	0.826	0.798	0.796	0.778	0.771
9	0.809	0.790	0.790	0.761	0.779
10	0.807	0.789	0.790	0.767	0.785
11	0.805	0.787	0.792	0.766	0.783
12	0.807	0.792	0.794	0.771	0.789

---- 639 VARIABLE DOGAHF.L Doğal Hayat Fayda Beklentisini Karşılanma Fayda Oranı

	1	2	3	4	5
1	0.877	0.866	0.856	0.857	0.814
2	0.892	0.873	0.868	0.858	0.818
3	0.919	0.885	0.883	0.863	0.840
4	0.925	0.882	0.895	0.875	0.877
5	0.921	0.892	0.887	0.862	0.861
6	0.906	0.883	0.877	0.849	0.848
7	0.891	0.857	0.866	0.830	0.829
8	0.873	0.842	0.840	0.820	0.811

9	0.854	0.834	0.833	0.800	0.821
10	0.853	0.832	0.833	0.807	0.827
11	0.850	0.830	0.836	0.805	0.826
12	0.852	0.835	0.837	0.812	0.832

----	639 VARIABLE BEAF.L	=	0.701	Tarımsal Su Kullanımı Ortalama Fayda Değeri
	VARIABLE HAYVF.L	=	0.558	Hayvancılık-Balıkçılık-Hayvancılık Faaliyetleri Ortalama Fayda Değeri
	VARIABLE KENTF.L	=	0.798	Kentsel Su Kullanımı Faaliyetleri Ortalama Fayda Değeri
	VARIABLE SOSYALF.L	=	0.809	Sosyal Faaliyetler İdeal Faydanın Ortalama Fayda Değeri
	VARIABLE DOGHF.L	=	0.855	Doğal Hayat Faaliyetleri Ortalama Fayda Değeri
	VARIABLE FAYDA.L	=	0.758	Genel Olarak İdeal Beklentinin Karşılama Oranı



Konferans Bildirileri

1. Doğan, A., Şanlı, A.S., Sinan, İ.(2019), Havzalar Arası Su Transferi Etkilerinin Analitik Hiyerarşik Süreç Yöntemi Kullanılarak Yerel Halk Gözünden Değerlendirilmesi – Beyşehir Gölü Örneği, 10.Ulusal Hidroloji Kongresi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla
2. Doğan, A., Şanlı, A.S., (2018), Lake Management Under The Stress Of Climate Change And Agricultural Water Use: Beyşehir Lake,Turkey, Water Perspectives İn Emerging Countries,Water-Energy-Food NEXUS in MENA Region, Aswan, Egypt/Mısır

Makaleler

1. Sanlı, A.S., Kesgin, E., Tan, R.I. Agaccioglu, H., et al. “Effect of Lake-Water Budget Management Preferences on Optimum Operating Conditions and Neighboring Basins Interacting: Case of Lake Beyşehir (Turkey)”. Sustainable Water Resources Management 8,12 (2022). <https://doi.org/10.1007/s40899-021-00599-5>
2. Sanlı, A.S., Agaccioglu, H., Sinan, I. et al. Statistical assessment of interbasin water transfer for karst areas (Turkey). Arab J Geosci 14, 2342 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12517-021-08693-w>