T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

PALAS OVASI'NDA SÜRDÜRÜLEBİLİR YERALTI SUYU YÖNETİMİ İÇİN DİNAMİK SİMÜLASYON MODELİ

Hazırlayan
Mehmet SOYLU

Danışman
Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

Yüksek Lisans Tezi

Temmuz 2020
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

PALAS OVASI'NDA SÜRDÜRÜLEBİLİR YERALTI SUYU YÖNETİMİ İÇİN DİNAMİK SİMÜLASYON MODELİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Mehmet SOYLU

Danışman
Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

Bu çalışma; Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından ÇAYDAG-118Y178 kodlu proje ile ve Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2019-9562 kodlu projeler ile desteklenmiştir.

Temmuz 2020
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.



Mehmet SOYLU

"PALAS OVASI'NDA SÜRDÜRÜLEBİLİR YERALTI SUYU YÖNETİMİ İÇİN DİNAMİK SİMÜLASYON MODELİ" adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi' ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan
Mehmet SOYLU

Danışman
Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

Çevre Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Oktay ÖZKAN

Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK danışmanlığında **Mehmet SOYLU** tarafından hazırlanan **"PALAS OVASI'NDA SÜRDÜRÜLEBİLİR YERALTI SUYU YÖNETİMİ İÇİN DİNAMİK SİMÜLASYON MODELİ"** adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Çevre Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

06 / 07 / 2020

JÜRİ:

Danışman : Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Meltem KAÇIKOÇ .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Evrim KARAÇETİN BELL .....

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun ……...… tarih ve ……..……sayılı kararı ile onaylanmıştır.

……. /……../ ……

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bana çalışmalarım süresince başta her türlü yardımı, fedakârlığı ve rehberliği sunarak akademik kariyerimde beni son derece olumlu olarak geliştiren danışmanım sayın Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK hocama gönülden teşekkür ederim. Kendisinden aldığım ilhamlarla ve akademik ahlakla meslek hayatımda kendisinin prensiplerini de yaşatacağıma söz veriyorum. Ayrıca yüksek lisans tez aşamasında veri toplama noktasında gerek akademik karakteriyle ve fikirleriyle rehberlik gösteren gerekse alternatif konularda yardımlarını esirgemeyen sayın Doç. Dr. Mete ÇELİK hocama da çok teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimimi aldığım bölümüme ve bu eğitimi alırken kendilerinden son derece faydalı bilgiler edindiğim bölüm hocalarıma teşekkür ederim. Kariyerimin bu safhasındaki kazanımlarımı elimden geldiğince güncel tutmaya çalışarak mesleki hayatımda rehber edineceğim. Tez çalışmalarım esnasında veri toplama noktasında ihtiyaç duyduğum desteği sağlayan kamu kurumlarından Devlet Su İşleri 12. Bölge Müdürlüğü'ne, Kayseri Doğa Koruma ve Milli Parklar Şube Müdürlüğü'ne, Bünyan ve Sarıoğlan Tarım ve Hayvancılık İlçe Müdürlüğü'ne katkılarından dolayı teşekkür ederim. Ek olarak, bu tezin oluşmasında emekleri geçen çalışma arkadaşlarım, Ömer KARADENİZ'e, Şeyda SAYIN'a ve yüksek lisans eğitimim esnasında tanışmaktan memnuniyet duyduğum dönem arkadaşlarıma teşekkür ederim. Mesleki kariyerimden daha evvelki yaşantımın her aşamasında bana kendimi şanslı hissettiren ve her daim yanımda durarak bana destek veren çok sevdiğim annem Ayten SOYLU'ya ve her yaşımda kendisine saygı ve hayranlık duyarak, kalbimde sevgisini her zaman koruyan sevgili kardeşim Hamdi SOYLU'ya teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından ÇAYDAG-118Y178 kodlu proje ile ve Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2019-9562 kodlu projeler ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK ve Erciyes Üniversitesi'ne sonsuz teşekkür ederim.

Mehmet SOYLU

Temmuz 2020, KAYSERİ

PALAS OVASI'NDA SÜRDÜRÜLEBİLİR YERALTI SUYU YÖNETİMİ İÇİN DİNAMİK SİMÜLASYON MODELİ

Mehmet SOYLU

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2020
Danışman: Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

ÖZET

Yeraltı suyu kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, sosyoekonomik sistem ve doğal sistem arasındaki karmaşık ilişkilerden etkilenmektedir. Bu çalışma, su kullanıcılarının hedeflerinin, algılarının ve anlayışlarının yeraltı suyu sistemini nasıl etkilediğini ortaya çıkarmak için Palas Ovası'nda insan-akifer etkileşimlerini incelemektedir. Palas Ovası, yeraltı suyunun sulama için neredeyse tek kaynak olarak kullanıldığı bir tarım havzasıdır. Yeraltı suyu, ayrıca yeraltı suyuna bağlı bir göl ekosistemini (Tuzla Gölü) beslemektedir. Bu çalışmada, anket çalışmaları ve bulanık bilişsel yaklaşım kullanarak Palas Ovası'nda yeraltı suyu sistemi ve sosyoekonomik sistem arasındaki ilişkileri incelenmiştir. Palas Ovası için bir dinamik simülasyon modeli geliştirilerek, yeraltı suyu rezervi, sulama suyu kullanımı, sulama suyu kullanımından kaynaklanan maliyet ve getiriler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Su kullanım kararlarının ekonomik etkileri ve yeraltı suyu sistemi üzerindeki etkileri birlikte değerlendirilmiştir. Bu çalışma, sulama/sulu tarımın, Palas Ovası'nın ekonomik yapısında son derece önemli olduğunu göstermiştir. Palas Ovası'nda insanların önceliği, yüksek su tüketen mahsullerin ekimini ve sulama/gübrelemeyi artırarak tarımsal verimi ve karı arttırmaktır. Ovadaki yoğun yeraltı suyu çekimi nedeniyle yeraltı suyu seviyelerinin azaldığı ve kimyasal gübre kullanımı nedeniyle toprak kalitesinin kötüleştiği paydaşlar tarafından ifade edilmiştir. Çiftçiler tarım sisteminin sürdürülebilirliğinden ziyade kısa vadeli ekonomik kazanımlara odaklanmaktadır. Geliştirilen dinamik sistem model, Palas Ovası'nda yeraltı suyu rezervinin iklimsel değişikliklere, arazi örtüsünün değişimlerine ve tarımda su kullanımına duyarlı olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Yeraltı Suyu Yönetimi, İnsan-Akifer Etkileşimi, Bilişsel Haritalama, Dinamik Sistem Modelleme, Palas Ovası

DYNAMIC SIMULATION MODEL FOR SUSTAINABLE GROUNDWATER MANAGEMENT IN THE PALAS BASIN

Mehmet SOYLU

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, July 2020
Supervisor: Assoc. Prof. Filiz DADAŞER ÇELİK

ABSTRACT

The complexity of human-aquifer interactions is very important for sustainable management of groundwater systems. This study examines the human-aquifer interactions in the Palas Basin (Kayseri, Turkey) to reveal how goals, perceptions and understandings of water users affect the groundwater system. Palas Basin is an agricultural basin where groundwater is used extensively for irrigation. Groundwater also feeds a groundwater-dependent lake ecosystem (Tuzla Lake). In this study, we examined the relationships between human-aquifer systems using fuzzy cognitive mapping approach. Cognitive maps are casual maps that reflect the perceptions and understandings of different people/groups. This study showed that irrigation/irrigated agriculture is among the most important variables in the economic structure of the Palas Basin. The priority of people in the Palas Basin is increasing agricultural yield and profits by increasing cultivation of high water consuming crops and irrigation/fertilization. Both farmers and government officials think that groundwater levels decline in the basin due to extensive pumping and soil quality deteriorate due to use of chemical fertilizers. Still, farmers are more focused on short-term economic gains rather than the sustainability of the agricultural system. The developed dynamic system model showed that groundwater system in the Palas Basin is highly vulnerable to climatic changes, land cover changes and water use in agriculture.

Keywords: Sustainable Groundwater Management, Human-Aquifer Interactions Cognitive Mapping, Dynamic System Modelling, Palas Basin

İÇİNDEKİLER

PALAS OVASI'NDA SÜRDÜRÜLEBİLİR YERALTI SUYU YÖNETİMİ İÇİN DİNAMİK SİMÜLASYON MODELİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK i
YÖNERGEYE UYGUNLUK ii
KABUL VE ONAY iii
TEŞEKKÜR iv
ÖZET v
ABSTRACT vi
İÇİNDEKİLER vii
TABLOLAR LİSTESİ x
ŞEKİLLER LİSTESİ xi
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Su Kullanımı ve Muhtemel Riskler Hakkında Genel Bilgiler 4
1.2. Yeraltı Suyu Hakkında Genel Bilgiler 6
1.2.1. Hidrolojik Döngü ve Yeraltı Sularının Önemi 6
1.2.2. Yeraltı Sularının Oluşumu ve Hareketi 8
1.2.3. Akiferlerin Fiziksel ve Hidrolik Özellikleri 9
1.2.4. Yeraltı Suyunun Kimyasal Özellikleri 12
1.2.5. Yeraltı Suyu Kirlilikleri ve Kirlilik Kaynakları 14
1.3. Çalışma Alanı Hakkında Genel Bilgiler 17
1.3.1. Çalışma Alanı 17
1.3.2. İklim Verileri, Arazi Yapısı ve Hidrolojik Yapı 19

1.4. Literatür Taraması 24

1.4.1. Tarımın Yeraltı Suyuna Etkileri Hakkında Literatür Değerlendirilmesi ..24

1.4.2. Bulanık Bilişsel Haritalama Hakkında Literatür Değerlendirilmesi 26

1.4.3. Dinamik Sistem Modelleme Hakkında Literatür Değerlendirilmesi 28

1.4.4. Palas Ovası Hakkında Literatür Değerlendirilmesi.....28

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1.Anket Çalışması..... 32

2.2.Bilişsel Haritalama 33

2.2.1. Bilişsel Haritaların Hazırlanması 33

2.2.2. Komşuluk Matrislerin Oluşturulması.....37

2.2.3. Grafik Teorisi İndekslerinin Hesaplanması 37

2.2.4. Sosyal Bilişsel Haritaların Hazırlanması 39

2.2.5. Yoğunlaştırılmış Bilişsel Haritaların Hazırlanması 39

2.3.Dinamik Sistem Modelleme Yaklaşımı 39

2.3.1. Yeraltı Suyu Sistemi Alt Modeli.....41

2.3.2. Tarım Sistemi Alt Modeli 45

2.3.3. Sosyoekonomik Sistem Alt Modeli 49

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1.Palas Ovası'nda Tarımsal Faaliyetler..... 53

3.1.1. Ürün Deseni Yapısı ve Bitki Örtüsü Alanları Dağılımları.....53

3.2.Anket Bulguları 58

3.3. Bilişsel Haritalama Bulguları..... 63

3.3.1. Grafik Teorisi İndeksleri.....64

3.3.2. Bilişsel Haritalarda En Sık Görülen Değişkenler 65

3.3.3. Bilişsel Haritalarda En Merkezi Değişkenler 66

3.3.4. Yoğunlaştırılmış Bilişsel Haritalar 69

3.3.Palas Ovası için Dinamik Simülasyon Modeli..... 72

3.3.1. İklim Koşullarının Etkilerinin Değerlendirilmesi..... 72

3.3.2. Sulama İhtiyacının Karşılanma Oranındaki Etkilerinin Belirlenmesi 75

3.3.3. Arazi Örtüsündeki Değişimlerinin Etkilerinin Belirlenmesi 78

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

SONUÇ VE ÖNERİLER 84

KAYNAKÇA..... 89

EK 1. ÇALIŞMADA KATILIMCILARA YÖNELTİLEN ANKET SORULARI..... 98

EK 2. ANKET SORULARINA VERİLEN CEVAPLAR 100

EK 3. BİLİŞSEL HARİTALARDA TANIMLANAN DEĞİŞKENLER 101

ÖZGEÇMİŞ 103

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1-1: Toplam çözünmüş madde konsantrasyonlarına göre yeraltı suyu kategorileri (Freeze ve Cherry, 1979).....13
Tablo 1-2: Yeraltı suyunda bulunabilen kimyasal bileşenler (Freeze ve Cherry, 1979) 14
Tablo 1-3: Sızıntı sularındaki çeşitli inorganik bileşiklerin temsili değerleri (Freeze ve Cherry, 1979) 16
Tablo 2-1: Palas Ovası'nda litolojik alan dağılımları ve sızma katsayıları (DOLSAR, 2015) 44
Tablo 2-2: Bitkilerin yetişme periyot gün sayıları ve dönemlik Kc katsayıları (Allen vd., 1998) 46
Tablo 2-3: Literatürden seçilen mahsul verim faktörleri 48
Tablo 2-4: Modelde incelenen ürünlerin birim kg başına 2019 yılı satış fiyatları.....49
Tablo 3-1: Palas Ovası'nda yapılan çalışma kapsamında mevcut yerleşim yerleri.....54
Tablo 3-2: Palas Ovası için yerleşim yerlerine ait ürün deseni dekar dağılımları 55
Tablo 3-3: "Sulama suyunu nereden temin ediyorsunuz?" sorusuna verilen cevaplar...58
Tablo 3-4: "Hangi yöntemle sulama yapıyorsunuz?" sorusuna verilen cevaplar 59
Tablo 3-5: "Sulamada karşılaşılan sorunlar nelerdir?" sorusuna verilen cevaplar 60
Tablo 3-6: "Sulama yöntemi seçiminde etkili faktörler nelerdir?" sorusuna verilen cevaplar 60
Tablo 3-7: "Mahsul seçiminizi etkileyen faktörler nelerdir?" sorusuna verilen cevaplar 61
Tablo 3-8: "Gübre seçiminde etkili olan faktörler?" sorusuna verilen cevaplar.....62
Tablo 3-9: "Tarım ilacı seçiminde etkili olan faktörler?" sorusuna verilen cevaplar.....62
Tablo 3-10: Bilişsel haritalama çalışmasının uygulandığı kişilerin kurum/yer, yaş aralığı ve meslek bilgileri.....63
Tablo 3-11: Grafik teorisi indekslerinin istatistiksel özellikleri (Ort: ortalama, SS: Standart Sapma, Mak.:Maksimum, Min.: Minimum).....65
Tablo 3-12: Bilişsel haritalarda en çok bahsedilen değişkenler.....66
Tablo 3-13: Sosyal bilişsel haritalardaki en merkezi değişkenler.....67
Tablo 3-14: Yerel halka ait sosyal bilişsel haritalardaki en merkezi değişkenler.....68
Tablo 3-15: Kamu görevlilerine ait sosyal bilişsel haritalardaki en merkezi değişkenler 68
Tablo 3-16: Modelde kullanılan yağış ve buharlaşma veri setleri 73

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1-1: Su kaynaklarının etkilediği sürdürülebilir kalkınma hedefleri kategorileri 5
Şekil 1-2: Su döngüsü (Anonim, 2020) 6
Şekil 1-3: Su döngüsünde hidrolojik elemanlar (Fitts, 2002) 7
Şekil 1-4: Yeraltı suyunun sektörlere göre kullanım dağılımı (Anonim, 2001) 8
Şekil 1-5: Hidrolojik elemanların temsili gösterimi (Fitts, 2002).....9
Şekil 1-6: Henry Darcy tarafından yapılan akifer deney düzeneği (Freeze ve Cherry, 1979) 10
Şekil 1-7: Basınçlı ve serbest akiferlerin gösterimi (Freeze ve Cherry, 1979) 12
Şekil 1-8: Çalışma Alanının Genel Gösterimi (Dadaşer-Çelik ve Çelik, 2017) 18
Şekil 1-9: Palas Ovası'nda Eğim Haritası (Dadaşer-Çelik ve Çelik, 2017) 20
Şekil 1-10: Tuzla Gölü'nün Yıllara Göre Değişen Derinliği (Azgin ve Dadaser-Celik, 2015) 21
Şekil 1-11: Tuzla (Palas) Gölü'nün 1998-2005 Aralığında Yüzey Alanındaki Değişimlerin Gösterimi (Azgin ve Dadaser-Celik, 2015).....22
Şekil 1-12: Çalışma alanındaki yeraltı suyu kuyuları (Dadaşer-Çelik ve Çelik, 2017)..23
Şekil 1-13: Çalışma Alanında Tarım, Su Kütlesi ve Tuzlu Bölgelerin Dağılımı (Azgin ve Dadaser-Celik, 2015).....23
Şekil 2-1: Palas Ovası'nda bulunan yerleşim yerleri.....32
Şekil 2-2: Bilişsel haritalama aşamasında katılımcılara gösterilen bilişsel harita örneği34
Şekil 2-3: Yerel halk için yapılan bilişsel haritalarda sunulan yeni değişken sayısı 35
Şekil 2-4: Kamu personeli için yapılan bilişsel haritalarda sunulan yeni değişken sayısı 36
Şekil 2-5: Bütün katılımcılar için yapılan bilişsel haritalarda sunulan yeni değişken 36
Şekil 2-6: Oluşturulan bilişsel haritaların kare matris şekline dönüştürülmesi örneği ...37
Şekil 2-7: Stella modelinin bileşenleri 41
Şekil 2-8: Yeraltı suyu sistemi kavramsal modeli.....42
Şekil 2-9: Yeraltı suyu beslenimi kavramsal modeli 43
Şekil 2-10: Tarım Sistemi kavramsal modeli.....45
Şekil 2-11: Bölgenin bütün ürünlerinin oluşturduğu gelir modeli 51
Şekil 3-1: Palas Ovası'nda ekili arazilerde susuz-sulu tarım alanları dağılımı 57

Şekil 3-2: Palas Ovası'nda yetiştirilen bitkilerin dağılım grafiği 57
Şekil 3-3: Toplam Yoğunlaştırılmış Harita Gösterimi 69
Şekil 3-4: Yerel Halk İçin Yoğunlaştırılmış Harita Gösterimi 70
Şekil 3-5: Kamu Personeli İçin Yoğunlaştırılmış Harita Gösterimi 71
Şekil 3-6: Temel simülasyon, dönem simülasyonu ve ıslak dönem simülasyonu için yeraltı suyu rezervi değişimi 74
Şekil 3-7: Temel simülasyon, kurak dönem simülasyonu ve ıslak dönem simülasyonu için yeraltı suyu kullanımı değişimi 74
Şekil 3-8: Temel simülasyon, dönem simülasyonu ve ıslak dönem simülasyonu için yeraltı suyu tablası değişimi 75
Şekil 3-9: Sulama ihtiyacı karşılama yüzdelerinin rezerv değişiminde modeldeki 76
Şekil 3-10: Sulama ihtiyacı karşılama yüzdelerinin yeraltı suyu kullanımı değişiminde modeldeki yansıması 76
Şekil 3-11: Sulama ihtiyacı karşılama yüzdelerinin yeraltı suyu seviye değişiminde modeldeki yansıması 77
Şekil 3-12: Temel simülasyonda sulu tarım bitkilerinin kullandığı ortalama su miktarı dağılımları ve bitki örtüsü alanı dağılımları 78
Şekil 3-13: Buğday alanlarından pancar alanlarına gerçekleşen arazi akışı sonucu rezerv değişimi 79
Şekil 3-14: Pancar alanlarından buğday alanlarına gerçekleşen arazi akışı sonucu rezerv değişimi 80
Şekil 3-15: Arazi akışları sonucunda tarım ürünlerinden gelen kazanç (a: temel simülasyon dağılımı, b: sulu tarım alanından susuz tarım alanlarına %30 arazi akışı, c: susuz tarım alanlarından sulu tarım alanlarına %30 arazi akışı) 81
Şekil 3-16: Arazi akışları sonucunda tarım faaliyetlerinden oluşan maliyet (a: temel simülasyon dağılımı, b: sulu tarım alanından susuz tarım alanlarına %30 arazi akışı, c: susuz tarım alanlarından sulu tarım alanlarına %30 arazi akışı) 82

GİRİŞ

Hayatın temel gereksinimlerinden olan suyun önemi her geçen gün daha fazla hissedilmektedir. Canlılar olarak yaşamımızın her safhasında suya ihtiyaç duyarız. Ancak kullanımımız sırasında su rezervinde ve kalitesinde değişimlere neden olmaktayız. Bu değişimler, kısıtlı bir kaynak olan su kaynaklarında geri çevrilemez bir hal almaya doğru ilerlemektedir. Endüstriyel gelişmeler ve nüfus artışlarının olumsuz yönde etkilediği böylesine önemli bir konu olan su bahsinde gerek bireysel gerekse kurumsal imkânlar düşünülmeli ve uygun stratejiler oluşturulmalıdır.

Dünya'daki mevcut su kaynaklarının sadece %0.94'lük kısmını doğrudan kullanabilmekteyiz. Mevcut suyun kalan kısmını kullanabilmemiz ise farklı ve maliyetli süreçlerle mümkün olabilmektedir. Tatlı su miktarının ise %90'ı gibi bir kısmını insani amaçlar için kullanabilmek mümkündür (DSİ, 2014). Tüm bu verileri göz önünde bulundurursak, suyun önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Sınırlı miktarda bulunan su kaynaklarımız, insan faaliyetlerinin su döngüsündeki etkileri nedeniyle azalmaktadır. İklim değişikliği de su kaynaklarını etkileyen başlıca faktörlerden biri olarak nitelendirilebilir. İklim değişikliğine bağlı olarak yağış rejiminde gerçekleşen değişimler, yeraltı suyu sistemini de olumsuz etkilemektedir (Eckhardt ve Ulbrich, 2003, Oude Essink vd., 2010, Green vd., 2011, Ferguson ve Gleeson, 2012, Kløve vd., 2014, Kolusu vd., 2019). Bu tez çalışmasının konusunu önemli su kaynaklarımızdan olan yeraltı suyunun sürdürülebilir kullanımı oluşturmaktadır.

Yeraltı suyu en önemli su kaynaklarımızdan biridir. Yeraltı suyu hidrolojik döngüde yer üstü sularının toprağa sızması ve yeraltında tutulup depolanmasıyla oluşmaktadır. Başka bir deyişle, yeraltı suyu oluşumunda temel prensip gözenekli katmanların suyu sızdırmasıdır (Freeze ve Cherry, 1979). Su, yeryüzünde kum, çakıl gibi gözenekli yapılardan sızarak yeraltında akış halinde bulunan bir rezerv oluşturur (Fitts, 2002).

Yeraltı suları kimyasal olarak yüksek mineral ve nispeten yüksek sertlik seviyesine sahip yapıdadır. Ayrıca yeraltı suyunda belirli miktarlarda nitrat, kalsiyum, magnezyum, potasyum, demir, florür gibi çözünmüş inorganik maddeler ve düşük miktarlarda iz elementler de mevcuttur (Freeze ve Cherry, 1979). Türkiye'de yeraltı suyu rezervinin 17.2 milyar m^3 gibi bir kaynak teşkil ettiği bildirilmektedir (Boz, 2015). Bu kaynağın kullanım alanları ise genelde içme ve sulama amaçlıdır.

Yeraltı suyu kullanımında sulama amaçlı kullanım önemli bir orana sahiptir. Bu nedenle tarımsal üretimin devamlılığı için yeraltı suyunun sürdürülebilirliği oldukça önemlidir. Yeraltı sularının aşırı bir biçimde kullanımı yeraltı suyu rezervlerini azaltmaktadır. Bunun yanında gerek doğal gerekse insan kaynaklı kirleticiler nedeniyle yeraltı suları kirlilik tehditi ile de karşı karşıyadır. Doğal olarak yeraltı sularının kirliliğine sebep olan faktörler, demir, manganez, toksik elementler ve radyoaktif maddelerdir (Zaporozec, 2004). Yeraltı sularında insanlarla etkileşimin gün geçtikçe artması sebebiyle önemli problemler ortaya çıkmaktadır. Özellikle yeraltı sularında nitrat kirliliği fazlaca gözlenmektedir. Bu durumun ana sebepleri ise tarımda kullanılan gübre kaynaklı nitrat fazlalığıdır (Levallois vd., 1998, Babiker vd., 2004, Nas ve Berktay, 2006). Endüstriyel tarımda verim artırma isteği burada da kendini göstermiş, insanların doğal dengeye müdahalesini artırmıştır. Yeraltı sularında gözlenen diğer kirlilik kaynakları ise, sentetik organikler, ağır metal artıkları ve hidrokarbonlardır.

Yeraltı suyunun ne kadar önemli olduğu birçok çalışmada ifade edilmiştir. Yeraltı suyuna yönelik tehditler genellikle insan kaynaklıdır. Bu sebeple yeraltı suyu yönetiminde insan faktörü merkezde yer almalıdır. Yeraltı suyu yönetiminde insan eliyle oluşturulan politikalarda genel olarak paydaşların tamamı rol oynamamaktadır. Bu durumda hazırlanan planların işlevsizleşmesine veya verimsiz çalışmasına sebebiyet vermektedir. Oluşan bu tarz problemleri engelleyebilmek için paydaşların düşüncelerinin planlara dâhil edilmesi son derece önemlidir. Su yönetiminde katılımcılığın gerekliliği Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi tarafından da vurgulanmaktadır. Bu tez çalışmasında, Palas Ovası örneğinde yeraltı suyu kullanımında etkili olan paydaşlar ve bu paydaşların su kullanımı konusunda izledikleri karar verme süreçleri, davranış biçimlerinin anlaşılması ve paydaşların karar verme süreçlerini, davranış biçimlerini etkileyen unsurların belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmadaki inceleme alanı olarak ülkemizdeki kapalı havzalardan olan Palas Ovası seçilmiştir. Bu havzada yeraltı suyu potansiyel su kaynağı olarak kullanılmakta, aynı zamanda bölgede bulunan Türkiye'nin ikinci büyük tuz gölü olan Tuzla (Palas) Gölü için girdi oluşturmaktadır. Tez sürecinde Palas Ovası'nda yeraltı suyu kullanım durumu ve tarım aktivitelerinin yeraltı suyuna olası etkileri araştırılmıştır. Aynı zamanda bölge halkının yeraltı suyu kullanım davranışları analiz edilmiş olunup bahsedilen su kullanım davranışlarını hangi değişkenlerin etkilediği ve bu değişkenlerin birbirleri arasındaki bağlantıları da araştırma kapsamına dâhil edilmektedir. Anket çalışmaları ve bulanık bilişsel yaklaşım kullanarak, Palas Ovası'nda yeraltı suyu sistemi ve sosyoekonomik sistem arasındaki ilişkileri incelenmiştir. Palas Ovası için bir dinamik simülasyon modeli geliştirilerek, yeraltı suyu rezervi, sulama suyu kullanımı, sulama suyu kullanımından kaynaklanan maliyet ve getiriler arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

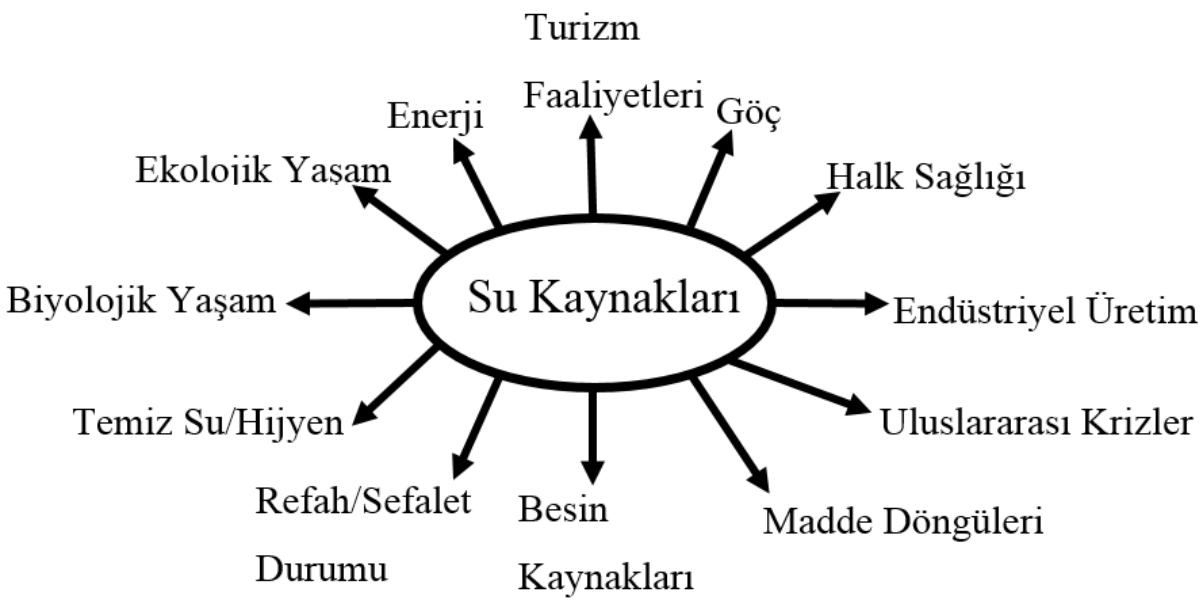
1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Su Kullanımı ve Muhtemel Riskler Hakkında Genel Bilgiler

Günümüz şartlarında küresel olarak yaşanılan ya da yaşanılması beklenen bir su kıtlığı riski bulunmaktadır. Bazı raporlara göre, küresel su talebinin, 2050 yılına kadar yıllık %1 oranında artmaya devam etmesi beklenmektedir (WWAP, 2019). Bu, esas olarak endüstriyel ve yerel sektörlerdeki artan talebe bağlı olarak, mevcut su kullanım seviyesinin %20-30'unun üzerinde bir artışa neden olmaktadır. Su stresinin yüksek olduğu ülkelerde 2 milyardan fazla insan yaşamakta ve yaklaşık 4 milyar insan yılın en az bir ayında şiddetli su kıtlığı yaşamaktadır (Jackson vd., 2001). Su talebi arttıkça ve iklim değişikliğinin etkileri yoğunlaştıkça stres seviyeleri artmaya devam edecektir. Çoğu otoritelerce de bahsedilen bu risklerle mücadele etmek durumu tersine çevirmek adına, yeni veya geçmişten beri yürütülen birçok strateji ve hedeflerden bahsetmemiz mümkündür. Dünya'nın herhangi bir noktasında bulunan yine herhangi bir büyüklükteki su kaynakları, küresel olarak olumlu etkiler sunabilmektedir. Bu çerçevede su kaynaklarının önemini anlamamız su kaynakları koruma ve su yönetiminde kilit rol oynamaktadır. Dünya çapında ülkelere bakarsak, bazı Avrupa ülkeleri haricindeki diğer ülkeler ya su stresi altında ya da su fakiri ülkeler konumundadır. Gelinen bu noktada kaynakların verimli kullanımı ve sürdürülebilirliği hayati öneme sahiptir. Her ne kadar küresel olarak topyekûn bir farkındalığa sahip olunmasa da tehlike bellidir ve çözüm yolunda etkili, başarılı önlemler alınmalıdır.

Su kaynaklarının öneminin anlaşılması konusu bu önlemlerin başarılı sonuç alınabilmesinde mevcut engelleri aşmamızda motive edici niteliktedir. Su kaynakları ister yer üstü sular olsun, ister yeraltı suları olsun, çok çeşitli faydalar ve hizmetler sunabilmektedir. Uluslararası bir hedef olan sürdürülebilir kalkınma hedeflerini baz alacak olursak su kaynakları, 17 maddelik bu eylem planının birçoğunda doğrudan etkiye sahiptir (Desa, 2016). Yine benzer şekilde bu maddelerin de birkaçına dolaylı yoldan etki etmektedir. Şekil 1-1'de gösterildiği gibi su kaynakları, gelişme hedefleri gölgesinde, refahı etkileyen, besin kaynaklarını ve stoklarını etkileyen, biyolojik ve ekolojik yaşamı destekleyen, temiz su kaynakları sunabilen, göç gibi enerji üretimi gibi sosyoekonomik şartlara etkiyebilen doğal unsurlar mahiyetindedir. Ayrıca tüm bu unsurlara rağmen mevcut kaynakların geri kazanımını ve arıtılma süreçlerini de düşündüğümüzde küresel anlamda ekonomik kaynaklarımızın kendi eylemlerimiz neticesinde harcandığını, azaldığını görmekteyiz. Bütün faydaların eşliğinde bu ekonomik durumun da irdelenip önlem alınması gerekmektedir. Yani uygun stratejilerle ve eylem planlarıyla sonu görünmeyen bir arıtma/ıslah maliyeti yerine daha düşük olan izleme/önlem alma maliyetlerinin tercih edilmesi gerekmektedir.



Şekil 1-1: Su kaynaklarının etkilediği sürdürülebilir kalkınma hedefleri kategorileri

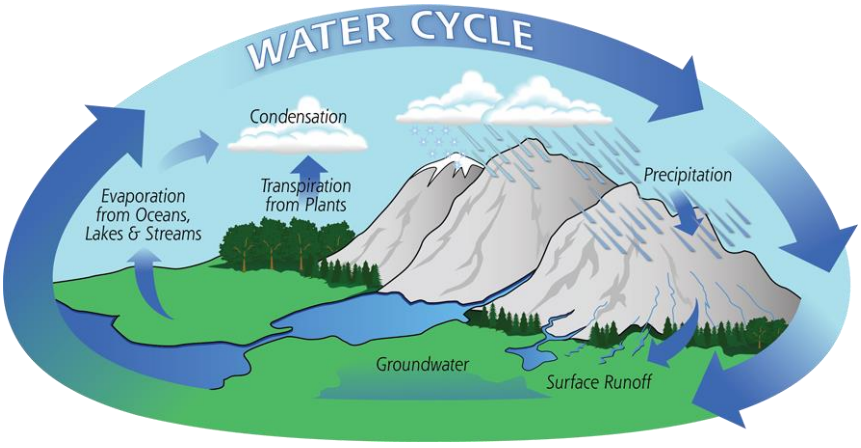
Son olarak değeri böylesine kıymetli olan su kaynaklarından birisi olan yeraltı suları, gelinen bu noktada apayrı bir öneme sahiptir. Hem doğal prosesler yardımıyla suyun temizlenmesi ve depolanması olsun, hem de yeraltı suyu rezervlerinin geri arıtılmasındaki yüksek maliyet ve zorluklar olsun yeraltı suyunun önemini perçinlemektedir. Bu aşamada oluşturulan tezin ana konusunu ise bu fikirlerle yeraltı suyu oluşturmuştur.

1.2. Yeraltı Suyu Hakkında Genel Bilgiler

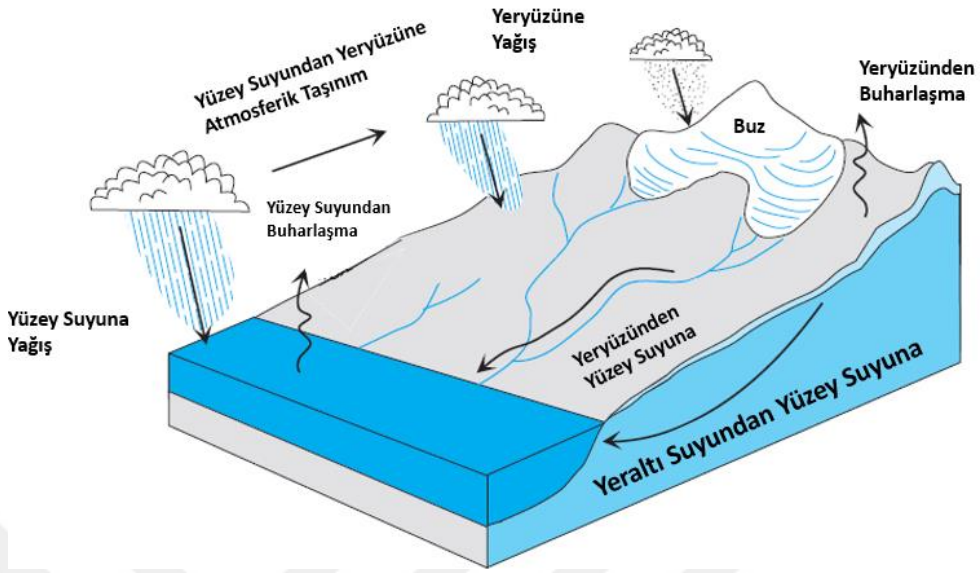
1.2.1. Hidrolojik Döngü ve Yeraltı Sularının Önemi

Dünya'da suyun miktarındaki değişimler su döngüsü ile gerçekleşmektedir. Bu döngüdeki elemanlar buharlaşma, yağış, yüzey akışı, yeraltı suyu akışı ve yoğunlaşma şeklindedir. Su döngüsü, mevcut suyun Dünya yüzeyinden nasıl buharlaştığını, atmosfere nasıl yükseldiğini, bulutlarda yağmur veya karda soğuduğunu ve yoğunlaştığını ve tekrar yağış olarak yüzeye düştüğünü açıklar. Karaya düşen su, nehirlerde ve göllerde, toprakta ve gözenekli kaya katmanlarında toplanır ve birçoğu bir kez daha buharlaşacağı okyanuslara geri akar (Alley vd., 2002, Anonim, 2020).

Her bir elemanı ayrı ayrı önem arz eden bu elemanlardan yeraltı suyu bu tez kapsamında incelenmiştir. Bahsedilen elemandan herhangi birisinde bir aksama olma durumunda döngü sisteminde problemler meydana gelecektir. Yeraltı suyunun da yer aldığı su döngüsü Şekil 1-2'de ve Şekil 1-3'te gösterilmiştir.



Şekil 1-2: Su döngüsü (Anonim, 2020)



Şekil 1-3: Su döngüsünde hidrolojik elemanlar (Fitts, 2002)

Yeraltı suyu su kaynaklarımızdan biri ve en önemli olanları arasındadır. Yeraltı suyu hidrolojik döngüde yerüstü sularının toprağa sızması ve yeraltında tutulup depolanmasıyla oluşmaktadır (Alley vd., 2002). Yeraltı suyunun küresel olarak yaklaşık olarak %67'lik bir dilimi gıda üretimi amaçlı tarımsal sulama tarafından kullanılmaktadır (Şekil 1-4). Küresel boyutta tarımda su kullanımının yaklaşık %43'ünün yeraltı suyu tarafından karşılandığını görülmektedir (Siebert vd., 2010). Ayrıca mevcut yeraltı suyunun ise %22'lik bir dilimi de içme ve kullanma suyu olarak tüketilmektedir. Bu yüzdelik dilimin Dünya'daki içme suyunun yarısını oluşturduğu raporlarda ifade edilmektedir (Jackson vd., 2001, Fitts, 2002) Geri kalan %11'lik kısım ise endüstriyel amaç için kullanılmaktadır. Bu durum olası bir yeraltı suyu krizinde küresel boyutlarda gıda krizi ve içme suyu krizi ile karşı karşıya kalınabilme ihtimali olduğunu göstermektedir. Gelişigüzel ve kontrolsüz kullanım bu olumsuz süreçleri hızlandırmaktadır. Bu sebeple yeraltı suyu belirli prensiplere ve belirli sistemlere göre kullanılmalıdır.

İçme ve kullanma suyu olarak kullanımın dışında bahsedildiği gibi tarım ve endüstride de kullanılan bu doğal kaynak, tahribata uğratılması durumunda zincirleme olarak diğer sektörleri ve üretim süreçlerini de etkileyecektir (Shah vd., 2007). Yeraltı sularının yüzey sularını beslemesinden dolayı, yeraltı suyu seviyelerinde aşırı düşüş sergileyen bölgelerde yüzey suyu beslenmesinde de aksaklıklar gelebilir (Delleur, 2006, Oki ve

Kanae, 2006). Ayrıca yüzey suyu ve yüzey suyuna bağlı ekosistemler için de yeraltı suyu miktarları önemlidir.



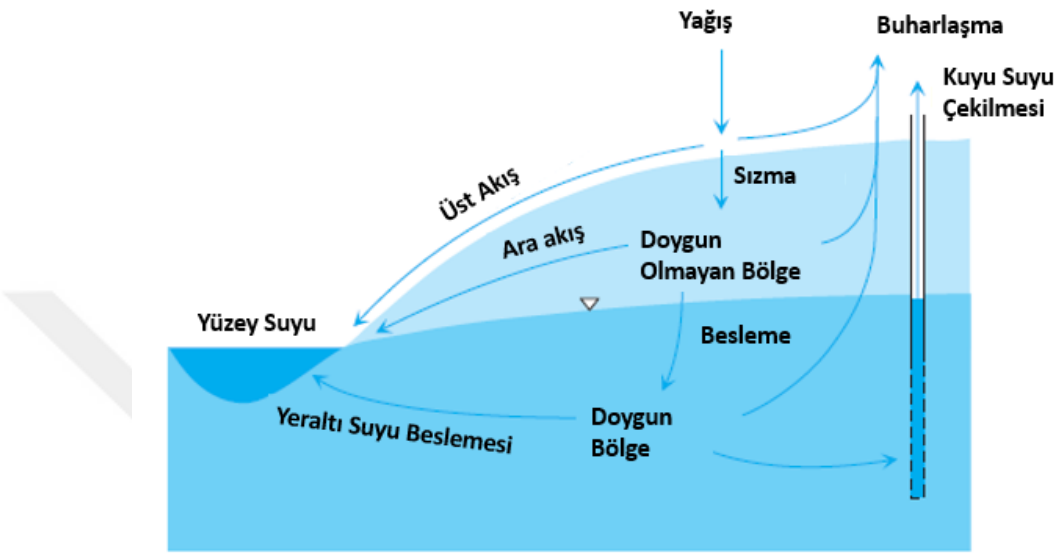
Şekil 1-4: Yeraltı suyunun sektörlere göre kullanım dağılımı (Anonim, 2001)

1.2.2. Yeraltı Sularının Oluşumu ve Hareketi

Yeraltı suyu, yağışın bir bölümünün süzülmesiyle gerçekleşen, depolanan veya akış halinde olan doğal bir kaynaktır. Esasında yeraltında bulunan su tablasının alt katmanındaki doygun bölgedeki mevcut su, yeraltı suyu olarak nitelendirilmektedir. Bu doygun bölgede katmanın içerisindeki boşluk tamamen suyla doludur. Yeraltında bulunan su iki yönde hareket edebilmektedir. Bunlardan birisi yatay yönde hareket iken, diğer yön ise dikey yönde harekettir. Suyun hareketi yeterli miktarda su bulunması durumunda hidrolik basınçla sağlanmaktadır (Freeze ve Cherry, 1979, Usul, 2008).

Yeraltı suyu oluşumunda önem olan faktörler düşen yağış miktarı, buharlaşma ve bölgenin geçirimliliği olarak sıralanabilir. Geçirimlilik, su tutma kapasitesini ve sızan su miktarını etkilemektedir. Yeraltı suyu miktarını etkileyen hidrolojik akış elemanları ise, yeraltına sızma, buharlaşma, yağış, yüzey suyu akışı, yeraltı suyu pompalaması ve yüzey suyunun yeraltı suyu tarafından beslenmesi şeklindedir (Fitts, 2002). Yeraltı suyunun miktarını artırıcı etki sunan elemanlar yağış, yüzey suyundan yeraltı suyuna sızma ve bazı durumlarda yapılan yapay yeraltı suyu beslenmesidir. Yeraltı suyu

miktarını azaltıcı etki gösteren elemanlar olarak yeraltı suyu kuyularından çekim, yüzey, yüzeyaltı ve yeraltı suyundan buharlaşma şeklindedir. Bölgesel olarak hidrolojik elemanların temsili gösterimi Şekil 1-5'te verilmiştir.



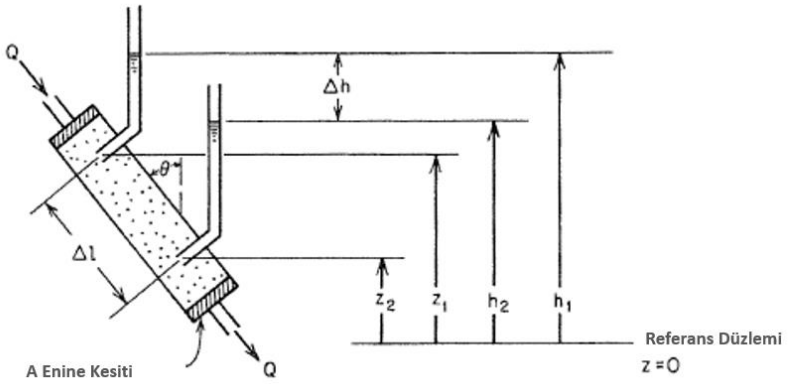
Şekil 1-5: Hidrolojik elemanların temsili gösterimi (Fitts, 2002)

Yağışın etkisinde yüzeye inen su kütlesi yüzey üzerinde üst akış şeklinde nehir, dere gibi akışlar oluşturabilir. Bu durum yüzeyin geçirimliliği ile alakalıdır. Yüzey geçirimliliği azaldıkça üst akıştaki su kütlesi artmaktadır. Ayrıca belirli oranda doygun olmayan bölge içerisinde de ara akış ile göl, deniz, ırmak gibi yüzey suları beslenebilmektedir. Geçirimliliği yüksek bölgelerdeki sızma oranına göre de Şekil 1-5'te besleme olarak belirtilen yeraltı suyu beslemesi değişmektedir. Yine benzer şekilde geçirimlilik arttıkça besleme için oluşan su kütlesi miktarı artmaktadır. Yüzeyden belirli derinlikte yer alan, yeterli geçirimlilikten sızma ile alt bölgelere gelen su, doygun bölgede depolanmaktadır. Bu bölge yeraltı suyunun bulunduğu veya akış halinde olduğu bölgedir. Doygun bölgede bulunan su sirkülasyonu mevcut rezervin durumuna göre yüzey suyunu besler nitelikte veya su kuyularından su çekilmesi ile olabilmektedir. Bu noktada ana problem, su kuyularından aşırı su çekilmesi ile mümkün olabilmektedir.

1.2.3. Akiferlerin Fiziksel ve Hidrolik Özellikleri

Yeraltı suları doygun bölgelerde yer almaktadır. Bu doygun bölgelerin yer aldığı alanlar akifer olarak nitelendirilmektedir. Akiferlerde suyun hareketi yatay veya dikey yönde

olabilmektedir. Akifelerdeki suyun akışını Henry Darcy ilk olarak inceleyen isimdir. Geliştirdiği deney düzeneğinde sistemi temsil eden bir prototip oluşturarak belli başlı ilkeleri keşfetmiştir. Sonuç olarak yeraltı suyu hidrolojisi temelde Darcy Yasası'na göre hareket etmektedir (Darcy, 1856, Freeze ve Cherry, 1979). Şekil 1-6'da Darcy'nin oluşturduğu temsili akifer düzeneği verilmiştir.



Şekil 1-6: Henry Darcy tarafından yapılan akifer deney düzeneği (Freeze ve Cherry, 1979)

Bu düzeneğe göre; A enine kesitli silindirin iki ucu da tıpalı ve silindir kumla doludur. Sistemde z_2 ve z_1 noktasından giriş noktasına doğru uzanan iki adet manometre eklenmiştir. Ayrıca sistemin üst kısmında Q debili akışkan için giriş tüpü ve çıkış kısmında da bir çıkış tüpü bulunmaktadır. Δl mesafesi, manometre girişleri arası mesafedir. Sistemde z düzlemi, referans düzlemi olarak kabul edilerek Q giriş debili akışkan, içi kum dolu silindirden çıkış tüpündeki debi Q olana kadar geçirilmiştir. Böylece manometrelerin başlangıç düzlemleri z_2 ve z_1 olurken akışkanın yükselmesiyle oluşacak yükseklikler h_2 ve h_1 olmaktadır. Ek olarak silindirin içindeki su hızı özgül debi olarak ifade edilmektedir. Sonuç olarak Darcy Yasası'na göre özgül debi (Freeze ve Cherry, 1979);

$$v = Q/A \qquad (1)$$

formülü geliştirilerek Darcy tarafından yapılan deneyler sonucunda Δl mesafesi sabitken, v özgül debisinin h_2 ve h_1 ile doğru orantılı olduğu ve h_2 ve h_1 seviyelerinin sabit olduğunda Δl mesafesinin özgül debi ile ters orantılı olduğunu gözlenmiştir. Böylece özgül debinin yeni eşitliği,

$$v = -K(\Delta h/\Delta l) \quad (2)$$

veya

$$v = -K(dh/dl) \quad (3)$$

şeklinde olmaktadır. Bu eşitlikte h değeri hidrolik yük iken, dh/dl değeri ise hidrolik eğim değerini vermektedir. K ise bir oransallık sabitidir. Bu sabit hidrolik iletkenlik olarak da adlandırılmaktadır. Bu yasanın alternatif bir formülü ise;

$$v = -K(\Delta h/\Delta l)A \quad (4)$$

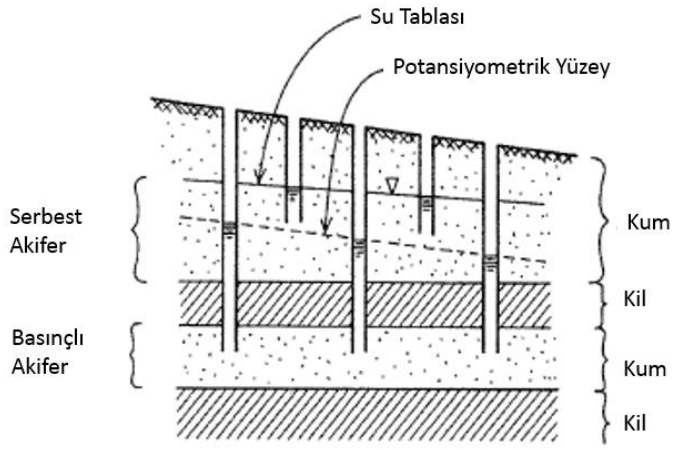
şeklinde yazılmaktadır. Denklem daha da kısaltacak olunursa;

$$v = -K_iA \quad (5)$$

olarak ifade edilebilir. Buradaki i değeri ise hidrolik eğimi ifade etmektedir.

Darcy Yasası'na göre hidrolik iletkenlik akışı etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Hidrolik iletkenlik hem ortamın hem de akışkanın cinsine göre fonksiyon kazanmaktadır. Bu durumda hem yeraltı suyunun bulunduğu akiferlerin yapısı hem de akışkan durumdaki suyun içeriği önemlidir (Freeze ve Cherry, 1979, Usul, 2008, Tang vd., 2017).

Akiferlerin basınç durumuna göre ayrımı ise basınçlı ve serbest akiferler şeklindedir. Basınçlı akiferler iç ortamın zemin ve tepe kısımları düşünüldüğünde iki akitard arasında kalan akiferlerdir. Dış akışa izin vermeyen akitard yapıları yeraltı suyunun iç ortamında bir basınç oluşturarak, çıkış için uygun ortamlarda basınçlı şekilde çıkış sağlayacaktır. Serbest akiferler ise gözeneklilik açısından her noktada çıkışa müsait tabakaların bulunduğu ortamlardır (Dumlu vd., 2006, Usul, 2008). Basınçlı ve serbest akiferlerin gösterimi Şekil 1-7'de yapılmıştır.



Şekil 1-7: Basınçlı ve serbest akiferlerin gösterimi (Freeze ve Cherry, 1979)

Burada iki kil tabakasının arasında kalan alan akitard olarak nitelendirilmekte ve bu tabaka arasında iletilen su basınçlı akiferde iletilmektedir. Öte yandan kum gibi gözenekliliği yüksek üst tabakadan dolayı serbest akifer oluşmaktadır. Potansiyometrik yüzey ise suyun üç boyutlu hareket ettiği kabulüyle suyun Akifer derinliğinde bıraktığı izlerdir (Yolcubal, 2014). Bu izlerin oluşturulduğu haritalar ise potansiyometrik haritalar olarak bilinmektedir. Bu haritalardan yararlanarak bir akifer sistemindeki yeraltısuyu hareketinin doğrultusunu, hızını ve akımın debisini hesaplamak mümkündür.

Akiferlerin bulunduğu ortamların homojen veya heterojen olması da önemlidir. Kendi içerisinde homojen olan farklı tabakaların birleşmesi sonucu heterojen bir ortam oluşabilir. Bu homojenlik ve heterojenlik kavramları hidrolik iletkenliği doğrudan etkileyen bir kavram olduğundan özgül debi gibi su iletim miktarını ve sızma miktarlarını etkilemektedir (Freeze ve Cherry, 1979, Fitts, 2002).

1.2.4. Yeraltı Suyunun Kimyasal Özellikleri

Yeraltı suyunda çok çeşitli kimyasal bileşen bulunabilmektedir. Bu durumun temel sebepleri arasında yeraltı suyunun içinden geçtiği jeolojik oluşumlar ile etkileşime girerek kimyasal madde kazanması ve yüzey suyu kütlelerinin katkıları sonucu kazanılan kimyasal bileşenler yer almaktadır. Bu şekilde yeraltı suyunun içerisinde oluşan çözünmüş katı maddeler mevcut durumdadır ve bu çözünmüş katı maddelerin

konsantrasyonuna göre yeraltı suyu sınıflandırması yapılmaktadır. Bu sınıflandırma Tablo 1-1'de verilmiştir.

Tablo 1-1: Toplam çözünmüş madde konsantrasyonlarına göre yeraltı suyu kategorileri (Freeze ve Cherry, 1979)

Kategori	Toplam Çözünmüş Madde (mg/L)
Tatlı Su	0-1000
Acı Su	1000-10000
Tuzlu Su	10000-100000
Aşırı Tuzlu Su	>100000

Yeraltı sularında çözünmüş katı madde içeriği 1000 mg/L konsantrasyonundan sonra içme amaçlı kullanılamayabilecek kadar tuzlu olabilmektedir. Tuzlu su ve aşırı tuzlu su kategorilerindeki sular ise sulama amacıyla kullanılamayacak kadar tuzlu olabilir. Ayrıca yeraltı suyunda bulunan çözünmüş bileşenler genelde iyonlaşmış şekilde bulunurlar. İyonlaşmış şekilde bulunan bu bileşenler aynı zamanda yeraltı suyunun iletkenlik değerini de etkilerler. Yeraltı suyunda bulunan majör, minör ve iz bileşenler Tablo 1-2'de verilmiştir. Tabloda verilen bileşenlerden çoğunlukla sodyum, magnezyum, kalsiyum, klorür, bikarbonat ve sülfat iyonları bulunabilmektedir. Ayrıca kalsiyum ve magnezyum gibi elementler yeraltı sularında sertliğe neden olabilmektedir. Yine tabloda verilen bileşenlerin konsantrasyonlarını etkileyen başlıca etmenler, suyun süzülürken geçtiği ortamdaki mevcut elementlerin varlığı, çözünürlük ve adsorpsiyon, jeokimyasal süreçlerin kinetiği ve suyun akış yönündeki jeolojik formasyonların mineral içeriği veya mevcudiyeti şeklindedir. Bahsedilen çözünmüş inorganik bileşenler genelde insan aktiviteleri sonucunda kirlilik derecesinde konsantrasyona çıkabilmektedir (Freeze ve Cherry, 1979).

Tablo 1-2: Yeraltı suyunda bulunabilen kimyasal bileşenler (Freeze ve Cherry, 1979)

Majör Bileşenler (5 mg/L'den fazla)			
Bikarbonat	Silisyum	Kalsiyum	Magnezyum
Sodyum	Klorür	Sülfat	Karbonik Asit
Minör Bileşenler (0-01-10 mg/L)			
Bor	Nitrat	Karbonat	
Potasyum	Florür	Stronsiyum	Demir
İz Bileşenler (0-01 mg/L'den az)			
Alüminyum	Molibden	Antimon	Vanadyum
Nikel	Arsenik	Niyobiyum	Kurşun
Baryum	Fosfat	Berilyum	Çinko
Platin	Bizmut	Radyum	İyodür
Bromür	Rubidyum	Kadmiyum	Yiterbiyum
Rutenyum	Seryum	Skandiyum	Lityum
Sezyum	Selenyum	Krom	Zirkonyum
Gümüş	Kobalt	Talyum	Uranyum
Bakır	Toryum	Galyum	Lantanyum
Kalay	Germanyum	Titanyum	Litriyum
Altın	Tungsten	İndiyum	Mangan

Yeraltı sularındaki organik bileşenler fulvik ve hümik asit şeklindedir. Ek olarak yeraltı sularındaki çözünmüş gazlara değinmekte fayda vardır. Yeraltı sularındaki çözünmüş gazlar hem atmosferin bileşeni olan gazlar olabilirken, hem de anaerobik kuşaklardaki jeokimyasal süreçlerin koşullarının getirdiği çözünmüş gazlar olabilmektedir. Bu gazlar; N_2, O_2, CO_2 olarak genellikle atmosfer kaynaklı gazlar ve CH_4, N_2O, H_2S şeklindeki anaerobik kuşaklardaki jeolojik süreçlerin getirdiği gazlardır (Freeze ve Cherry, 1979).

1.2.5. Yeraltı Suyu Kirlilikleri ve Kirlilik Kaynakları

Yeraltı sularında kirlilik bahsi göz ardı edilemeyecek kadar önemli bir konudur. Temelde iki ayrı alt başlıkta incelenen yeraltı sularında kirlilik konusu, insan aktiviteleri sonucunda oluşan kirlilik ve doğal süreçler sonucunda oluşan kirlilik şeklinde bilinmektedir. Her ne kadar doğal bir kirlilikten söz edilse de yeraltı sularının kirlenmesinde insan aktiviteleri önemli bir rol oynamaktadır.

Doğal olarak oluşan yeraltı suyu kirleticileri demir, radyoaktif oluşumlar, manganez ve bazı zehirli kimyasallar sebebiyle oluşmaktadır (Ünal ve Sargın, 2001). İnsan aktiviteleriyle oluşan kirleticiler ise, en başta hidrokarbonlar, sentetik organikler, ağır metaller, nitratlar, bakteri ve virüslerdir (Ünal ve Sargın, 2001, Bloetscher, 2014). Yeraltı suyu gibi karmaşık ve kapalı sistemlerde kirlilikle mücadelede son derece zor ve maliyetlidir. Bu sebeple yeraltı suyu kirliliği en önemli konu olarak yer almaktadır. Ek olarak bu kaynakların tarım üretiminde ve içme, kullanma suyu tüketiminde önemli rol oynaması da bu durumun ehemmiyetini artırmaktadır.

Yeraltı suyu kirliliğinde en önemli kirletici kaynağı tarımda kullanılan gübre ve tarım ilaçlarıdır (Böhlke, 2002). Ayrıca açık yüzeyde depolanan hayvan gübreleri de bu tarz kirliliklerde kaynak konumunda yer almaktadır. Yüzeyde kullanılan veya bulunan bu maddeler yağışın da etkisiyle yüzeyden akiferlere sızarak kirletici etkiler oluşturmaktadır. Gübre konusunda hem organik gübrelerde hem de sentetik gübrelerde azot, fosfor ve potasyum gibi elementler bulunduğundan bunların yüksek konsantrasyonları yeraltı sularında kirliliğe yol açmaktadır. Özellikle azot diğer elementlerden daha hareketli olduğundan nitrat (NO_3^-) formundaki azot kirliliği yeraltı sularında daha sık karşımıza çıkmaktadır (Böhlke, 2002). Böcek ilacı, mantar ilacı ve ot ilacı gibi temelde bitki koruma maksatlı ilaçlar bu alanda problem oluşturmaktadır (Foster ve Perry, 2010). Bazı tarım ilacı kimyasalları yağ dokuda birikme özelliğine de sahip olabileceğinden çeşitli hormonal bozukluklara da yol açmaktadır. Bu tarz mikro kirleticilerin giderimi yüzey sularında bile maliyetli ve zor iken yeraltı sularında işler daha karmaşık bir hal almaktadır ve kirletici giderimi son derece zor bir proses gerektirmektedir (Arias-Estévez vd., 2008, Altıkat vd., 2009). Daha geniş olarak duruma bakacak olursak bu gibi ilaçlar gerek yeraltı suyu ekolojisini gerekse yeraltı suyu- yüzey suyu arası ilişkiden dolayı yüzey suyu ekolojisini de etkileyebilmektedir. Ayrıca bu ilaçların bünyesindeki çeşitli alt kimyasal yapılar su bünyesinde kimyasal reaksiyonlar ile de yan ürünler oluşturarak farklı kirlilik çeşitlerinin de oluşmasını mümkün kılmaktadır. Bu noktada önemli olan gübre ve tarım ilacı gibi maddelerin düşük miktarda veya en azından yeterli miktarda kullanılarak olası bir sızıntı durumunda, düşük konsantrasyonlar sayesinde tehlike oluşturmamasını sağlamaktır. Fakat günümüz dünyasında bu durum aksine işlemekte olup bazı bölgelerde kirlilik seviyelerinin önü alınamaz haldedir.

Bir diğer kirletici kaynağı ise, katı atıkların yüzeyde toplanması konusudur (Freeze ve Cherry, 1979). Geri dönüşüm süreçlerinin oluşan katıları karşılayamaması sebebiyle ve bazı teknolojik gereksinimlerin mevcut olmaması sebebiyle kimi ülkelerde veya bölgelerde katı atıklar belirli düzenlemelerle yüzeyde depolanmaktadır. Depolaması yapılan katı atıkların teoride düzenli olarak üzerinin toprakla örtülmesi gerekmektedir. Fakat pratikte bu durum aksaklığa uğrayarak düzenli olması gereken koşullar göz ardı edilmektedir. Böylece her daim üzeri örtülmesi gereken atıkların üzerine düşen yağış vasıtasıyla oluşacak sızıntı suları hareket haline geçerek yeraltı sularına karışabilmektedir. Sızıntı sularında endüstriyel olarak bazı tehlikeli atıkların da mevcut olabileceğini düşünürsek hem bu açıdan bir tehlike oluşturmaktadır hem de içeriklerindeki inorganik yapılar ve çok yüksek çözünmüş organikler içermesi sebebiyle yeraltı suları için son derece risk oluşturmaktadır (Dumlu vd., 2006, İmamoğlu ve Erdoğdu, 2017). Sızıntı sularının içerikleri Tablo 1-3'de verilmiştir.

Tablo 1-3: Sızıntı sularındaki çeşitli inorganik bileşiklerin temsili değerleri (Freeze ve Cherry, 1979)

Parametre	**Temsili Değer (mg/L)**
K^+	200-1000
Na^+	200-1200
Ca^{+2}	100-3000
Mg^{+2}	100-1500
Cl^-	300-3000
SO_4^{-2}	10-1000
Alkalinite	500-10000
Fe (Toplam)	1-1000
Mn	0.01-100
Cu	<10
Ni	0.01-1
Zn	0.1-100
Pb	<5
Hg	<0.2
NO_3^-	0.1-10
NH_4^+	10-1000
PO_4 Formunda P	1-100
Organik Nitrojen	10-1000
Toplam Çözünmüş Organik Karbon	200-30000
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	1000-90000
Toplam Çözünmüş Katılar	5000-40000
pH	4-8

Son olarak bazı tehlikeli atıkların derine enjeksiyonu işleminde prosedürlere eksik veya özensiz uyulması sonucu son derece riskli kirletici yeraltı suyu etkileşimleri olmaktadır. Bu gibi derine enjeksiyon işlemlerinde kurak bölgelerin seçilmesi veya havza hidrolojisinin iyi bilinerek akış yolu üzerinde yapılmaması gibi hususlara ve teknik usullere dikkat edilerek yapılmalıdır.

İnsan faaliyetleri ile oluşan diğer bir kirlilik kaynağı ise, kanalizasyon atıklarının yüzeyde toplanması veya arıtma çamurlarının teknik olarak uygun olmayan ortamlarda tutulması sonucu yüzeyden yağışın etkisiyle oluşan kimyasal sızıntılarıdır. Arıtma çamurlarındaki mikro kirlilikler hem geçirimsiz taban ortamları oluşturulmadan hem de kurak olmayan bölgelerde depolanması halinde yağış etkisiyle yeraltı sularına karışabilmektedir. Yine aynı şekilde bazı bölgelerde kanalizasyon atıklarının yüzeyde depolanması da aynı mantıkla kirlilik kaynağı olmaktadır. Son olarak diğer bir kirletici kaynağı ise petrol dökülmesi ve sızmasıdır (Freeze ve Cherry, 1979). Çoğu ülkelerde petrol depo tankları zeminin altına gömülmektedir. Ekipman sağlığının aksaması, sistem arızaları gibi sorunlar nedeniyle petrol veya yakıt depolarında sızıntılar meydana gelebilmektedir. Ek olarak petrol boru hatlarındaki bazı kaçaklar nedeniyle de önce yüzeye daha sonra yerçekimi etkisi ve yüzeyin gözenekliliği ile yeraltı sularına sızma meydana gelebilmektedir.

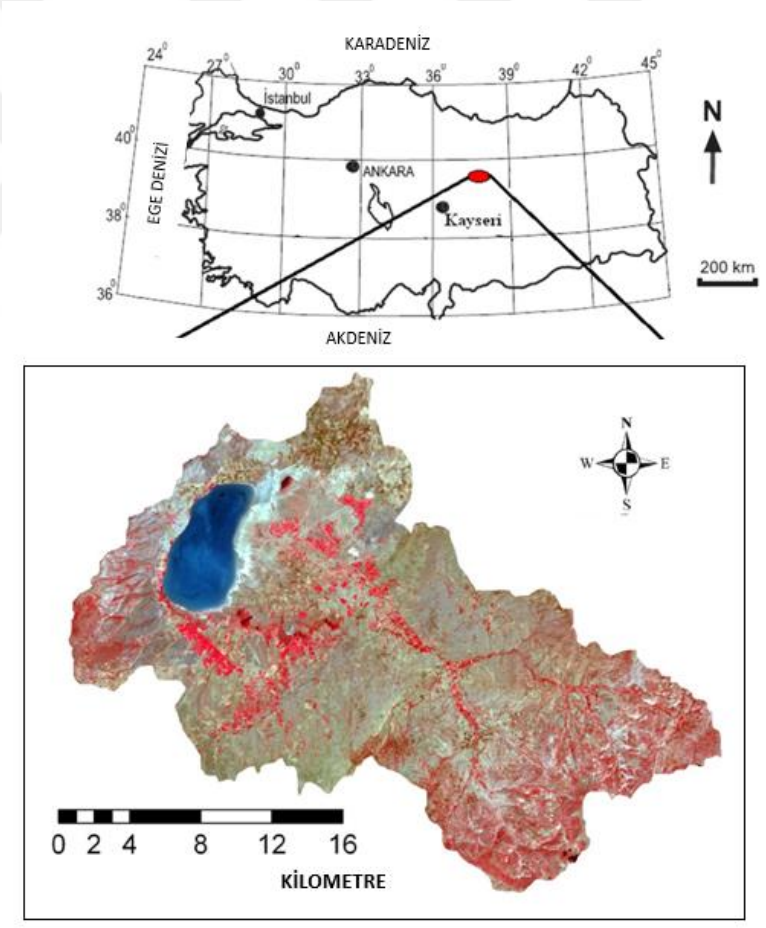
1.3. Çalışma Alanı Hakkında Genel Bilgiler

1.3.1. Çalışma Alanı

Bu tez çalışmasında uygulama alanı olarak Palas Ovası seçilmiştir. Palas Ovası, İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan Kayseri şehrine ait kapalı havza şeklindeki bir ovadır. Ovanın ortalama yükseltisi 1106 metre ve alanı yaklaşık 100 km^2'dir (Anonim, 2010) Ovanın güneyinde Bünyan, doğusunda Sarıoğlan ilçeleri bulunmaktadır. Bu iki ilçe ovanın yüksek bir bölümünü oluşturmaktadır. Palas Ovası'nda iki ilçeye (Sarıoğlan ve Bünyan) bağlı yerleşimler mevcuttur.

Bölgenin geçim kaynakları tarım, hayvancılık ve az miktarda tuz çıkarımı olarak bilinmektedir. Ek olarak bölgede Tuzla Gölü adında Türkiye'nin en büyük ikinci tuz gölü olan bir doğal sistem bulunmaktadır. Göl deniz seviyesinden yaklaşık 1054 m

yükseklikte yer alıp, yayılı alanı yaklaşık 47.86 hektardır. Bölgedeki tuz çıkarımı faaliyetleri bu gölün kaynak sağlamasıyla yapılmaktadır. Gölü besleyen kaynaklar ise yeraltı suyu akışı ve bölgede bulunan Değirmen Deresi akarsuyudur. Ayrıca göl Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarından göç eden kuşların göç yollarının birleşme noktasıdır ve endemik bitki türlerine ev sahipliği yapmaktadır (Eken vd., 2006). 13 Haziran 2007 tarihinde Ulusal Sulak Alan Koordinasyon kararıyla Sulak Alanları Koruma Yönetmeliğince Tuzla Gölü'nün Koruma Bölgeleri belirlenmiştir. Tuzla Gölü, 26 Haziran 2009 tarihinde 1. derece doğal sit alanı ilan edilmiştir.



Şekil 1-8: Çalışma Alanının Genel Gösterimi (Dadaşer-Çelik ve Çelik, 2017)

Bölgedeki mevcut ekosistemlere değinmek gerekirse, Tuzla Gölü sebebiyle var olan bir göl habitatı, sulak çayır habitatı, sazlık habitatı, su kenarı habitatı, tuzcul bozkır habitatı, dağ bozkırı habitatı ve çalılık habitatı gibi İç Anadolu Bölgesi'nin sunduğu bozkır

habitatına ait özellikler bulunmaktadır. Bu noktada bölgedeki göl habitatı bakımından, yaz aylarında Tuzla Gölü'ndeki suyun önemli miktarının çekilmesiyle birlikte sucul ekosistem canlılarına uygun bir habitat olmasa da yüksek tuz içeriğinden dolayı tuz toleransı yüksek planktonlar bulunabilmektedir. Kuş göçü esnasında bu alan önemli bir beslenme imkânı sunmasa da bölgede barınma ve konaklama imkânı olduğundan dolayı bu bakımdan önemli bir habitat alanı konumundadır (Anonim, 2010, Tavşanoğlu vd., 2012).

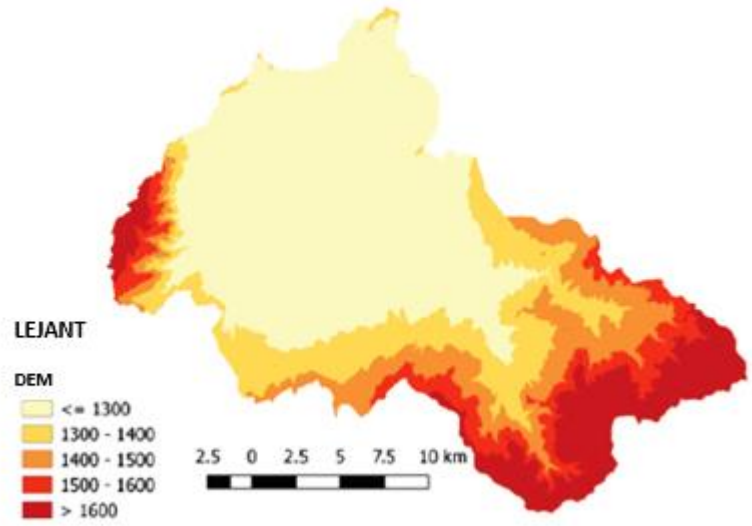
Çalışma alanı olarak incelenen bölgede daha önce yapılan çalışmalarda oluşturulan sorun ağacından hareketle bölgedeki genel problemler, ilk olarak habitat bozulması ve kaybı, göl su seviyesindeki değişim, göl suyunda kirlilik, tarımsal faaliyetlerin bölge ekolojik yapısına olumsuz etki göstermesi, sosyoekonomik yapının gelişememesi ve yeraltı su seviyelerinin azalması şeklinde ifade edilmektedir (Tavşanoğlu vd., 2012). Bu noktada çalışma alanındaki bu tarz problemler bölgenin doğal yapısını ve sosyoekonomik yapının sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bölgenin doğal seviyesine geri dönmesi için bazı analizler ve çalışmalar yürütülerek ilgili sorunlara çözüm önerileri getirilerek makul öneriler hayata geçirilmelidir.

1.3.2. İklim Verileri, Arazi Yapısı ve Hidrolojik Yapı

Palas Ovası yıllık ortalama hava sıcaklığı 9^{o}C'dir. En sıcak ay olan Temmuz'da ortalama hava sıcaklığı 20^{o}C, en soğuk ay olan Ocak'ta ise -2.5^{o}C'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı ise 383 mm'dir. Kayseri ili ve Tuzla Gölü'nün bulunduğu Sarıoğlan ilçesi, karasal iklim karakterindedir. Kış ayları dondurucu soğuk, yaz ayları ise sıcak, kurak ve kısadır. Bölgenin yıllık ortalama hava sıcaklığı 10.3^{o}C, ortalama yağış miktarı ise yaklaşık 393 mm'dir (Cengiz, 2012). Kış ile yaz mevsimleri arasındaki ve gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkı büyüktür. Yağışlar kış, ilkbahar ve sonbahar aylarına rastlamaktadır.

Çöküntü ovası niteliği taşıyan Palas Ovası, etrafında Göztepe, Elmalı Dağı, Kırkız ve Işıl Tepesi bulunmasından dolayı kapalı havza özelliğini göstermektedir. Ovanın kuzey batısındaki alan dağlık ve tepelik şekildedir, bu kısım ova tabanına göre yaklaşık 400 m yukarıda konumlanmıştır (Somuncu, 1996). Bu tepelik alanın bir kısmı ise volkanitlerden oluşmaktadır. Ovanın batı tarafındaki tepelik kısımdan akan dereler,

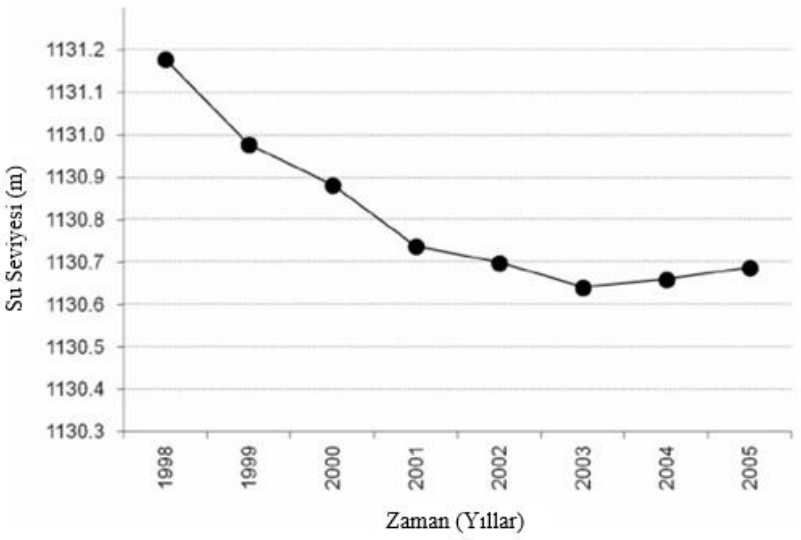
eğimin azaldığı kısımlara birikinti konileri oluşturmuştur. Ovanın doğusunda ise daha düşük kotlu yükseltiler mevcuttur, bu bölgede yeryüzü eğimleri daha düşük değerdedir. Ayrıca doğuda kısmen tepeler de mevcuttur. Ovanın güneydoğusu ise yine aynı şekilde yer yer sınır bölgesinde dağlık alanlar vardır. Ovanın orta bölgesi ise en düşük eğime sahip olup tarıma elverişli alanlar ve yerleşim yerleri buralarda bulunmaktadır. Ayrıca nüfus olarak da en yoğun yerleşim yerleri bu orta kısımda bulunmaktadır. Son olarak bölgede bulunan Değirmen Deresi isimli akarsu Koyunabdal ve Kahveci mevkilerinden iki kol halinde birleşerek Tuzla Gölü'ne doğru akış içerisindedir. Tuzla Gölü'nü besleyen unsurlar arasında bahsi geçen Değirmen Deresi de bulunmaktadır.



Şekil 1-9: Palas Ovası'nda Eğim Haritası (Dadaşer-Çelik ve Çelik, 2017)

Bölgedeki hidrolojik yapı göz önüne alındığında çalışma alanı içerisinde yer alan Tuzla Gölü ve bazı dereler mevcuttur. Gölün önemli su kaynaklarını göle doğudan giren Değirmen deresi, güneydoğusunda Yertaşpınar, güneyinden giren Körpınar, Başpınar ve Soğukpınar oluşturur. Yeraltı, yağmur ve kar sularının yanı sıra, gölün doğusunda bulunan ıslak çayır alanlarının taşkın suları ise gölü besleyen diğer su kaynaklarıdır. Tuzla Gölü'nün çevresinde, sazlıklar, ıslak çayırlar, tuzcul bitki bozkırları, mera ve tarım arazileri yer alır.

Yaz aylarında yağışın azalmasına ve buharlaşmanın da artmasına bağlı olarak göl alanı daralmakta, suyun içindeki tuz göl kenarında çökelmektedir. Göl suyunun çekildiği alanlarda 10-15 cm kalınlığında tuz tabakası oluşmaktadır. Bu noktada bölgedeki hidrolojik değişimlere bakacak olursak ilk olarak Palas Gölü'nün 1998-2005 yılları arasında yıllara göre su derinliği değişimi Şekil 1-10'da verilmiştir.



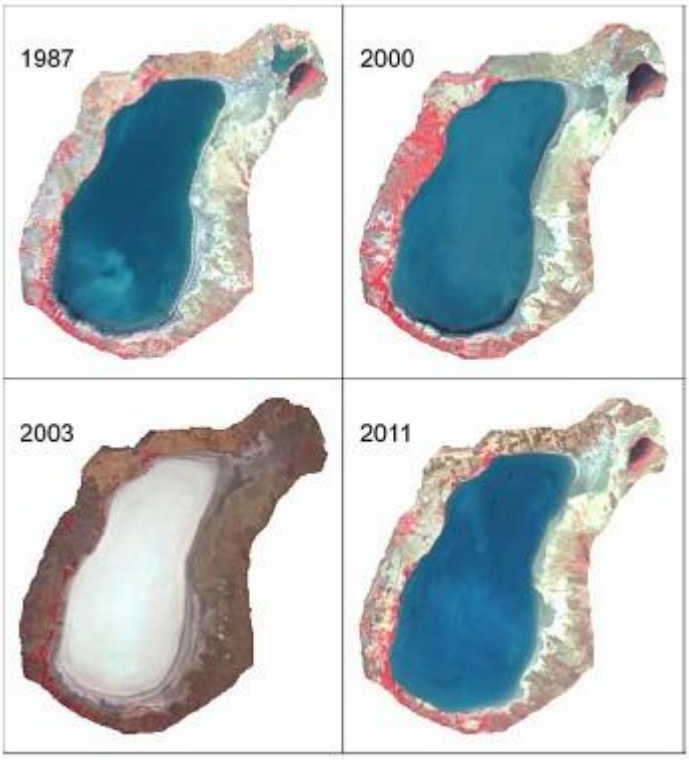
Şekil 1-10: Tuzla Gölü'nün Yıllara Göre Değişen Derinliği (Azgin ve Dadaser-Celik, 2015)

Tuzla Gölü'nün su seviyesinde 1998 yılından 2005 yılına kadar yaklaşık 1 m azalma gözlenmektedir. Ayrıca göl yüzeyinde artan sıcaklığa ve azalan yağışa bağlı olarak bir daralma mevcuttur. Şekil 1-11'de bu daralma uydu görüntüleriyle gözlenebilmektedir. Bu durum değerlendirilirken, yağış, akarsu ve yeraltı suyu gibi besleme kaynaklarının da durumu göz önünde bulundurulmalıdır.

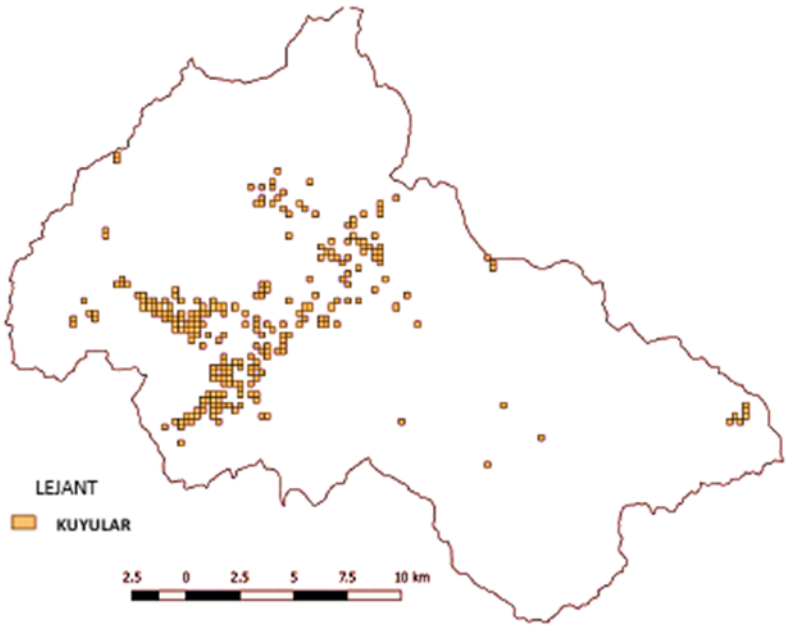
Bölgedeki temel su kaynaklarından biri olan yeraltı suyu tarım ve içme ve kullanma amaçlı kullanılmaktadır. Fakat zamanla yağış kıtlığı ve yüzey sularının aşırı kullanım etkisiyle bu kaynakların kuruması sebebiyle bölgede yeraltı suyu ana kaynak haline gelmiştir. Bu sebeple kaynaktan faydalanabilmek adına bölge halkı kuyu açma ve su çıkarma çalışmaları yapmışlardır. Bölgedeki kuyu haritası Şekil 1-12'de verilmektedir.

Bölgedeki yeraltı suyu kuyuları baz alındığında ovanın en düşük kotlu yerleşim yerlerinde kuyu yapılarının yoğunlaştığı gözlenmektedir. Ayrıca bu bölgelerde tarım

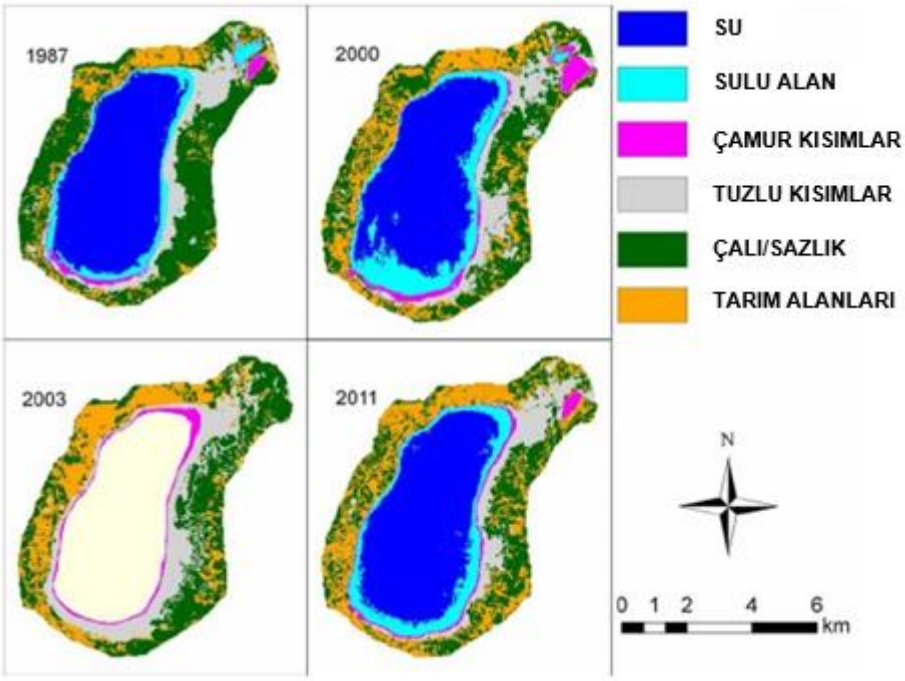
alanlarının da varlığı bilinmektedir. Ek olarak Tuzla Gölü'nün besleme kaynaklarından olarak bilinen yeraltı suyu kaynakları düşünüldüğünde göl çevresindeki kuyu yoğunluğu da dikkat çekici durumdadır.



Şekil 1-11: Tuzla (Palas) Gölü'nün 1998-2005 Aralığında Yüzey Alanındaki Değişimlerin Gösterimi (Azgin ve Dadaser-Celik, 2015)



Şekil 1-12: Çalışma alanındaki yeraltı suyu kuyuları (Dadaşer-Çelik ve Çelik, 2017)



Şekil 1-13: Çalışma Alanında Tarım, Su Kütlesi ve Tuzlu Bölgelerin Dağılımı (Azgin ve Dadaser-Celik, 2015)

Şekil 1-13'den de görüldüğü gibi gölün yüzey su alanı daralma eğilimindedir. Suyun çekilmesiyle sulu toprak ve çamur bölgeleri oluşmaya başlamıştır. Ek olarak yıllar

arasında değişen tarım arazilerinin de göl çevresindeki artışı dikkat çekmektedir. Son olarak tuzlu bölgede bir dönemlik artış görülse de bu alanın da daraldığı görülmektedir. Yine aynı şekilde çalılık arazinin de yerini yer yer tarım arazileri kaplamıştır.

1.4. Literatür Taraması

Literatür değerlendirilmesi kısmında, Palas Ovası, tarım aktivitelerinin yeraltı suyuna etkileri ve çalışmada kullanılacak temel yöntem bulanık bilişsel haritalama yöntemi ve dinamik sistem modelleme yaklaşımı olmak üzere tezin dört ana kısmı olan konu başlıklarının değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

1.4.1. Tarımın Yeraltı Suyuna Etkileri Hakkında Literatür Değerlendirilmesi

Goss vd. (1995) Ontario' da kırsal yeraltı suyunun kalitesini incelemek amacıyla 1991-1992 yıllarında yaklaşık 1.200 çiftlikte bulunan kuyulardan içme suyu örnekleri toplamışlardır. Analiz, kuyuların yaklaşık üçte birinin bakteri ile kirlendiğini, %14'ünün nitrat ile kirlendiğini, iki kuyunun böcek ilacı ile kirlendiğini göstermiştir. Ancak %40'ı, en az bir kirleticinin varlığından dolayı güvensiz kabul edilmiştir.

Zhang vd. (1996) tarafından yapılan çalışmada Çin'in kuzeyindeki 14 şehirde ve ilçede yeraltı suyu ile ilgili seviye, kalite durumları araştırılmıştır. Çalışmada yeraltı sularındaki nitrat kirliliklerine dair veriler elde edilerek tarım-yeraltı suyu arasındaki ilişki incelenmiştir. Kuyu derinliği, yeraltı suyu seviyesi, mahsul rotasyonu, verim ve gübre uygulaması hakkında da bilgi edinilmiştir.

Böhlke (2002) tarımın, yeraltı suyu şarjının ve akifer biyojeokimyasının oranlarında ve kompozisyonlarında doğrudan ve dolaylı etkileri olduğunu savunmuştur. Doğrudan etkilerin, aşırı miktarda gübrelerin ve ilgili malzemelerin çözünmesini ve taşınmasını ve sulama ve drenajla ilgili hidrolojik değişiklikleri içerdiğini, dolaylı etkilerin ise çözünmüş oksidanların, protonların ve ana iyonların konsantrasyonlarının artmasından kaynaklanan toprak ve akiferlerdeki su-kaya reaksiyonlarındaki değişiklikleri içerdiğini ifade etmiştir.

Worrall vd. (2002) tarafından oluşturulan çalışma, arazi kullanımı, toprak ve akifer tipi gibi ve yeraltı sularındaki kimyasal faktörlerin yıl değişimleri arasındaki nispi önemini

test etmek için İngiltere ve Orta Batı ABD'den kapsamlı, uzun dönem yeraltı suyu izleme veri setlerini bir araya getirerek pestisitler tarafından yeraltı suyu kirliliğinin araştırılması yapılmıştır. Ayrıca bu kirliliğin kontrolünde ANOVA (genel doğrusal modelleme) kullanılarak her bir faktör ve etkileşimleri ile açıklanan varyasyonun önemini ve oranını test etmiştir.

Jalali (2005) batı İran'da yaptığı çalışmada Hamadan tarım bölgesinde tarım kaynaklı nitratın yeraltı sularına sızması durumunu incelemiş ve yeraltı suyunda nitrat konsantrasyonu ölçümleri yapmıştır. Ayrıca nitrat sızıntısının önlenmesi noktasında bazı önerilerde bulunmuştur.

Almasri vd. (2007) arazi kullanım uygulamalarının ve koruma alternatiflerinin tarımsal su havzalarındaki yeraltı suyundaki nitrat kirliliği üzerindeki etkisini modelleme tekniklerini kullanarak incelemişlerdir. Yürütülen çalışmada, arazideki azot kaynaklarının ve ilgili yüklemelerin mekânsal dağılımını açıklamak için Birleşik Devletler Jeoloji Araştırmaları (USGS) kurumunun ulusal arazi örtüsü veritabanını (NLCD) ve coğrafi bilgi sistemini kullanılmıştır.

Hildebrant vd. (2008) tarafından oluşturulan çalışmada Kuzey İspanya bölgesinde Sekiz pestisitin Ebro, Duero ve Miño nehir havzalarındaki tarımsal alanların yüzey ve yeraltı suyu kalitesi üzerindeki etkisini belirlemek için bir çevre izleme programı gerçekleştirilmiştir.

Sönmez vd. (2008) tarım sektöründeki gübrelerden kaynaklanan yeraltı suyu kirliliğine değinmiştir.

Altıkat vd. (2009) pestisit kullanımının olası sonuçlarını irdelemiş olup, yeraltı suyu kirliliği hakkında da başlık açarak süzülme yoluyla yeraltı sularına bu kirliliklerin karışabileceğini savunmuşlardır.

Peña vd. (2010) tarafından yürütülmüş çalışmada standartların üzerinde nitrat seviyeleri bulunan El Salobral-Los Llanos akiferinde (Mancha Oriental, İspanya) hidro-ekonomik modelleme uygulanmıştır. Oluşturulan modelleme yaklaşımı, gübre uygulamasını bağlayan bir hidro-ekonomik model kullanarak tarım havzalarında mekânsal olarak

değişken gübre standartlarının ekonomik olarak en uygun tahsisinin tanımlanmasını modellerken ekonomik faydaları da en üst düzeyde tuttuğu ifade edilmiştir.

Sünal vd. (2012) Türkiye'de tarımsal kaynaklı yeraltı suyu nitrat kirliliği hakkında çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda, yeraltı sularında nitrat kirliliğinin kontrol edilebilmesi için, iklim, toprak, akifer ve arazi kullanım faktörlerinin birlikte ele alındığı bütünsel bir yaklaşıma gereksinim olduğu noktasında fikir beyan etmişlerdir.

Hansen vd. (2019) Danimarka'da bulunan sığ yeraltı suyu sisteminde 30 yıllık zaman diliminde (1989-2019) tarımda azot kullanımı kaynaklı nitrat dalgalanmalarını ve değişimlerini incelemişlerdir.

Kwon vd. (2020) yaptığı çalışmada Güney Kore'de mevsimsel olarak yoğun şekilde kullanılan ve tarımsal aktivitelerde kullanımı gerçekleştirilen yeraltı sularının akifer-akarsu etkileşimi vasıtasıyla nitrat, sülfat, kalsiyum gibi birçok parametrenin değişimlerini incelemişlerdir.

Lee vd. (2020) tarafından oluşturulan çalışmada Güney Kore'de bir tarım havzasında yeraltı suyu ve akarsu sularındaki nitrat-azotu (NO_3–N) konsantrasyonlarını karakterize etmiş ve saha araştırmaları kullanarak yeraltı sularının akarsulara girmesi sonucu NO_3–N kirlilik yükünü tanımlamıştır

1.4.2. Bulanık Bilişsel Haritalama Hakkında Literatür Değerlendirilmesi

Kosko (1986), ilk defa bilişsel haritaların yapay sinir ağları simülasyonları ve analizlerini yapmış ve bulanık bilişsel haritaları (FCM'ler) nedensel akıl yürütmeyi temsil eden bulanık grafik yapıları olarak tanımlamıştır.

Groumpos vd. (2000) yaptığı çalışmada FCM'ler için yeni bir matematiksel model önerilmiştir. FCM yapısı, basit bir kontrol süreci problemi için modelin geliştirilmesi yoluyla sunulmuştur. Daha sonra, karmaşık bir sistemin amirinin modeli olarak FCM'in uygulanmasıyla ilgili konular ele alınmış ve hiyerarşik bir iki seviyeli yapı önermişlerdir.

Dadaşer (2002) çalışmasında bulanık bilişsel haritalamayı kullanarak Tuzla Gölü'nde katılımcı ekosistem yönetim planını ilişkilendirmiştir. Bu çalışmada paydaş görüş ve

isteklerini elde etmek için bulanık bilişsel haritalama yaklaşımı kullanılmıştır ve 44 paydaşla (köylüler, yerel karar vericiler, hükümet ve hükümet dışı kuruluş (STK) yetkilileri) bilişsel haritalar hazırlanmıştır. Analizde grafik teorisi indeksleri, istatistiksel yöntemler ve "What-if" simülasyonları kullanılmıştır. Çalışmada en çok bahsedilen değişkenler geçim, tarım ve hayvancılık olmuştur.

Özesmi vd. (2003) Uluabat Gölü'nde bulanık bilişsel haritalar ile paydaş analizi gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada altı farklı gruba ait paydaşlarla görüşmeler gerçekleştirmiştir. Çalışmada göl kirliliği, paydaşlar için en merkezi ve en çok bahsedilen değişken olmuştur. Paydaş grupları, göl kirliliğinin ekosistem sağlığını ve dolayısıyla yerel ekonomileri olumsuz yönde etkilediği konusunda hemfikirdir. Böylece, çalışma sonucu olarak göl kirliliğinin azaltılması, yönetim planı için genel amaç olarak seçilmiştir.

Stylios vd. (2004) Bulanık bilişsel haritaları kullanarak karmaşık sistemlerin modellemesini çalışmıştır. FCM'nin matematiksel bir açıklaması sunulmuş ve FCM'yi geliştirmek için bulanık mantık tekniklerine dayalı yeni bir metodoloji incelenmiştir. FCM'nin karmaşık sistemlerin modellenmesinde kabiliyeti ve kullanışlılığı ve bir ısı eşanjör sisteminin davranışının modellenmesi ve tanımlanması için FCM'nin uygulanması araştırılmıştır.

Özesmi (2006) bir diğer çalışmasında karmaşık sistemlerin bilişsel haritaları hiyerarşik yapı ve ölçeksiz özellikler konusunu araştırmıştır.

Jetter (2014) geleceğe yönelik çalışmalar için bulanık bilişsel haritalama metodu kullanılmıştır. Çalışmada genel olarak kavramların ve metotların değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Solana-Gutierrez vd. (2017) nehir havzası yönetimine katkı sağlamak için bulanık bilişsel haritama yaklaşımını kullanmışlardır. Çalışma alanı olarak, İspanya'daki Esla Nehri seçilmiştir. Esla Nehri'nin bulanık bilişsel haritama göstergeleri, insan faaliyetlerinden büyük ölçüde etkilenen, özellikle de merkezi olma endeksleri nispeten düşük olsa da, yüksek ağ etkisi gösteren ekonomik değişkenlerin önündeki engellerin varlığından büyük ölçüde etkilenen bir ekosistem olduğunu göstermiştir.

1.4.3. Dinamik Sistem Modelleme Hakkında Literatür Değerlendirilmesi

Giordano vd. (2012) yeraltı suyu yönetiminde mevcut olan çatışmaların analizinde dinamik sistem modellemesi yaklaşımını kullanarak modelleme çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışmada hangi koşullardaki belirsizlikler çatışmaya yol açabilecek olduğu sorusu araştırılmıştır.

Katic ve Grafton (2012) yeraltı suyu çıkarımındaki ekonomik modelin mekânsal koşullar altındaki değişimini modellemişlerdir. Çalışmada yeraltı suyu çıkarımında konum ve zamanın rekabet altındaki davranış stratejisinde etkili olduğu belirtilmiştir.

Markou (2013) Fell Sandstone bölgesinde yeraltı suyu akışında sistem dinamik modellemesi yaklaşımını kullanarak STELLA uygulamasında modelleme işlemi yapmıştır.

Zomorodian vd. (2018) su kaynakları yönetiminde, entegre su kaynakları yönetimi yaklaşımıyla sistem dinamikleri yaklaşımının ortaklaşa çalışılması sonucunda alternatif bir yönetim anlayışı uygulamışlardır.

Barati vd. (2019) yer altı suyu yönetimin dinamik sistem modelini kullanarak akıllı yönetişim modeli oluşturmuşlardır.

Maroufpoor vd. (2020) yeraltı suyu kimyasının değişimi noktasında hibrit zeka yöntemlerle ve jeoistatistiksel yöntemlerle çekilen verileri dinamik sistem modellemesi mantığıyla modelleyerek yeraltı suyu kimyası için öngörülerde bulunulmuştur.

1.4.4. Palas Ovası Hakkında Literatür Değerlendirilmesi

Somuncu (1996) Palas Ovası'nda coğrafya gözlemleri adı altında incelemelerde bulunmuş ve bölgenin jeolojik, hidrojeolojik yapısıyla ilgili tespitlere ulaşmıştır.

Dadaşer (2002) gerçekleştirdiği çalışmada katılımcı yönetim yaklaşımıyla Tuzla Gölü için yönetim planı oluşturmuştur. Cengiz (2012) Tuzla Gölü'nün iklim değişikliğine duyarlılığının incelenmesini yapmışlardır.

Cengiz vd. (2013) Tuzla Gölü'nde yapay sinir ağlarını kullanarak su seviye modellemesi yapmışlardır.

Dadaser-Celik vd. (2013) Tuzla Gölü'ndeki su kapsamında oluşan değişimlerin gözlenmesini gerçekleştirmişlerdir. Multitemporal Landsat görüntülerini kullanarak işlemi uygulamışlardır.

Cengiz vd. (2013) TuzlaGölü'ndeki hidrolojik değişimleri incelemişlerdir.

Azgın vd. (2016) İç Anadolu'da Palas bölgesindeki Tuzla Gölü'nün su kalitesini incelemişlerdir.

Özdoğan (2015) tarafından uzaktan algılama teknikleri kullanılarak Palas Ovası'nın arazi yüzey sıcaklığı değişimlerinin incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Uzaktan algılama tekniklerini kullanarak 2001-2011 dönemi için Palas Ovası'nda arazi yüzey sıcaklığı (Tavşanoğlu vd.) değişimlerinin belirlenmesini ve bu değişimlerin arazi örtüsü ve iklimsel değişimlerle ilişkilerinin incelenmesini araştırmıştır.

Azgın (2015) tarafından Tuzla Gölü'ndeki uydu görüntülerini kullanarak mekânsal ve zamansal değişimleri araştırılmıştır. Çalışmada 1987, 2000, 2003 ve 2011 yıllarında elde edilen Landsat TM görüntüleri kullanılarak analiz gerçekleştirmişlerdir.

Azgin (2015) Tuzla Gölü'ndeki mekânsal ve zamansal değişimlerin analizini gerçekleştirmişlerdir.

Özlü vd. (2016) Tuzla Gölü Havza'sının uygulamalı jeomorfolojisini incelemişlerdir. Bu çalışmada çalışılan sahanın jeomorfolojik problemleri ortaya konulmuş ve Türkiye'de gelişmekte olan uygulamalı jeomorfoloji literatürüne katkı yapmak amaçlanmıştır.

Dadaser-Celik ve Celik (2017) bölgeyle ilgili bir başka çalışmada FREEWAT aracını kullanarak havzadaki yeraltı suyu ve yüzey suyu etkileşimlerini modellemişlerdir. Çalışmada, FREEWAT aracı vasıtasıyla geliştirilen yeraltı suyu akış modeli kullanılarak Palas Havzası'nda tarımsal su kullanımı ile Tuzla Gölü'ne su akışı arasındaki ilişkilerin analizini gerçekleştirmişlerdir.

Özlü vd. (2017) bölgede yatığı çalışmada Tuzla Gölü'nün (Kayseri) hidrografik özellikleri ve 1975-2015 yılları arasında yaşanan seviye değişmelerini araştırmış ve

literatüre katkı sağlamıştır. İnceleme alanına en yakın meteoroloji istasyonlarının verileri enterpolasyon yöntemi ve Schreiber formülüyle çalışma sahasına uyarlanmıştır.

Amiri vd. (2017) Palas Ovası için geliştirilen SUFİ2 algoritmasının, SWAT modelinde kalibrasyon ve validasyon işlemlerini yapmışlardır.

Filippis vd. (2020) yeraltı suları kaynak yönetimi ile mücadele kapsamında çeşitli bölgelerdeki çalışma bölgelerinin durum çalışmasında QGIS programına entegre FREEWAT Platformunun uygulanmasını çalışmışlardır. Çalışmada Palas Ovası'nda da yeraltı suyu ve yüzey suyu arasındaki ilişkiyi analiz etmek ve tarımsal su kullanımının Tuzla Gölü'nün hidrolojisi üzerindeki etkilerini analiz etmek için bir ilk olarak bir yeraltı suyu akış modeli geliştirmek için FREEWAT platformu uygulanmıştır.

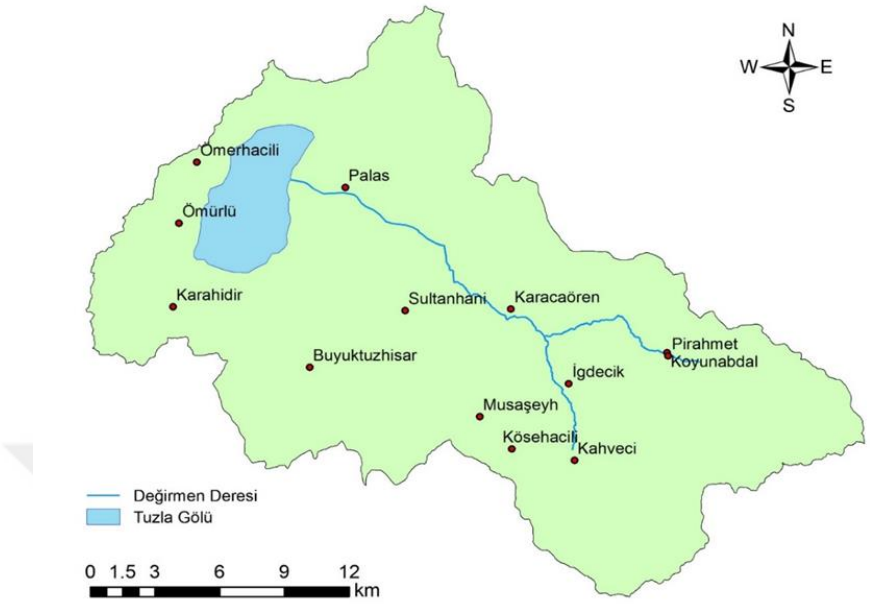
2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

Çalışmada yöntem doğrultusunda esas amaç, bölgede paydaş olarak nitelendirilen katılımcıların bölge yapısının korunmasında yüksek önemi bulunan yeraltı suyu kaynağına olan bakış açılarının belirlenmesi ve bu bakış açısının olası etkilerinin değerlendirilmesidir. Bu amaçla birbirini tamamlayan değişik yöntemler birlikte kullanılmıştır.

Palas Ovası'ndaki yerleşimlerde yürütülen tarımsal faaliyetlere ilişkin bilgiler Palas Ovası'ndaki yerleşimlerin bağlı olduğu Bünyan ve Sarıoğlan İlçe Tarım ve Orman Müdürlükleri'nden temin edilmiştir. Şekil 2-1'de görüldüğü gibi Palas Ovası sınırları içerisinde 14 yerleşim (mahalle) bulunmaktadır.

Çalışma kapsamında geçmiş bilgileri desteklemek ve varsa değişimleri ortaya çıkarmak için çiftçilerle ve devlet kurumları yetkilileri ile görüşmeler yapılmış, özellikle tarımsal uygulamalar konusunda bilgi alınmıştır. Çiftçilerle ve devlet kurumları yetkilileri ile yapılan görüşmelerde veri toplamak amacıyla anket ve bilişsel haritalama yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu yöntemlerle bölge halkının yeraltı suyu kullanıma bakış açısı incelemiştir.



Şekil 2-1: Palas Ovası'nda bulunan yerleşim yerleri

Dinamik sistem modelleme yaklaşımı kullanılarak Palas Ovası'na yeraltı suyu kullanımını simüle eden bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model kullanılarak, su yönetimi ile ilgili geliştirilen senaryoların etkileri değerlendirilmiştir. Yöntem ile ilgili detaylı bilgiler başlıklar halinde açıklanmıştır.

2.1.Anket Çalışması

Anket çalışmasında 14 yerleşimde bölgeyi en iyi tanıdıkları düşünülen ve aynı zamanda çiftçilik ile uğraşan muhtarlar görüşme için seçilmiştir. Görüşmelerde yerleşimlerde hangi ürünlerin yetiştirildiği, ürün seçiminde hangi faktörlerin dikkate alındığı, sulama suyunun nereden temin edildiği, hangi yöntemle sulama yapıldığı, sulamada karşılaşılan sorunların neler olduğu, sulama yöntemi seçiminde hangi faktörlerin dikkate alındığı, gübre ve tarım ilacı seçiminde etkili faktörlerin neler olduğu sorulmuştur. Elde edilen cevaplar tablolar ve şekiller şeklinde düzenlenmiş ve bölgenin tarım açısından genel yapısının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

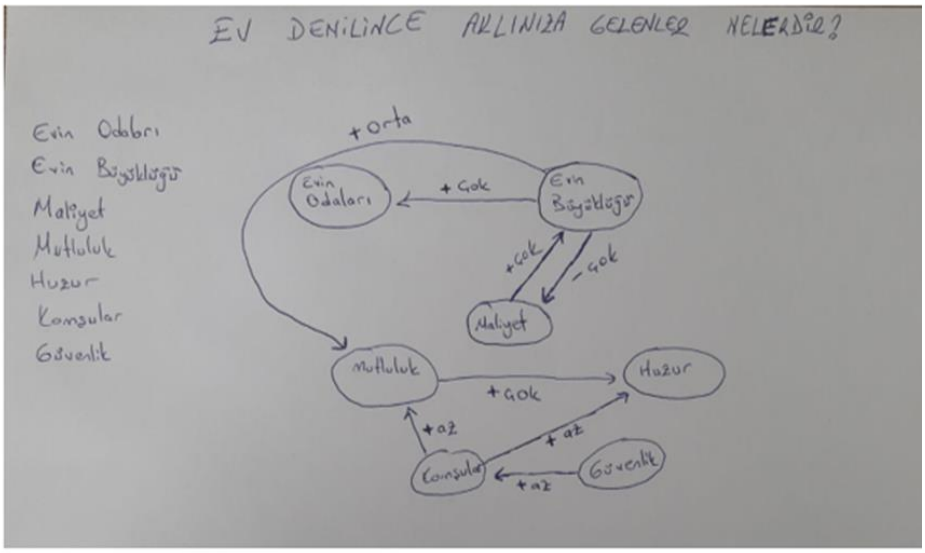
2.2.Bilişsel Haritalama

Bilişsel haritalama sosyal temelli araştırmalarda, davranışların yönelimini ve bu davranışların değişkenleri arasındaki bağlantıları ortaya çıkarmak için kullanılmaktadır. Bilişsel harita, değişkenlerden ve bağlantılardan oluşan neden-sonuç ilişkilerini içeren bir modeldir. Bilişsel haritalama, insanların içinde bulundukları sistemi nasıl anladıklarının ve sistem hakkındaki zihinsel modellerinin nasıl olduğunun ortaya koyar. Bu yaklaşımın ana varsayımı, bireylerin, kısmen gözlemlenen bir dünyanın iç temsilleri olan bilişsel modellere sahip olmasıdır (Malone, 1975). Kosko (1986) ilk defa bilişsel haritaların yapay sinir ağları simülasyonları ve analizlerini yapmış, Özesmi (2000) değişik disiplinlerdeki yaklaşımları sentezleyerek bulanık bilişsel haritalamayı çevre yönetimi için kullanılabilecek bir araç haline getirmiştir. Dadaser (2002) ve Dadaser ve Özesmi (2002) bulanık bilişsel haritalama yaklaşımını çevre yönetiminde uygulamıştır.

Bilişsel haritalama beş aşamada uygulanmıştır: (1) Bilişsel haritaların hazırlanması, (2) Komşuluk Matrislerinin oluşturulması, (3) Grafik Teorisi İndekslerinin hazırlanması, (4) Sosyal Bilişsel Haritaların hazırlanması, (5) Yoğunlaştırılmış Bilişsel Haritaların hazırlanması.

2.2.1. Bilişsel Haritaların Hazırlanması

Bilişsel haritalamaya öncelikle harita çizimi hakkında ilgi gruplarına bilgi verilerek başlanmıştır. Bilişsel haritalamanın temel mantığını ifade eden, konuyla ilgisi bulunmayan ve anlaşılabilir basit bir örnek üzerinde bilişsel haritanın nasıl çizildiği anlatılmıştır. Verilen örnek ve ilgi gruplarına örnek amaçlı gösterilen bilişsel harita Şekil 2-2'de verilmiştir.



Şekil 2-2: Bilişsel haritalama aşamasında katılımcılara gösterilen bilişsel harita örneği

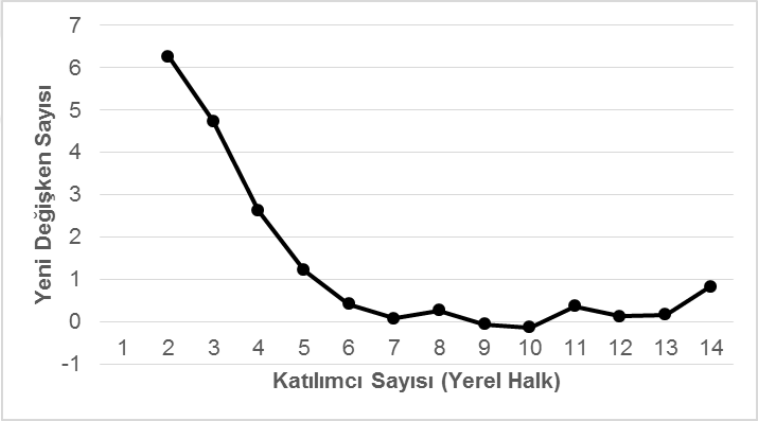
Bu tanıtımın ardından ilgi gruplarına açık uçlu bir soru sorulmuştur. Seçilen soru, 'Palas Ovası'nda tarım denildiğinde aklınıza gelen değişkenler ve bunların bağlantıları nelerdir?' şeklindedir. İlgili kişilerin bütün değişkenleri sıralamasından sonra, değişkenleri daire içine alarak büyük bir kâğıt üzerinde çizmeleri ve aralarındaki bağlantıları göstermeleri istenmiştir. Görüşme yapılan kişiler bağlantıları yönleriyle ve dereceleriyle ifade etmişlerdir. Bu derecelerin (-1, 1) aralığında (-çok, -orta, -az, sıfır, +az, +orta, +çok) ifadeleriyle ilişkilendirmeleri istenmiştir. Bu ifadelerin kodlanan rakamsal ifadesi ise (-1, -0,5, -0.25,0 , +0.25, +0.50, +1) şeklindedir.

Değişken sayıları için doygunluk seviyesinin ölçülmesi gerekmektedir. Bu ölçümde ise Estimates 9.1.0 simülasyonu ile her yeni katılımcı ile eklenen değişkenlerin sayısı ölçülecek ve değişkenlerin doygunluğa ulaşıp ulaşmadığı test edilmiştir.

Yapılan çalışmada seçilen mahallelerde (köy) bölgeyi en iyi tanıyan kişilerin olmasına gayret edilmiştir. Bu nedenle katılımcıların çoğunluğu muhtarlardan oluşmuştur. Ayrıca halktan da seçilen kişilerle bölgede yaşayanlarla 14 görüşme gerçekleştirilmiştir. Görüşmeler neticesinde elde edilen bilişsel haritaların yeni değişken üretme değerleri Şekil 2-3'te verilmiştir. Görüşmeler sonucunda yerel halk kapsamındaki katılımcıların bir önceki kişiye göre yeni değişken üretme sayısı ikinci katılımcıda 6 iken son katılımcıda 1 değerinin altına (0.83) düşmüştür. Yeni değişken sayısının bir değerinin

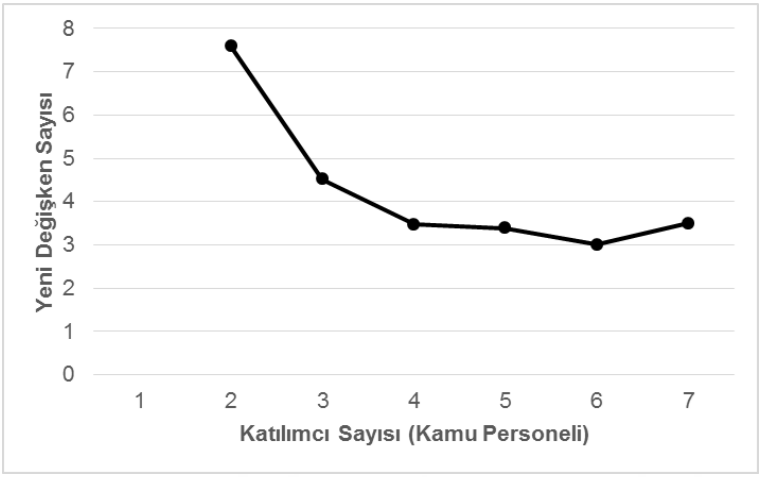
altına düşmesi durumunda anketler yeterli görülmüştür. Ve bu aşamada yerel halk görüşmeleri 14 görüşmede sonlandırılmıştır.

Çalışmanın diğer kısmında bölge ile ilişkili kamu personeli ile bilişsel haritalar hazırlanmıştır. Bu kapsamda Devlet Su İşleri, Sarıoğlan Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, Bünyan Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü ve Milli Parklar İl Müdürlüğü gibi kurumlardan bölge hakkında bilgisi olan personellerle görüşme gerçekleştirilmiştir. Görüşmeler neticesinde üretilen yeni değişkenlerin grafiği Şekil 2-4'te verilmiştir. Kamu personelleri ile görüşmeler sonucunda yeni değişken üretme değeri ikinci katılımcıda 7 iken yapılan son görüşmede 3.49 değerine düşmüştür. Yeni değişken sayısını düşürebilmek için yeni görüşmeler yapılmak istense de, bölge hakkında bilgisi olan çok sayıda devlet memuruna ulaşılamamıştır. Bu nedende toplamda 7 katılımcı ile görüşmeler sonlandırılmıştır.

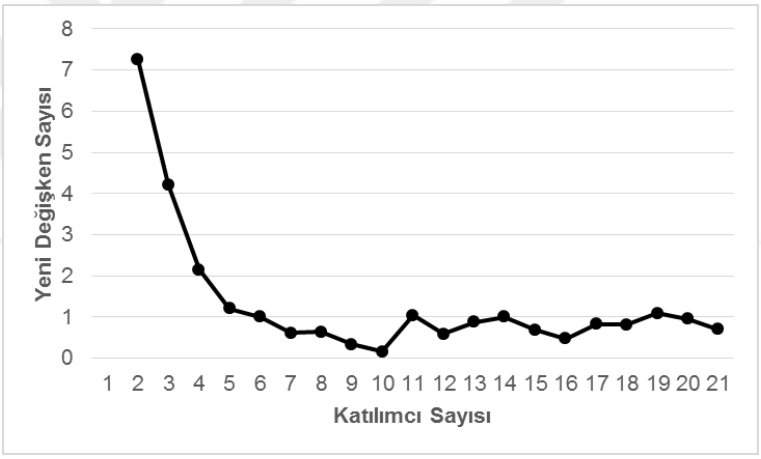


Şekil 2-3: Yerel halk için yapılan bilişsel haritalarda sunulan yeni değişken sayısı

Buna karşılık yerel halk ve kamu personeli grupları birlikte ele alındığında toplamda 21 görüşme yapılmış olup, son katılımcının sunduğu yeni değişken değeri 0.70 olarak hesaplanmıştır. Bu düzeyin Palas Ovası'nda tarımla ilgili temel değişkenleri temsil edecek şekilde olduğu düşünülmektedir. Bütün görüşmeler birlikte ele alındığında her görüşmede eklenen yeni değişken sayısı Tablo 2-5'te verilmiştir.



Şekil 2-4: Kamu personeli için yapılan bilişsel haritalarda sunulan yeni değişken sayısı



Şekil 2-5: Bütün katılımcılar için yapılan bilişsel haritalarda sunulan yeni değişken

2.2.2. Komşuluk Matrislerin Oluşturulması

Bilişsel modeller, birçok bağlantısı olan çok sayıda değişkenleri içeren oluşan karmaşık sistemlerdir. Önce çizilen şekiller haritaların grafik teorisine göre A(D)=[aij] formatında komşuluk matrislerine dönüştürülmüştür (Harary vd., 1965). Bu matriste değişkenler vi dikey ekseninde, vj yatay eksende olmak üzere bir kare matris oluşturacak şekilde listelenmiştir. Eğer vi değişkeni, vj değişkenini azaltıcı yönde etki etkiliyorsa aij noktasına –1 gibi şekilde belirtilen değer girilmiştir, yine aynı şekilde artırıcı etki söz konusu ise değer +1 olarak girilmiştir (Şekil 2-6).

Değişkenler	Evin Odaları	Evin Büyüklüğü	Maliyet	Mutluluk
Evin Odaları	0	1	0	0
Evin Büyüklüğü	1	0	-1	1
Maliyet	0	1	0	0
Mutluluk	0	0	0	0

Şekil 2-6: Oluşturulan bilişsel haritaların kare matris şekline dönüştürülmesi örneği

2.2.3. Grafik Teorisi İndekslerinin Hesaplanması

Komşuluk matrisi kullanılarak bilişsel haritaların yapısını karakterize eden grafik teorisi indeksleri hesaplanmıştır. Bu indeksler hazırlanan matrislerin bazı analitik değerlerinin oluşması sonucu farklı özellikleri yansıtmasını sağlamaktadır. Bilişsel haritalardan elde edilen grafik teorisi indekslerinin değerlendirilmesi aşamasında ise standart istatistiksel yöntemlerden faydalanılmıştır.

Yoğunluk (D), bir bağlantı endeksidir, bu endeks bilişsel haritalardaki bağlantıların ne kadar yoğun veya seyrek olduğunu gösterir. Aşağıdaki yoğunluk eşitliklerinde; (C) bağlantı sayısının, (N) değişkenler arasında mümkün olan maksimum bağlantı sayısına oranı, yoğunluğu vermektedir (Eşitlik 6) (Harary vd., 1965)

$$D = \frac{C}{N(N-1)} veya D = \frac{C}{N^2} \quad (6)$$

Bir diğer endeks olarak alıcı (receiver), verici (transmitter) ve iletici (ordinary) değişkenler ve değerleri hesaplanmıştır (Harary vd., 1965, Bougon vd., 1977, Eden vd., 1992). Bu değişkenler vericilik dereceleri (outdegree) ve alıcılık derecelerine (indegree) göre tanımlanır. Vericilik derecesi veya [od(Vi)] (Eşitlik 7), komşuluk matrisindeki değişkenlerin mutlak değerlerinin satır toplamıdır ve değişkenden çıkan bağlantıların (aij) toplam büyüklüğünü gösterir. Alıcılık derecesi (Eşitlik 8) veya [id(Vi)] ise, komşuluk matrisindeki değişkenlerin mutlak değerlerinin sütun toplamıdır ve değişkene gelen bağlantıların büyüklüğünü gösterir.

$$od(V_i) = \sum_{k-1}^{N} \overline{a_{ik}} \quad (7)$$

$$id(V_i) = \sum_{k-1}^{N} \overline{a_{ki}} \quad (8)$$

Verici değişkenler, satır mutlak değer toplamları, [od(Vi)], sıfırdan farklı ve sütun mutlak toplamları, [id(Vi)], sıfır olan değişkenlerdir. Alıcı değişkenler, satır mutlak değer toplamları, [od(Vi)], sıfır ve sütun mutlak toplamları, [id(Vi)], sıfırdan farklı olan değişkenlerdir. Diğer değişkenler, yani satır ve sütun toplamları sıfır olmayan değişkenler ise iletici değişkenlerdir (Bougon vd., 1977).

Değişkenlerin merkeziyeti satır mutlak değer toplamı (verici) ve sütun mutlak değer toplamının (alıcı) toplamıdır. Değişkenlerin bilişsel haritalara katkısı değişkenlerin merkeziyet derecesi (c) hesaplanarak anlaşılmıştır. Bir değişkenin merkeziyeti (c) (Eşitlik 9), değişkenin toplam derecesi [td(vi)] olarak ta adlandırılır (Harary vd., 1965).

$$C_i = td(V_i) = od(V_i) + id(V_i) \quad (9)$$

Bilişsel haritalardaki alıcı değişkenlerin toplam sayısı karmaşıklık hesabında kullanılmıştır. Çok sayıda alıcı değişkenler, bilişsel haritaların sonucunu ve beklentilerini gösterir (Eden vd., 1992). Diğer yandan verici değişkenler tepeden

aşağıya bir düşünce sistemini yanı "resmi-hiyerarşik" sistemi gösterir (Simon, 1996). Ayrıca bilişsel haritalar karmaşıklık anlamında alıcı/verici değişken oranı ile de karşılaştırılmıştır (Özesmi, 2000).

Bilişsel haritaların diğer bir yapısal değerlendirme aracı da hiyerarşi endeksidir(h) (Eşitlik 10), (MacDonald, 1983). Burada N toplam değişken sayısıdır. h değeri 1'e eşit olduğunda haritanın tamamen hiyerarşik, h değerinin 0'a eşit olduğunda ise sistemin tamamen demokratik olduğu söylenebilir.

$$h = \frac{12}{(N-1)N(N+1)} \sum_i [od(v_i) - (\sum od(v_i))/N]^2 \qquad (10)$$

2.2.4. Sosyal Bilişsel Haritaların Hazırlanması

Sosyal bilişsel haritaları elde etmek için bireysel haritalara ait matrislerin toplanması yöntemi kullanılmıştır (Kosko, 1986). Bu toplamda farklı işarete sahip bağlantılar birbirlerini yok ederken, aynı işarete sahip bağlantılar daha da güçlenmekte, haritalar aynı zamanda değişik kişilerce ifade edilen değişkenlerle zenginleşmektedir (Özesmi, 2000). Sonuç olarak katılımcıların ifade ettikleri değişkenler tek bir haritada toplanıp genel durum ortaya çıkarılmıştır.

2.2.5. Yoğunlaştırılmış Bilişsel Haritaların Hazırlanması

Bilişsel haritalar genel olarak birbirinden farklı birçok değişkeni bulundurduğundan görsel değerlendirilmeleri zordur. Bu yönden bilişsel haritaları yoğunlaştırılmış ve böylece bu karmaşık sistemleri görsel açıdan daha anlaşılır hale gelmiştir. Yoğunlaştırma, alt birimleri (birbiriyle bağlantılı değişkenler içeren grup) tek bir birim haline getirmektir (Harary vd., 1965). Bu yöntemle elde edilmiş bilişsel haritalar daha basit ve anlaşılır hale gelmiştir. Değişkenler arasındaki bağlantıların ağırlıkları, nedensel ilişkileri ve ilgi grubu benzerliklerini ve farklılıklarını ortaya koymaktadır (Özesmi, 2000).

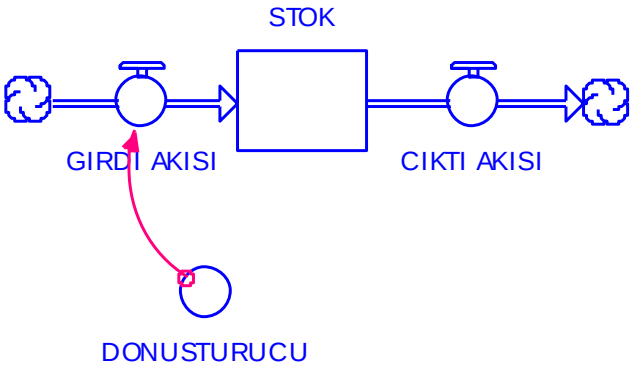
2.3.Dinamik Sistem Modelleme Yaklaşımı

Dinamik sistem modelleri işleyiş halindeki bir sistemin matematiksel olarak formüle edilmesi ve ardından bu formüllere dayanılarak sistemin davranışının simüle

edilmesiyle elde edilen modellerdir. Bu modeller çevresel sistemlerin herhangi bir andaki durumunun ve dinamiklerinin daha iyi anlaşılmasını ve çevresel sistemlerin gelecekteki durumuyla ilişkili tahminler yapılmasını sağlar. Yeraltı suyu sistemlerini ve doğal birçok sistemi anlamak için dinamik sistem modellemesi yaklaşımından yararlanılabilir (Deaton ve Winebrake, 1999, Sterman ve Rahmandad, 2013).

Çalışmada dinamik sistem modellemesi STELLA programı kullanılarak yapılmıştır. STELLA gibi modelleme uygulamaları karmaşık doğal sistemleri basite indirgeyerek sistem işleyişini ve sistemin yönelimini anlamamıza yardımcı olan araçlardır (Bice, 2006). Birçok dinamik sistem modelleme işleminde STELLA uygulamasının başarılı sonuçlar verdiği bilinmektedir (Deaton ve Winebrake, 1999, Costanza ve Voinov, 2001).

STELLA uygulamasında sistem, Stok (Reservoirs), Akış (Processes), Dönüştürücü (Converters) ve İçsel Bağlantılar (Interrelationships) içeren birimler topluluğudur (Şekil 2-7). Stok, herhangi bir maddenin biriktiği, saklandığı ve potansiyel olarak sistemde yer alan başka bir birime iletildiği bir tür depo olarak tanımlanabilir. Akış, stok değişkeninde zamanla meydana gelen değişimleri belirleyen sürekli faaliyetler olarak tanımlanabilir. Akış değişkeni iki türlüdür. Diğer bir ifadeyle, akış değişkenleri maddeyi bir stoktan diğerine taşımaktadır. Girdi akışı, stokta artma meydana getiren akış türü, çıktı akışı – stokta azalma meydana getiren akış türü olacak tanımlanabilir. Dönüştürücü, faaliyetlerin hızını ve dolayısıyla stoktaki değişim hızını belirleyen değişkenler olarak tanımlanabilir. İçsel bağlantılar, sistemin bütün bileşenleri arasındaki ilişkileri ifade etmek için kullanılan matematiksek ifadeler olarak tanımlanabilir.



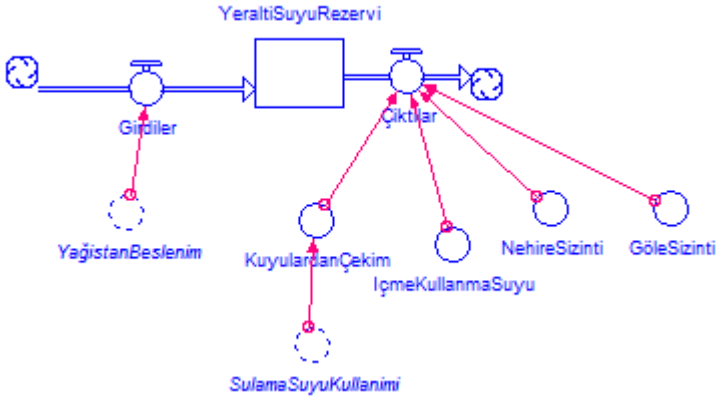
Şekil 2-7: Stella modelinin bileşenleri

Bu çalışma kapsamında geliştirilen dinamik sistem modeli üç alt modelden oluşmaktadır. Birinci alt model Palas Ovası'ndaki yeraltı suyu sistemini ve bu sistemin girdi ve çıktılarını gösteren **Yeraltı Suyu Sistemi Alt Modeli**, ikinci alt model Palas Ovası'nda tarımsal su kullanımı simüle eden **Tarım Sistemi Alt Modeli** ve üçüncü olarak da daha önceki aşamadan hareketle gerçekleştirilen bilişsel haritalama verilerinin eklenerek bölgedeki hidrolojik, sosyal ve ekonomik durumun yansıtıldığı **Sosyokonomik Sistem Alt Modeli'dir**. Bu üç alt modelin birleşmesiyle oluşan model, bölgedeki sosyoekonomik yapıyı ve tarımsal uygulamaları dikkate alarak yeraltı suyu sistemindeki değişimi yansıtmış olacaktır. Modelin kavramsal ve matematiksel temelleri ve kabul edilen varsayımlar alt başlıklar şeklinde ifade edilmiştir.

2.3.1. Yeraltı Suyu Sistemi Alt Modeli

Yeraltı suyu sistemi alt modeli Palas Ovası'ndaki yeraltı suyu rezervinin değişimlerini simüle etmektedir. Bu amaçla öncelikle Palas Ovası'nda yeraltı suyu rezervini etkileyen girdi ve çıktılar belirlenmiştir.

Palas Ovası'nda yeraltı suyu girdileri yağıştan beslenim yani yüzeye düşen yağışın yeraltı suyuna sızmasını içermektedir. Yeraltı suyu çıktıları ise Tuzla Gölü'ne sızıntı, Değirmen Deresi'ne sızıntı ve kuyulardan çekimi içermektedir (Dadaser-Celik ve Celik, 2017). Yeraltı suyu modelinin genel yapısı Şekil 2-8'de sunulmaktadır.



Şekil 2-8: Yeraltı suyu sistemi kavramsal modeli

Yeraltı suyu modeli matematiksel yapısı ise Eşitlik 11, 12 ve 13'te sunulmaktadır.

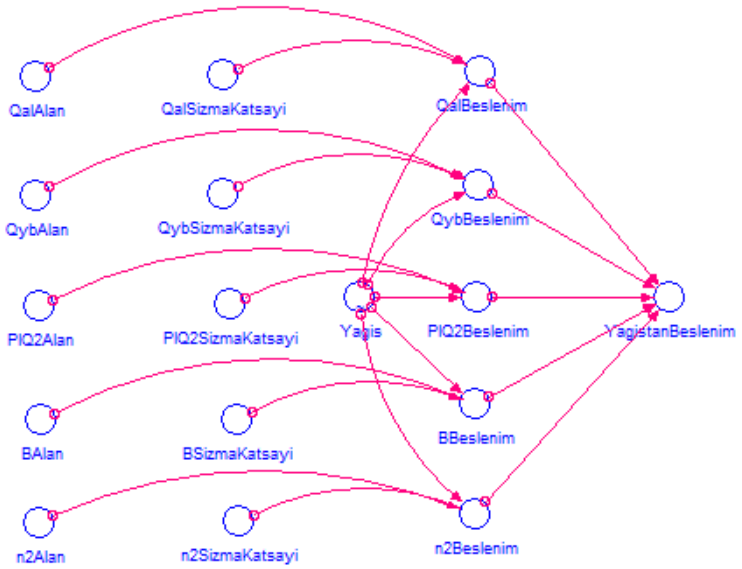
$$\Delta GW = I - O \quad (11)$$

$$I = R \quad (12)$$

$$O = P + LO + RO \quad (13)$$

Eşitlik 11, 12 ve 13'te, ΔGW yeraltı suyu rezervindeki değişimi (m^3/ay), I, yeraltı suyu sistemine ulaşan girdileri (m^3/ay), O ise yeraltı suyu sisteminden çıktıları (m^3/ay) ifade etmektedir. R yağıştan beslenimi (m^3/ay), P kuyulardan çekimi (m^3/ay), LO göle sızıntıyı (m^3/ay) ve RO ise derece sızıntıyı (m^3/ay) göstermektedir.

Eşitlik 11'de yer alan yağıştan beslenimi tahmin etmek için bölgeye düşen yağış ve bölgenin hidrojeolojik yapısı dikkate alınmıştır (Şekil 2-9). Aylık toplam yağış verileri 2000-2018 dönemi için ovaya en yakın meteoroloji istasyonu olan Kayseri (Merkez) Meteoroloji İstasyonu'ndan temin edilmiştir. Palas Ovası'nda farklı litolojilerden sızma miktarlarının farklı olacağını kabul ederek toplam yağıştan beslenim tespit edilmiştir. Tablo 2-1'deki Palas Ovası'ndaki litolojik alan dağılımları ve kapladıkları alanlar gösterilmektedir. Her bir alandan gerçekleşen sızma oranları da tabloda sunulmaktadır.



Şekil 2-9: Yeraltı suyu beslenimi kavramsal modeli

Bu kavramsal modelin matematiksel alt yapısı ise şöyledir.

$$R = \sum(A_i * P * I_i)/1000 \quad (14)$$

Eşitlik 14'te, R yağıştan beslenimi (m^3/ay), A_i ise ilgili litolojik kategorinin alanı (m^2), P ise alana düşen ortalama aylık yağış (m/ay), I_i ise her bir litolojik kategorinin sızma katsayısını ifade edilmektedir.

Yeraltı suyu çıktılarına ait bilgiler bölgede daha önce tarafından yürütülen çalışmalardan alınmıştır. Dadaser-Celik ve Celik (2017) bölge için bir yeraltı suyu akış modeli geliştirmiş ve mevcut durum ve karar koşullar altında yeraltı suyundan nehre sızıntıyı değişkeni 2.25 hm^3/yıl ve göle sızıntıyı ise 1.53 hm^3/yıl olarak tahmin etmişlerdir. Bu çalışmada da nehre ve göle sızıntı benzer şekilde kabul edilmiştir. Ayrıca bu değerlerin yıl içinde düzgün dağıldığı kabul edilmiştir. Yeraltı suyu seviye değişimleri dolayısıyla nehre ve göle sızıntının bir miktar değişebilmesi mümkündür. Ancak bu çalışmada bu değişim ihmal edilmiştir.

Tablo 2-1: Palas Ovası'nda litolojik alan dağılımları ve sızma katsayıları (DOLSAR, 2015)

Litolojik Sınıf	Alan (km^2)	Litolojik Sızma Kaysayısı
Kuvaterner, Alüvyon	105.18	0.15
Kuvaterner, Yamaç Birikimi	9.15	0.05
Pliyo-Kuvaterner, Çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı	5.62	0.10
Neojen, Bazalt	2.27	0.10
Neojen, Ayrılmamış Neojen yaşlı karasal çökeller	15.99	0.05
Eosen, Fliş	59.64	0
Mesozoyik, Fliş	5.80	0
Mesozoyik, Olifiyolitik Melanj	0.13	0

Bölgede en önemli yeraltı suyu çıktısı model için tarım amaçlı kuyulardan yeraltı suyu çekimidir. Yeraltı suyu çekimi Tarım Sistemi Alt Modeli içinde tahmin edilmiştir. Bu tahminle ilgili ayrıntılar bir sonraki bölümde sunulmaktadır.

Yeraltı suyu rezervindeki değişim yanında yeraltı suyu seviyesindeki değişim de model kapsamında hesaplanmaktadır. Bu hesaplama Eşitlik 15'e göre yapılmıştır (Howle vd., 2003, Gehman vd., 2009).

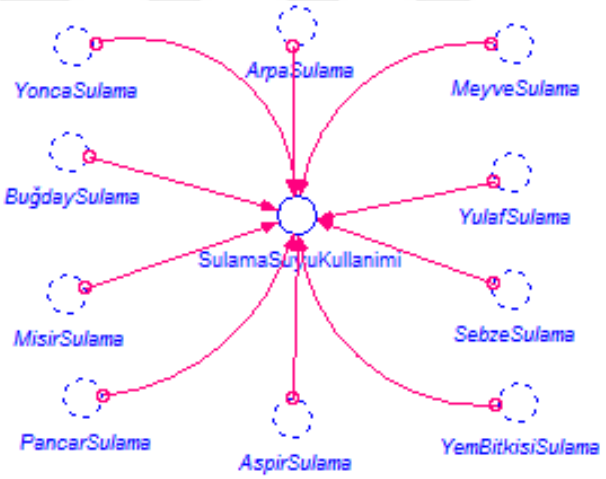
$$\Delta d = \frac{\Delta GW}{q * A} \qquad (15)$$

Eşitlik 15'te ΔD, derinlik değişimini (m) ifade etmektedir. ΔGW yeraltı suyu rezervindeki değişim, A aquifer alanı (km^2) ve q değişkeni ise akiferin özgül verimini temsil etmektedir.

ΔGW yukarıda açıklandığı gibi girdiler ve çıktılar arasındaki farka göre aylık olarak hesaplanmaktadır. Ancak alüvyal akiferlerin özgül verimi ile ilgili yapılan genel çalışmalarda belirli aralıklar belirli litolojik oluşumlara tanımlanmıştır. Bu çalışmada ihtiyaç duyulan özgül verim değişkeni alüvyal kategorideki alanın ortalamaya yakın seçilerek o değer kabul edilmiştir. Kabul edilen değer 0.20 olarak belirlenmiştir (Gehman vd., 2009).

2.3.2. Tarım Sistemi Alt Modeli

Tarım sistemi alt modelinde yeraltı suyu rezervinden sulama amacıyla çekilen su miktarları simüle edilmektedir. Bu aşamada belirtilen model, bölgede yetiştirilen ve sulaması yapılan ürünlerden şeker pancarı başta olmak üzere, mısır, sebze, meyve, yem bitkisi, yonca ürün kategorileri için ayrı ayrı hesaplama yapmaktadır. Bölgede daha fazla çeşit ürün yetiştirilmektedir, ancak arpa, buğday, vb. gibi ürünler Palas Ovası'nda genellikle susuz koşullarda yetiştirilmektedir. Tarım sistemi alt modelinde uygulanan kavramsal model Şekil 2-10'da gösterilmektedir ve 2.11'de pancar bitkisi özelinde sulama suyu ihtiyacının nasıl hesaplandığı sunulmuştur.



Şekil 2-10: Tarım Sistemi kavramsal modeli

Kullanılan sulama suyu miktarları hesaplamasında yetiştirilen ürünlerin su ihtiyacı dikkate alınmaktadır. Bu amaçla öncelikle Penman-Monteith yöntemi (Allen vd., 2006) yardımıyla potansiyel evapotranspirayon değerleri Kayseri Meteoroloji istasyonundan alınan sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr hızı ve güneş radyasyonu verileri kullanılarak tespit edilmiştir. Her bitki türü için su ihtiyacı hesaplaması bitki katsayılarını (Istanbulluoglu vd., 2002) dikkate alarak yapılmıştır (Howell ve Evett, 2004, Allen vd., 2006). Bitki

katsayıları aynı zamanda bitkilerin bulundukları büyüme dönemlerini dikkate alarak yıl içine değişken hale getirilmiştir. Tablo 2.2'de bitkiler için yetişme dönemleri ve seçilen bitki katsayıları sunulmaktadır. Belirtilen katsayılar ve periyotların kabul edilmesinin ardından Kc katsayıları aylık olarak değerlendirilerek bazı ara dönem ayları için Kc katsayıları dönemdeki gün sayısının aya olan oranında etki göstermiştir.

Tablo 2-2: Bitkilerin yetişme periyot gün sayıları ve dönemlik Kc katsayıları (Allen vd., 1998)

		Yetişme Dönemi			
Bitki Türü		Başlangıç	Büyüme	Orta	Geç
Şeker Pancarı	Gün	25	35	50	50
	Kc	0.35	0.35	1.2	0.705
Mısır	Gün	20	25	25	10
	Kc	1.15	1.15	1.05	1.5
Sebze	Gün	30	35	50	30
	Kc	0	0	1.2	0.35
Meyve	Gün	25	35	40	20
	Kc	0	0	1.05	0.75
Yonca	Gün	10	30	25	10
	Kc	0.4	0.4	0.95	0.9
Yem Bitkisi	Gün	20	25	25	10
	Kc	0	0	1.2	0.35

Ek olarak sulama suyu hesabında araziye düşen yağış, perkolasyon ve yüzey akışına dönüşebileceği için direkt olarak yağışın etkisinden bahsedememekteyiz. Ancak etkili yağış olarak nitelendirilen yağış bitki örtüsüyle ilişkilendirilerek sulama suyu hesaplamaları yapılmaktadır (Allen vd., 2006). Bu noktada etkili yağış hesaplamasında farklı matematiksel modeller devreye girmiştir. Bu formüller (16) ve (17) numaralı eşitliklerle ifade edilmektedir.

$$P \leq 75 \text{ ise } EP = (0.6*P) - 10 \quad (16)$$

$$P > 75 \text{ ise } EP = (0.8*P) - 10 \quad (17)$$

Formüllerde P aylık yağışı ve EP ise aylık etkili yağışı ifade etmektedir. Yağış yüksekliği aylık olarak 75 mm/ay değerine küçük eşit ise 16 numaralı eşitlik yoluyla, 75

mm/ay değerinden büyükse 17 numaralı eşitlik yoluyla etkili yağış hesaplaması yapılmaktadır.

Her bir tarım ürünü için sulama dönemi (Mayıs-Eylül) evapotranspirasyon değeri hesaplandıktan sonra aylık olarak sulama suyu ihtiyaçları belirlenmiştir. Bu amaçla sulama karar mekanizması oluşturulmuştur. Bu aşamada iki önemli husus ön plana çıkmaktadır. Bunlardan ilki yağış ve buharlaşma arasındaki farktan faydalanarak su bolluğu veya su kıtlığı durumlarının ayrımı sonucunda, sulama yapılıp yapılmaması kararıdır. İkinci önemli husus ise mahsul verim tepki faktörü (Turner vd., 2019) olarak bilinen ürün verimi ile sulama oranı arasındaki öncelik dağılımını ifade eden bir katsayının belirlenmesidir.

İlk hususta karşımıza çıkan karar mekanizması iki farklı durumda gerçekleşmektedir. Bahsedilen iki durum 18 ve 19 numaralı eşitliklerde ifade edilmiştir.

$$\sum ETbitki < EP \rightarrow \text{“Sulama Yapma”} \quad (18)$$

$$\sum ETbitki > EP \rightarrow \text{“Sulama Yap”} \quad (19)$$

Bu iki denkleme göre, eğer bitki yetişmesini içeren ayda bölgedeki yağış, ET değerinden fazla ise sulama yapılmayacak zira yağış su ihtiyacını fazlasıyla karşılayacaktır. Ancak tam tersi durumda ET değeri bitki yetişme döneminde düşen yağıştan fazla ise bölgede bitki için yeterli su bulunmadığından, belirlenen ürünler için sulama gerçekleştirilecektir. 18 ve 19 no’lu eşitliklerdeki şart gerçekleşirse, oluşacak sulama ihtiyacı formülü şu şekildedir;

$$BS\dot{I} = A*(\sum ETbitki-P) \quad (20)$$

20 numaralı eşitliğe göre bitkinin su ihtiyacı genel olarak hesaplanmaktadır. Bu denklemde BSİ, bitkinin aylık sulama suyu ihtiyacı (mm/ay), A değişkeni yetiştirilen bitki türünün bölgede kapladığı alan (m^2) olarak ifade edilmektedir. ETbitki bitki için aylık evapotranspirasyonu (mm/ay), P bölgede o ay için düşen aylık yağışı (mm/yıl) temsil etmektedir.

İkinci husus olan mahsul verim tepki faktörünün (Turner vd., 2019) modeldeki yerini belirtmek gerekirse, bu faktör, ürün çeşitliliğinin sulama durumuna göre verdiği verim tepkisini ifade etmektedir. Verim tepkisine göre sulama faaliyetlerinde de değişimler söz konusu olmaktadır (Doorenbos ve Kassam, 1979). Örneğin sebze, meyve ve yonca gibi ürünler sulama karşısında verim olarak daha yüksek oranda tepki gösterirken, pancar, mısır gibi ürünler sulama karşısında diğer ürünlere nazaran daha düşük oranda tepki göstermektedir. Haliyle böyle bir durumda bazı ürünler için verime bağlı olarak veya ulaşılmak istenen verime göre ürünlerde sulama azaltması veya sulama artışı gerçekleştirilmektedir. Modelin gerçeği daha fazla yansıtması adına bu karar mekanizmasını da modele eklemek gerekmektedir. Mahsul verim tepki faktörünün (Turner vd., 2019) matematiksel yapısı ise şu şekildedir (Stewart vd., 1977):

$$\frac{Y}{Y_m} = 1 - ky*\left(1-\frac{ET}{ET_m}\right) \quad (21)$$

Burada Ym maksimum ürün verimi (t/ha), Y sulama eksikliği etkisindeki yetiştirilen ürün miktarı (t/ha), ETm maksimum evapotranspirasyon (mm/ay), ET ise sulama eksikliği altındaki evapotranspirasyon (mm/ay) ve son olarak ky mahsul verim tepki faktörü şeklinde ifade edilmiştir. Denklemde yer alan ky değeri ürün çeşidine, sulama sistemine, ürünün yetiştiği bölgeye göre bazı faktörler etkisinde değişim gösterebilmektedir. Literatürden çalışma alanına en yakın ve sulama yöntemine eşdeğer yöntemlerle yapılan çalışmalardan ky değerleri seçilmiştir. Seçilen bu değerler Tablo 2-3'te ifade edilmiştir.

Tablo 2-3: Literatürden seçilen mahsul verim faktörleri

Ürün	Ky	Çalışma Alanı	Referans
Pancar	0.93	Konya,Türkiye	(Topak vd., 2011)
Yem Bitkisi	1.51	Erzurum,Türkiye	(Kiziloglu vd., 2009)
Mısır	0.76	Tekirdağ,Türkiye	(Istanbulluoglu vd., 2002)
Sebze	1.59	Bursa,Türkiye	(Kuşçu vd., 2014)
Meyve	1.27	Tekirdağ,Türkiye	(Erdem ve Yuksel, 2003)
Yonca	1.33	Erzurum,Türkiye	(Kuslu vd., 2010)

Ky katsayıları ve Ym, ETm değerleri vasıtasıyla her bitki çeşidi için sulama eksikliğinde yetiştirilen ürün hesaplaması yapılmıştır. Bu hesapta her ürün için sulama eksikliği oranının çeşitli varyasyonları denenmiş fakat gerçek ürün miktarlarına en yakın değerin %74 olduğu görülmüştür. Bu sebeple ET/ET_m değerinin mevcut koşullarda %74 olduğu varsayımı yapılmıştır. Modele eklenen bu durum ile birlikte yeni sulama suyu ihtiyacı değeri hesaplanarak bir sonraki adım için son halini almıştır.

2.3.3. Sosyoekonomik Sistem Alt Modeli

Sosyoekonomik modelleme aşamasında tarım ve hidrolojik modellerden edinilen çıktı değerlerinden hareketle ekonomik kazançlar ve giderler modellenmiştir. Bölgedeki tarım faaliyetleri kapsamında maliyet gideri olarak yeraltı suyu çekilmesi aşamasında pompa kullanımı neticesindeki elektrik harcaması ve bundan doğan maliyet dikkate alınmaktadır. Sulama maliyeti dışında gübreleme, ilaçlama, sürüm, işçilik vs. gibi aşamaların da maliyeti mevcuttur. Ancak bu çalışmada sulama suyu değişimlerine odaklanıldığı ve kullanılan sulama suyundaki değişimin bu maliyetleri etkilemeyeceği varsayımı yapılarak, bu çalışmada ihmal edilmiştir. Tarım faaliyetlerinde gelir oluşturan kategori ise yetiştirilen ürünlerin satılmasıyla elde edilen gelir verileridir. Bu noktada kullanılan matematiksel modeller ve kavramsal modeller aşağıda açıklanmıştır.

Tarımsal faaliyetlerden elde edilen geliri bulmak için her bir üründen alınan verim ve ürünün satış fiyatı kullanılmıştır. Yetiştirilen tarım ürünleri için birim satış fiyatları Türkiye İstatistik Kurumu'ndan 2019 yılı için temin edilmiştir. Ürün çeşidine göre kabul edilen satış fiyatları Tablo 2-4'te sunulmuştur.

Tablo 2-4: Modelde incelenen ürünlerin birim kg başına 2019 yılı satış fiyatları

Ürün Çeşidi	Satış Fiyatı (TL/kg)
Pancar	0.24
Mısır	1.02
Yonca	0.81
Sebze	1.95
Meyve	0.90
Yem Bitkisi	0.81
Yulaf	1.22
Buğday	1.22

Arpa	1.07
Aspir	1.72

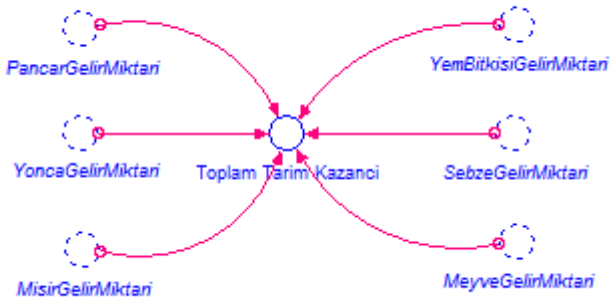
İlk etapta yetiştirilen ürün miktarları kilogram/dekar (kg/da) cinsinden hesaplanmıştır. Güncel ürün miktarları hesabında bir önceki alt modelde Eşitlik-21'de verilen bağıntı kullanılarak eksik sulama faktörü hesabı yapılmış ve en uygun değer olan %70 oranında sulama yapılması ifade edilmiştir. Buradan hareketle eksik sulama faktörü etkisindeki sulama suyu ihtiyacı buharlaşma verisi üzerinden hesaplanarak Eşitlik-21'de ifade edilen bağıntıda güncel ürün miktarı ifadesi hesaplanmıştır. Denklemde maksimum buharlaşma, eksik sulama sonucu oluşan güncel ihtiyacın oluşturduğu buharlaşma, ürünler bazında sulama aktivitesine verilen yanıtın oluşturduğu katsayı ve maksimum verim daha önce ifade edilen ve bilinen değişkenlerdendir. Denklemde bilinmeyen olarak güncel ürün miktarı ise hesaplanmıştır.

Güncel ürün miktarı hesaplaması yapıldıktan sonra bölgede üretilen toplam ürün ağırlığı bilindiği için her ürünün ülkede belirtilen satış fiyatı ele alınarak tamamının aynı fiyattan satıldığı ve satış fiyatlarının enflasyon değişimlerinden etkilenmediği varsayılarak bir gelir hesaplaması yapılmıştır. Bu hesaplama ile ilgili matematiksel formüller eşitlik (22) ve (23)'te verilmiştir.

Güncel Pancar Ürün Miktarı*Pancar Yetişme Alanı = Pancar Üretim Miktarı (22)

Pancar Üretim Miktarı*Pancar Satış Fiyatı = Pancar Ürününün Getirdiği Gelir (23)

Bu hesaplamalardan daha sonra ise bölgedeki tüm ürünlerin getirdiği gelir toplanmıştır. Bölgenin bütün geliri ile alakalı kavramsal model ise Şekil 2-11'de verilmiştir.



Şekil 2-11: Bölgenin bütün ürünlerinin oluşturduğu gelir modeli

Bu alt modelin bir diğer aşaması ise tarım ürünlerinin yetiştirilmesi noktasında harcanan giderlerin hesaplanmasıdır. Burada belirli seviyeden çekilen su pompalarının harcadığı elektrik miktarı ve bu miktarların oluşturduğu gider değerleri hesaplanmıştır. Bu altmodel için ayrıca seviye değişimleri dinamik hale getirilmiştir. Yani kullanılan sulama suyu değişimlerine göre yeraltı sularının bulunduğu akiferdeki seviye değişimleri sistematik olarak hesaplanarak elektrik kullanımından doğan maliyet değerleri seviye değişimlerine bağlı değişken durumdadır.

Burada derinlik değeri ise bölgede kullanılan pompa gücünden hareketle bulunmuştur. Bölge çiftçilerinden edinilen bilgilerden hareketle 10 hp gücünde pompa yeraltı suyu çekilmesinde kullanıldığı anlaşılmış olup devamında pompa kataloglarından teknik olarak çekim yapabileceği ortalama debi değeri modelde kullanılmıştır. Bütün bu bilgilerden sonra güncel yeraltı suyu seviyesini gözlemlemek için denklem 15'te hesaplanan seviye değişimi ile başlangıç seviyesinden itibaren aylık olarak seviye değişimi modellenmiştir. Bu seviye değişimleri daha sonra yeraltı suyu çekiminde elektrik maliyetinde etkin rol oynayan değişken olarak ön plana çıkacaktır.

Burada daha sonraki model aşaması ise tarım ürünleri özelinde sulama aktivitesinde elektik harcamasının hesaplanmasıdır. Bu aşamada elektrik kullanımı ile ilgili empirik modeller devreye girmektedir. Kullanılan bu formülden bahsetmek gerekirse (Anonim, 2009);

$$C = 0.746*Q*h*c / (3960*\mu_p*\mu_m) \quad (24)$$

Bu denklemde, C değişkeni yeraltı suyu çekilmesi aşamasında oluşan maliyet ve birimi TL/saat, Q değişkeni kullanılan sulama suyu debisi ve birimi Galon/saat, h değişkeni bir önceki aşamada bulunan pompanın inebileceği maksimum yükseklik ve birimi feet, c ise birim elektrik maliyeti olmakla birlikte birimi TL/kwh ve μ_p ile μ_m değişkenleri ise sırasıyla yeraltı suyu pompalama verimi ve motor verimi şeklindedir.

Bu aşamada Q ve h değerleri modelde dinamik olarak hesaplanırken, c değeri Kayseri ve Civarı Elektrik Tüketim AŞ veri tabanlarından alınan 2019 yılı için elektrik birim fiyatları kullanılmıştır. Ve birim elektrik miktarı 0.00634656 TL/kWh olarak modele girilmiştir. Ayrıca pompalama verimi 0.90 olarak ve motor verimi de 0.60 olarak teknik bilgilerden tespit edilerek modele girilmiştir. Daha sonra her ürün için maliyet değerleri hesaplanarak bölge için toplam bir maliyet değeri hesaplanmıştır. Bu değer aylık değerlerden hareketle hesaplanarak yıllık maliyet harcaması şekline çevrilmiştir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1.Palas Ovası'nda Tarımsal Faaliyetler

Kayseri'de bulunan Palas Ovası sınırları içerisinde Bünyan ve Sarıoğlan İlçelerine bağlı yerleşimler (mahalle veya köy) yer almaktadır. Bu yerleşim yerleri için 2014-2018 dönemi nüfus bilgileri Tablo 3-1'de yer almaktadır. 2014-2018 döneminde bölge nüfusunda önemli bir değişim görülmemiştir. 2018 yılında Palas Ovası'nda toplam 9190 kişi yaşamaktadır.

Palas Ovası'nda Sarıoğlan İlçesi'ne bağlı 5 yerleşim yeri ve Bünyan İlçesi'ne bağlı da 9 yerleşim yeri bulunmaktadır (Tablo 3-1). Bölgede temel geçim kaynaklarını tarım, hayvancılık ve az miktarda tuz çıkarımı oluşturmaktadır.

3.1.1. Ürün Deseni Yapısı ve Bitki Örtüsü Alanları Dağılımları

Bölgedeki bitki deseni hakkında bilgiler Bünyan ve Sarıoğlan Tarım ve Orman Müdürlükleri'nden alınmıştır. Çalışmada incelenen alanlar için yerleşimler bazında bitki deseni Tablo 3-2'de gösterilmektedir. Bölgedeki bitki deseni genel olarak arpa, buğday, yonca, şeker pancarı ve hayvan yemi (mısır vb.) şeklindedir. Bölgede en çok yetiştirilen ürünler arpa ve buğday iken üçüncü sırada yetiştirilen ürün şeker pancarıdır.

Tablo 3-1: Palas Ovası'nda yapılan çalışma kapsamında mevcut yerleşim yerleri

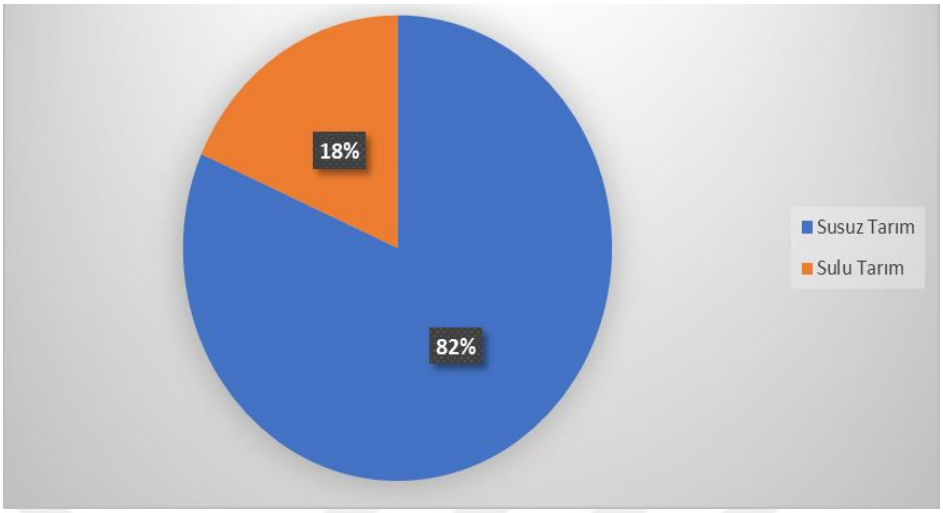
No	Yerleşim Adı	İlçe	2014	2015	2016	2017	2018
1	Ömürlü	Sarıoglan	59	57	56	58	133
2	Ömerhacili	Sarıoglan	126	135	141	173	262
3	Palas	Sarıoglan	4136	4106	3439	3390	3703
4	Uzerlik	Sarıoglan	411	398	403	482	482
5	Ilıca	Sarıoglan	-	-	701	759	709
6	Karahidir	Bunyan	217	219	211	211	227
7	Buyuktuzhisar	Bunyan	1531	1465	1407	1384	1419
8	Sultanhani	Bunyan	289	257	229	222	373
9	Musaşeyh	Bunyan	33	29	27	33	36
10	Kösehacili	Bunyan	53	51	44	52	94
11	Kahveci	Bunyan	304	312	307	298	361
12	İgdecik	Bunyan	282	277	261	265	296
13	Koyunabdal	Bunyan	1052	1023	611	556	890
14	Karacaören	Bünyan	189	180	182	205	205

Tablo 3-2: Palas Ovası için yerleşim yerlerine ait ürün deseni dekar dağılımları

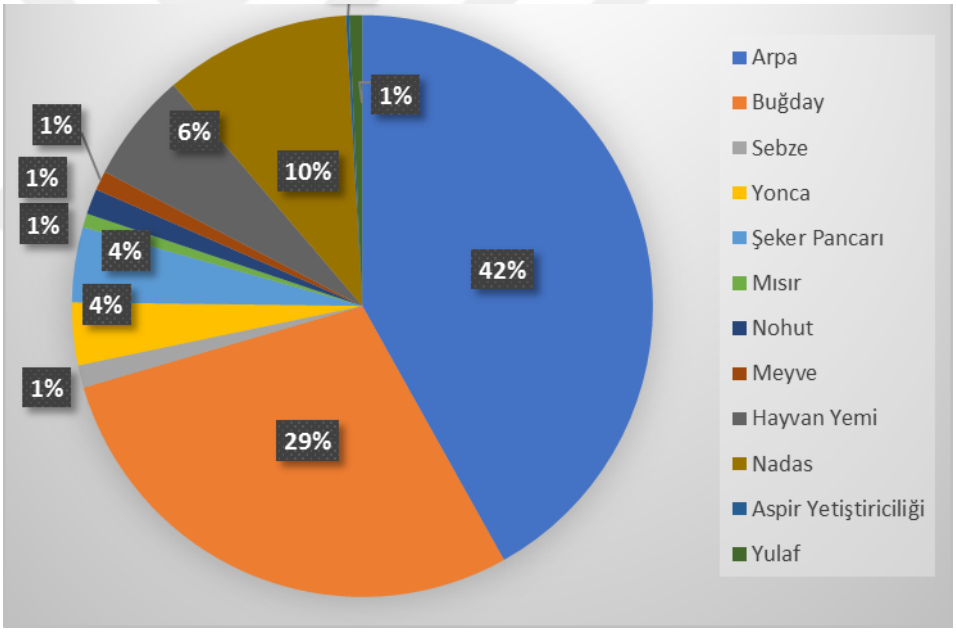
Yerleşim Yeri	Arpa	Buğday	Sebze	Yonca	Şeker Pancarı	Mısır	Nohut	Meyve	Hayvan Yemi	Nadas	Aspir	Yulaf	Diğer	Boş Arazi	Toplam
Ömürlü	93	489	27	26	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	660
Ömerhacılı	984	1028	0	0	0	117	0	0	0	0	0	0	0	0	2129
Palas - Ilıca	12760	6492	0	1325	706	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21283
Üzerlik	1465	4305	0	0	62	0	90	0	0	0	0	0	0	0	5922
Karahidir	718	202	94	148	536	7	0	172	106	265	0	8	264	0	2520
Buyuktuzhisar	11677	1942	344	853	52		161	467	3402	1740	194	217	2952	6	24007
Sultanhani	2686	1741	466	318	991	30	117	113	380	426	0	0	261	3	7532
Musaşeyh	996	2711	65	17	0	0	277	10	42	2000	0	0	482	0	6599
Kösehacili	830	3029	36	15	0	0	207	8	166	1610	0	9	66	0	5976
Kahveci	1075	1297	0	142	0	6	34	14	91	362	0	90	778	0	3888
İgdecik	3054	1694	17	340	91	6	82	121	993	1811	0	111	233	8	8562
Koyunabdal	434	793	1	57	0	0	81	48	399	398	0	56	93	23	2384
Karacaören	5135	932	245	320	289	5	101	89	283	921	0	106	435	0	8862
TOPLAM	41906	26655	1295	3560	2726	196	1150	1043	5862	9533	194	597	5565	40	100323

Ovadaki en yüksek bitki örtüsü alanı Palas-Ilıca ve Büyüktuzhisar mahallelerinde mevcuttur. Bu iki yerleşim yerinin hem nüfus olarak yoğun olması hem de bölgedeki yüzölçümü açısından fazla olması sebebiyle bu tarz bir sonuç oluşmuştur. Bu noktada bir diğer dikkat çekici nokta ise en az nüfuslardan birisine sahip olmasına rağmen buğday üretiminde bölgede ikinci sırada olan Musaşeyh yerleşim yeridir. Ayrıca Musaşeyh'de tarım üretiminde de bitki örtüsü tamamen sulanmayan ürünler üzerine şekillenmiştir. Pancar üretimi kısmına gelindiğinde çalışma alanı kapsamındaki yerleşim yerlerinde ise altı yerleşim yerinde pancar bitkisi yetiştirilmemekte olup geri kalan altı yerleşim yerinde pancar üretimi yapılmaktadır. Yani bölgede incelenen alanların %50'sinde şeker pancarı üretimi yapılmaktadır. Buğday ve arpa üretimi ise bütün yerleşim yerlerinde mevcuttur. Bölgede %100 oranında bir arpa, buğday yetiştirilme oranı gözlenmektedir.

Çalışma alanında arpa, buğday, nohut gibi sulanamayan arazilerde de yetişen tarım ürünleri %82 gibi bir alanda dağılmış iken, pancar, yonca, mısır vb. gibi sulanan ürünler %18 gibi bir alanda yayılmış durumdadır (Şekil 3-1). Bu durumda sulu tarımın yeraltı suyuna oluşturduğu baskının az olduğu gibi bir algı oluşsa da, bölgedeki anket çalışmaları doğrultusunda kuru tarım aktivitelerinde de su kullanıldığı ifade edilmiştir. İfadelere göre gözlenen durum ise; sulanmayan tarım ürünleri kapsamında bu bitkilerin yıl içinde 1-2 defa sulamasının yapıldığı, sulanan bitkilerin ise 7-8 defa sulandığı yönündedir. Bu noktada sulanan bitkilerin bulunduğu arazi örtüsü alanı, sulanmayan bitkilerin yaklaşık 1/10'u kadar olsa da sulama sıklığı ve bitki örtüsü alanı göz önüne alındığında her iki sınıfın da yaklaşık sulama suyu ihtiyacı olduğu düşünülmektedir. Son olarak çalışma alanında yetiştirilen ürünlerin oluşturduğu alanların dağılım grafikleri Şekil 3-2'de verilmiştir.



Şekil 3-1: Palas Ovası'nda ekili arazilerde susuz-sulu tarım alanları dağılımı



Şekil 3-2: Palas Ovası'nda yetiştirilen bitkilerin dağılım grafiği

3.2.Anket Bulguları

Palas Ovası'nda 13 yerleşim yerinde anket görüşmeleri gerçekleştirilmiştir. Yerleşim yerlerinden sadece birinde yetkili kişiye ulaşmak mümkün olamamış ve anket görüşmesi gerçekleştirilememiştir.

Bölgedeki su kullanımı adına alt bilgi oluşturmak, yönelimleri ve tercih önceliklerini belirlemek adına anket çalışmasında sulama suyunun nereden temin edildiği hususunda bir soru sorulmuştur (Tablo 3-3). Bu soruya cevap verenlerin (12 kişi) %92'si yeraltı suyu, %25'i yerüstü suyu ve %8'i şebeke suyu kullandığını ifade etmiştir. Görüşme yapılan kişilerin hemen hemen hepsi sulama suyu noktasında yeraltı suyu kullandıklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca bazı yerleşim yerlerinde yerüstü suyu ve şebeke suyu da kullanılan sulama kaynakları arasında bildirilmiştir. Palas Ovası'nda Değirmen Deresi haricinde yüzey suyu kaynağı bulunmamaktadır. Bu derede dönemsel olarak su taşıyan ve çok küçük debiye sahip bir deredir. Bu nedenle sulama faaliyetlerinde yeraltı suyu önem kazanmaktadır. Anket sorularına cevap verenler, bölgede genel olarak yeraltı suyu seviyelerinde bir düşüşten bahsedilerek sulama suyunda bir problem yaşandığı ileri sürülmektedir. Geçmiş yıllarda projesi onaylanan ve inşasının bir kısmı devam eden Bahçelik Barajı'nın bölge sulama suyundaki problemleri çözeceğini düşünen kişi sayısı bölgede azımsanmayacak derecededir. Hemen her kesimden insan bölgede bu barajın sulama ve kullanma suyu sorunlarına çare olacağını düşünmektedir.

Tablo 3-3: "Sulama suyunu nereden temin ediyorsunuz?" sorusuna verilen cevaplar

Sulama Suyunu Nereden Temin Ediyorsunuz?	%
Yeraltı Suyu	92
Yerüstü Suyu	25
Şebeke Suyu	8

Bölgede incelenen bir başka husus da sulama faaliyetlerinde hangi yöntemlerin kullanıldığı olmuştur. Bu kapsamda hangi yöntemle sulama yapıldığı sorulmuştur (Tablo 3-4). Bu soruya cevap verenlerin (10 kişi) tamamı yağmurlama sulama yöntemini kullanmakta olduğunu ifade etmiştir. %20'si ise alternatif olarak damlama sulama yöntemini kullanırken, %10'luk bir kesim de yine alternatif olarak karık sulama yöntemine başvurduğunu ifade etmiştir. Bölgede temel olarak yeraltı suyunun

kullanılması yağmurlama sisteminin tercihinde önemli olmuştur. Yağmurlama sistemi hem uygulama kolaylığı hem de suyu daha ekonomik olarak dağıtmaya imkân vermesi nedeniyle tercih edilmektedir. Damlama sulama kullanan kişiler hem sistemin kurulumunun daha zor olmasından kaynaklı (her yıl boruların yeniden döşenmesi gerekliliği) hem de sistem arızalarının daha fazla olması sebebiyle maliyet artışından dolayı bu sistemlerin fazla tercih etmediklerini ifade etmişlerdir.

Tablo 3-4: "Hangi yöntemle sulama yapıyorsunuz?" sorusuna verilen cevaplar

Hangi Yöntemle Sulama Yapıyorsunuz?	**%**
Yağmurlama Sulama	100
Damlama Sulama	20
Karık Sulama	10

Bölge halkına sulamada karşılaşılan sorunların neler olduğu da sorulmuştur (Tablo 3-5). Bu soruya katılımcıların %82'si su kaynağının yeterli olmaması, %27'si ise sulama maliyetlerinin yüksekliği ve %18 enerji giderlerinin yüksekliği olarak cevap vermiştir. Bu durum bölge halkının sulama konusunda kısıtlı imkânlarla karşı karşıya kaldıklarını düşündüklerini ve sulama maliyetinin yüksekliğinden şikâyetçi olduklarını göstermektedir. Bölgede yüzey suyu ile sulamanın çok az olduğu düşünülürse, maliyet yeraltı suyunun çıkarılma maliyetini (enerji) kastetmektedir.

Tablo 3-5: “Sulamada karşılaşılan sorunlar nelerdir?” sorusuna verilen cevaplar

Sulamada Karşılaşılan Sorunlar Nelerdir?	%
Su Kaynağının Yeterli Olmaması	82
Sulama Maliyetinin Yüksekliği	23
Enerji Giderlerinin Yüksekliği	18
Kuraklık	9
Tuzluluk	9
Derin Kuyular	9
Kuyu Açma İmkanının Olmaması	9

Anket çalışmasında bir diğer soru ise kişilerin kullandıkları sulama yönteminde hangi faktörlerin etkili olduğu sorusudur (Tablo 3-6). Bu soruya cevap verenlerin (10 kişi), %60’ı ekonomik tasarruf isteği, %50’si bitki özellikleri ve %40’ı ise su miktarı olarak cevap vermiştir. Toprak özellikleri, kolaylık ve ürün verimliliği verilen diğer cevaplardır. Soruya cevap verenlerin büyük çoğunluğu en fazla etkili faktörün ekonomik tasarruf isteği ve maliyet etkeninin olduğunu bildirmişlerdir. Bu faktörün ardından ise bitki özelliklerine göre sulama, su miktarı, toprak özellikleri, sulama sistemindeki kolaylık ve ürün verimliliği etkenleri gelmektedir.

Tablo 3-6: “Sulama yöntemi seçiminde etkili faktörler nelerdir?” sorusuna verilen cevaplar

Sulama yöntemi seçiminde etkili faktörler nelerdir?	%
Ekonomik Tasarruf İsteği ve Maliyet	60
Bitki Özellikleri	50
Su Miktarı	40
Toprak Özellikleri	20
Kolaylık	20
Ürün Verimliliği	10

Mahsul seçiminde etkili olan faktörleri sorduğumuzda (Tablo 3-7) ise cevap verenlerin %69’u su ihtiyacına göre, %54’ü ise kar oranına göre, %38’i tarım politikalarına göre, %31’i zirai yapıya göre, %23 gibi bir oranın da suyun mevcudiyetine göre mahsul seçiminde önemli olduğunu belirtmiştir. Burada mahsul seçiminin sorulmasındaki amaç bölgedeki tarım faaliyetlerinin yönelimini ve kapsamını belirlemektir. Örneğin kar oranına göre yapılan seçim ana odağın ekonomik yönelim olduğunu, doğal kaynakların korunması faktörünün ikinci planda kaldığını göstermektedir. Mahsul seçiminde en

önemli etken ürün yetiştirmede olası su ihtiyacı yönündedir. Bu etkenin en fazla belirtilmesi bölgedeki tarım faaliyetlerinde odak noktasının, bölge genelindeki su varlığı ve potansiyel su ihtiyacı olduğunu göstermektedir. Yine aynı şekilde sürdürülebilir bir yaklaşım yerine ekonomik var olma çabası tarım faaliyetlerinde odak noktasında denilebilir.

Bölgede gerçekleştirilen anketlerde gübre kullanımı kararını verme noktasında etkili olan faktörler sorulmuştur (Tablo 3-8). Bu noktada en çok bahsedilen faktör katılımcıların %54'ü tarafından tecrübeye dayalı yapılan seçim olmuştur. Bölgede insanlar tarım faaliyetleri çerçevesinde geçmişten gelen tecrübelerine göre gübre kullanmaktadırlar. Gübre kullanımında etkili olan faktörler çerçevesinde zikredilen değişkenler Tablo 3-8'de verilmiştir. Tabloda da görüldüğü üzere çalışma alanını içeren bölgede yapılan anketlerde gübre kullanımı noktasında tecrübeye dayalı seçim ilk sırada yer almaktadır. Bölgede en etkili olan bu etkenin ardında yer alan diğer etkenler ise maliyet, ziraat mühendisi tavsiyesi, verim artırma isteği, reçeteli tarım ilacı kullanımı ve bitkinin olası ihtiyacı etkenleri belirtilmiştir.

Tablo 3-7: "Mahsul seçiminizi etkileyen faktörler nelerdir?" sorusuna verilen cevaplar

Mahsul seçiminizi etkileyen faktörler nelerdir?	%
Su İhtiyacı	69
Kar Oranı	54
Tarım Politikaları	38
Zirai Yapı	31
Suyun Mevcudiyeti	23
Gider Harcamaları	15
Ekipman Durumu	8
Hayvancılık İhtiyaçları	8
Popülarite	8

Tablo 3-8: “Gübre seçiminde etkili olan faktörler?” sorusuna verilen cevaplar

Gübre Seçiminde Etkili Olan Faktörler	%
Tecrübeye Dayalı	54
Maliyet	31
Ziraat Mühendisi Tavsiyesi	15
Verim Artırma Amacı	15
Reçeteye Göre	8
Bitkinin Olası İhtiyacına Göre	8

İlaçlama faaliyetleri ve gübre kullanımı ile ilgili bilgilere bakacak olursak yapılan anketlerde ve tutulan istatistiki kullanım verilerinde oluşan sonuçlar ve analizler bu noktada sunulmaktadır. En çok üretim alanına sahip arpa, buğday ve şeker pancarı bitkileri için kullanılan gübreler DAP taban gübresi, amonyum sülfat, üre ve azot gübresi şeklindedir. Ayrıca diğer ürünler için de bitkilere dönemsel olarak bu gübreler haricinde gübreleme yapılmaktadır. Ek olarak bölgede çalışma öncesinde anket yapılarak veri toplanmıştır. Bu verilere göre katılımcıların hemen hepsi tarım faaliyetleri kapsamında gübre ve tarım ilacı kullandıklarını belirtmişlerdir.

Sarıoğlan İlçesi’ndeki yerleşim yerlerine ait tarım ilacı verilerinde ise bölgede ilk üç sırada yer alan arpa, buğday ve şeker pancarında herbisit ve fungisit kullanımı mevcuttur. Yine aynı şekilde bölgede tarım ilacı kullanımı aşamasında karar verme noktasındaki etkenler gerçekleştirilen anketlerde ifade edilmiştir. Bu anketler sonucunda seçimde etkili olan faktörlerin tablosu Tablo 3-9’da verilmiştir.

Tablo 3-9: “Tarım ilacı seçiminde etkili olan faktörler?” sorusuna verilen cevaplar

Tarım İlacı Seçim Faktörleri	%
Tecrübeye Dayalı	55
Bayi Tavsiyesi	45
Zirai Tavsiyeler	36
Bitki Yetişmesi Odaklı	18
Verim	9

Bölgede yapılan anket çalışmasına göre yine gübre kullanımında en etkili olan faktörlerin başında %55’inin seçimi olan tecrübe etkeni tarım ilacı seçimi noktasında da en etkili etken olarak ifade edilmiştir. Etkenlerin ikinci sırasında ise %45’inin seçimiyle bayi tavsiyeleri yer alırken benzer şekilde zirai tavsiyeler %36’sının seçimi olmuştur.

Ayrıca %18'inin tercihinde de bitki yetişmesi odaklı fikirler etkili olurken en az etkili olan faktör ise %9'unun seçimiyle verim etkeni olmuştur.

3.3. Bilişsel Haritalama Bulguları

Bilişsel haritalamanın esas amacı bir konu hakkında, o konuyla ilgisi bulunan katılımcıların belirtilen konuya yönelik bilinçaltındaki veya düşüncelerindeki yönelimleri ve ilişkileri ortaya çıkarmaktır. Bu sayede ana konuyu etkileyen değişkenleri ve değişkenlerin etkileme derecelerini gözlemlerken konuya yönelik plan veya programlarda değişkenler için öncelik sıralaması yapılabilmektedir.

Bölgede gerçekleştirilen bilişsel haritalama çalışmasında toplamda 21 kişilik bir katılımcı ekip bulunmaktadır (Tablo 3-10). Bu ekibin önemli bir kısmı hem çiftçi hem de muhtar iken geri kalan kısmı ise kamu personeli ve çiftçi şeklindedir. Bu noktada katılımcıların mesleki tecrübelerinin yanında yaşam tecrübeleri de etkili olabilmektedir. Bu sebepten dolayı da katılımcıların farklı yaş gruplarında olması bilişsel haritalamanın kapsamını geniş tutarak değişkenlerde optimizasyon sağlamaktadır.

Gerçekleştirilen çalışmada bilişsel haritalama noktasında yürütülen aşamalar ve aşamalarda elde edilen bulgular alt başlıklar halinde sunulmuştur.

Tablo 3-10: Bilişsel haritalama çalışmasının uygulandığı kişilerin kurum/yer, yaş aralığı ve meslek bilgileri

No	Görüşülen Kurum/Yer	Yaş Aralığı	Meslek
1	Karahıdır Mahallesi	46-60	Çiftçi/Muhtar
2	Ömürlü Mahallesi	30-45	Çiftçi/Muhtar
3	Ömerhacılı Mahallesi	60+	Çiftçi/Muhtar
4	Üzerlik Mahallesi	46-60	Çiftçi/Muhtar
5	Sultanhanı Mahallesi	60+	Çiftçi/Muhtar
6	Palas Mahallesi	46-60	Çiftçi/Muhtar Vekili
7	İğdecik Mahallesi	46-60	Çiftçi
8	Kahveci Mahallesi	60+	Çiftçi/Muhtar
9	Musaşeyh Mahallesi	60+	Çiftçi/Muhtar
10	Kösehacılı Mahallesi	46-60	Çiftçi/Muhtar
11	Ilıca Mahallesi	30-45	Çiftçi/Muhtar
12	Tuzhisar Mahallesi	60+	Çiftçi/Muhtar
13	Tuzhisar Mahallesi	30-45	Çiftçi

14	Karacaören Mahallesi	60+	Çiftçi/Muhtar
15	Bünyan Tarım ve Hayvancılık İlçe Müd.	30-45	İlçe Md. Yrd./ Ziraat Mühendisi
16	SarıoğlanTarım ve Hayvancılık İlçe Müd.	30-45	Ziraat Mühendisi
17	SarıoğlanTarım ve Hayvancılık İlçe Müd.	30-45	Ziraat Mühendisi
18	SarıoğlanTarım ve Hayvancılık İlçe Müd.	46-60	İlçe Md./ Ziraat Mühendisi
19	Kayseri Milli Parklar İl Müdürlüğü	30-45	Biyolog
20	Kayseri Devlet Su İşleri Müdürlüğü	30-45	Jeolog
21	Kayseri Devlet Su İşleri Müdürlüğü	30-45	Jeolog

3.3.1. Grafik Teorisi İndeksleri

Katılımcılarla gerçekleştirilen görüşmeler sonucunda toplam değişken sayıları yerel halka ait bilişsel haritalarda 62, kamu görevlilerine ait bilişsel haritalarda 65 ve toplam 86 adettir.

Yerel halk görüşmelerinde ortalama değişken sayısı 7.3 ± 3.6 olarak tanımlanmıştır. Yerel halk haritalarında değişken sayıları 3 ve 16 arasında değişmiştir. Kamu personeli için ortalama değişken sayısı 9.57 ± 2.37 olarak hesaplanmıştır. Kamu personeline ait bilişsel haritalarda değişken sayıları 6-13 aralığındadır. Bütün katılımcılar birlikte düşünüldüğünde, değişken sayıları 3 ve 16 arasında değişmiş ve ortalama 8.05 ± 3.69 olarak gerçekleşmiştir. Daha önce Dadaşer (2002) tarafından bölgede yapılan çalışmada da yerel halk için ortalama değişken sayısı 23.4±7.1, kamu görevlilerinde ise 22.4 ± 7.2 olarak gerçeklemiştir. Daha önce yapılan çalışmada bilişsel haritalama kullanılan soru Tuzla Gölü ve çevresindekiler denildiğinde aklınıza gelenler şeklinedir. Bu haritalarda tarımsal faaliyetler ve su kullanımı ile ilgili konular büyük yer tutsa da katılımcılar daha çok Tuzla Gölü ve ovadaki faaliyetlerin ilişkisine odaklanmıştır. Aradaki farkın bu durumdan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yerel halk haritalarında ortalama alıcı değişken sayısı 2.40 ± 1.70 ve ortalama verici değişken sayısı 3.10 ± 1.20 olarak hesaplanmıştır. Alıcı değişkenler 0-6 aralığında değişmekte iken, verici değişkenler ise 1-5 aralığında yer almaktadır. Kamu görevlilerine ait bilişsel haritalarda, alıcı değişken sayısı 2.14±1.46 ve verici değişken 2.43±1.81 olarak bulunmuştur. Kamu görevlilerine ait haritalarda alıcı değişkenler 1-5, verici değişkenler ise 0-5 aralığında değişmektedir. Bütün haritalar birlikte değerlendirildiğinde, ortalama alıcılık derecesi 2.33±1.62 ve ortalama vericilik derecesi

2.81±1.44 şeklinde hesaplanmıştır. Ayrıca toplumsal haritada alıcılık derecesi 0-6 ve vericilik derecesi 0-5 aralığında yer almaktadır.

Grafik teorisi endekslerinin detaylı hali Tablo 3-11'de verilmiştir.

Tablo 3-11: Grafik teorisi indekslerinin istatistiksel özellikleri (Ort: ortalama, SS: Standart Sapma, Mak.:Maksimum, Min.: Minimum)

Grafik Teorisi İndeksi	Yerel Halk				Kamu Görevlileri				Toplam			
	Ort.	SS	Mak.	Min.	Ort.	SS	Mak.	Min.	Ort.	SS	Mak.	Min.
Değişken Sayısı	7.30	3.60	16	3	9.57	2.37	13	6	8.05	3.69	16	3
Alıcı Değişken Sayısı	2.40	1.70	6	0	2.14	1.46	5	1	2.33	1.62	6	0
Verici Değişken Sayısı	3.10	1.20	5	1	2.43	1.81	5	0	2.81	1.44	5	0
İletici Değişken Sayısı	1.90	1.40	5	0	5	3	9	1	2.91	2.51	9	0
Bağlantı Sayısı	15.3	12.8	54	6	24.43	2.64	29	22	18.33	11.30	31	6
Hiyerarşi İndeksi	1.25	1.02	4.06	0.36	1.44	1.73	5.29	0.30	1.31	1.26	5.29	0.30

3.3.2. Bilişsel Haritalarda En Sık Görülen Değişkenler

Bilişsel haritalarda en fazla görülen 15 değişken Tablo 3-12'de sunulmaktadır. Görüşmeler neticesinde devlet memurları en çok 'Buğday', 'Pancar' gibi tarım ile alakalı değişkenleri zikretmişlerken, yerel halk ile yapılan görüşmelerde ise 'Kimyasal Gübre', 'Sulama', 'Bahçelik Barajı' gibi su ile ilgili değişkenleri en çok ifade etmişlerdir. Yine aynı şekilde toplumsal haritada ise sulama konusu ve su sıkıntısı ile alakalı değişkenler listenin tepesinde yer almışlardır.

Tablo 3-12: Bilişsel haritalarda en çok bahsedilen değişkenler

No	Yerel Halk	Kamu Görevlileri	Toplumsal
1	Kimyasal Gübre (9)	Buğday (5)	Kimyasal Gübre (12)
2	Bahçelik Barajı (8)	Pancar (5)	Bahçelik Barajı (11)
3	Sulama (7)	Hayvancılık (5)	Sulama (10)
4	Yağış (7)	Arpa (4)	Yeraltı Suyu Seviye Düşüşü (9)
5	Su Sıkıntısı (6)	Kireçli ve Tuzlu Toprak Yapısı (4)	Su Sıkıntısı (8)
6	Maliyet (5)	Yeraltı Suyu Seviye Düşüşü (4)	Buğday (8)
7	Verim (5)	Bahçelik Barajı (3)	Pancar (8)
8	Yeraltı Suyu Seviye Düşüşü (5)	Sulama (3)	Verim (8)
9	Yüzey Suyu (4)	Kimyasal Gübre (3)	Yağış (8)
10	Sondajların Artması (4)	Organik Tarım (3)	Hayvancılık (8)
11	Suyun Tuzlanması (4)	Verim (3)	Kuraklık (7)
12	Kuraklık (4)	Geçim (3)	Arpa (6)
13	Tuzla Gölü (4)	Yeraltı Suyu (3)	Geçim (6)
14	Hayvan Gübresi (3)	Kuraklık (3)	Yeraltı Suyu (6)
15	Mazot (3)	Su Sıkıntısı (2)	Yüzey Suyu (5)

3.3.3. Bilişsel Haritalarda En Merkezi Değişkenler

Merkeziyet, bilişsel haritalardaki değişkenlerin önem derecesini ifade eder. Merkeziyet ölçüsü değişkenin hazırlanan bireysel haritayı ne kadar çok etkilediği veya ne kadar çok haritanın değişkeni etkilediğini gösteren bir ölçüttür. Bu noktada merkeziyetin haricinde değişkeni başka değişkenlerin etkilediği girdi (input) derecesi ve ne ölçüde başka değişkenleri etkilediğinin ifade edildiği çıktı (output) derecesi de bilişsel haritanın karakteri hakkında fikir veren diğer ölçütlerdendir. Değişkenlerin merkeziyet sıralamasına göre sıralanması düşünüldüğünde en çok kimyasal gübre değişkeni merkezi olarak görülmüştür. Kimyasal gübre değişkeninin ardından yeraltı suyu seviye düşüşü, verim, sulama ve Bahçelik Barajı merkeziyet sıralamasında ilk beşte yer almaktadır. Haritalarda girdi değeri en yüksek olan değişkenler ise verim, yeraltı suyu seviye düşüşü, tarım, maliyet ve pancar olarak ilk beş sırada yer almaktadır. Çıktı derecelerindeki sıralamaya bakılırsa ilk beş değişken; kimyasal gübre, Bahçelik Barajı, sulama, küresel iklim değişikliği, su sıkıntısı olarak sıralanmıştır (Tablo 3-13).

Tablo 3-13: Sosyal bilişsel haritalardaki en merkezi değişkenler

No	Değişkenler	Merkeziyet	Girdi	Çıktı
1	Kimyasal Gübre	1.750	0.155	1.595
2	Yeraltı Suyu Seviye Düşüşü	1.726	1.060	0.667
3	Verim	1.571	1.381	0.190
4	Sulama	1.548	0.548	1.000
5	Bahçelik Barajı	1.405	0.000	1.405
6	Yeraltı Suyu	1.333	0.774	0.560
7	Pancar	1.214	0.810	0.405
8	Su Sıkıntısı	1.202	0.381	0.821
9	Maliyet	1.179	0.893	0.286
10	Sulu Tarım	1.095	0.333	0.762
11	Tarım	0.988	0.976	0.012
12	Küresel İklim Değişikliği	0.857	0.000	0.857
13	Organik Tarım	0.786	0.333	0.452
14	Hayvancılık	0.786	0.548	0.238
15	Kazanç	0.774	0.726	0.048

Yerel halka ait bilişsel haritalarda en merkezi değişkenler kimyasal gübre, maliyet, yeraltı suyu seviye düşüşü, verim ve tarımdır (Tablo 3-14). Kamu görevlilerine ait haritalarda ise yeraltı suyu, sulama, pancar, göç ve hayvancılık en merkezi değişkenler olarak yer almaktadır (Tablo 3-15).

Tablo 3-14: Yerel halka ait sosyal bilişsel haritalardaki en merkezi değişkenler

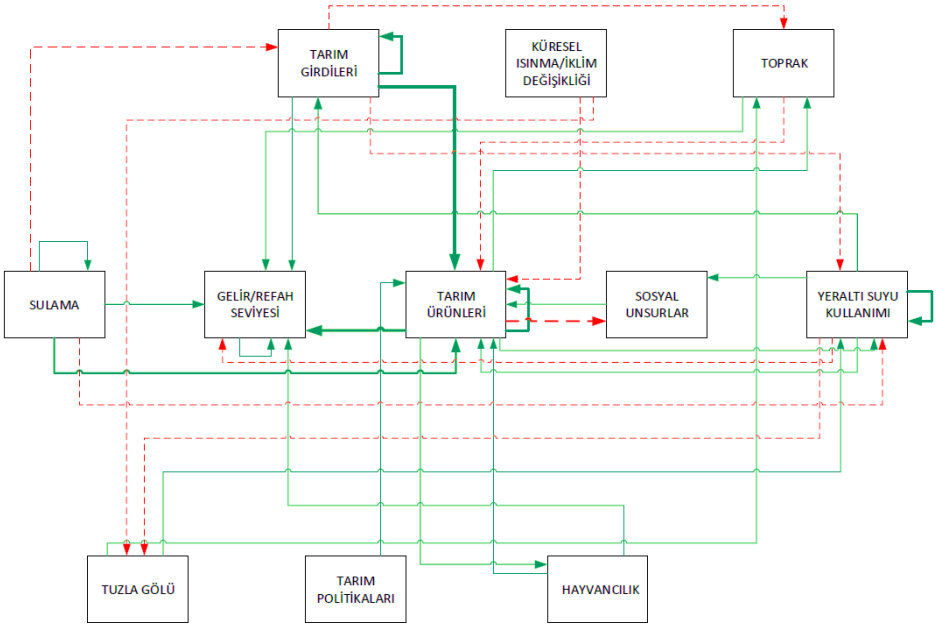
No	**Değişkenler**	**Merkeziyet**	**Girdi**	**Çıktı**
1	Kimyasal Gübre	1.821	0.018	1.804
2	Maliyet	1.768	1.339	0.429
3	Yeraltı Suyu Seviye Düşüşü	1.661	1.161	0.500
4	Verim	1.500	1.429	0.071
5	Tarım	1.482	1.464	0.018
6	Bahçelik Barajı	1.286	0.000	1.286
7	Sulama	1.286	0.571	0.714
8	Sulu Tarım	1.143	0.500	0.643
9	Su Sıkıntısı	0.875	0.357	0.518
10	Yağış	0.857	0.143	0.714
11	Küresel İklim Değişikliği	0.786	0.000	0.786
12	Pancar	0.786	0.643	0.143
13	Yeraltı Suyu	0.786	0.429	0.357
14	Kazanç	0.732	0.661	0.071
15	Tarım İlaçları Kullanımı	0.661	0.018	0.643

Tablo 3-15: Kamu görevlilerine ait sosyal bilişsel haritalardaki en merkezi değişkenler

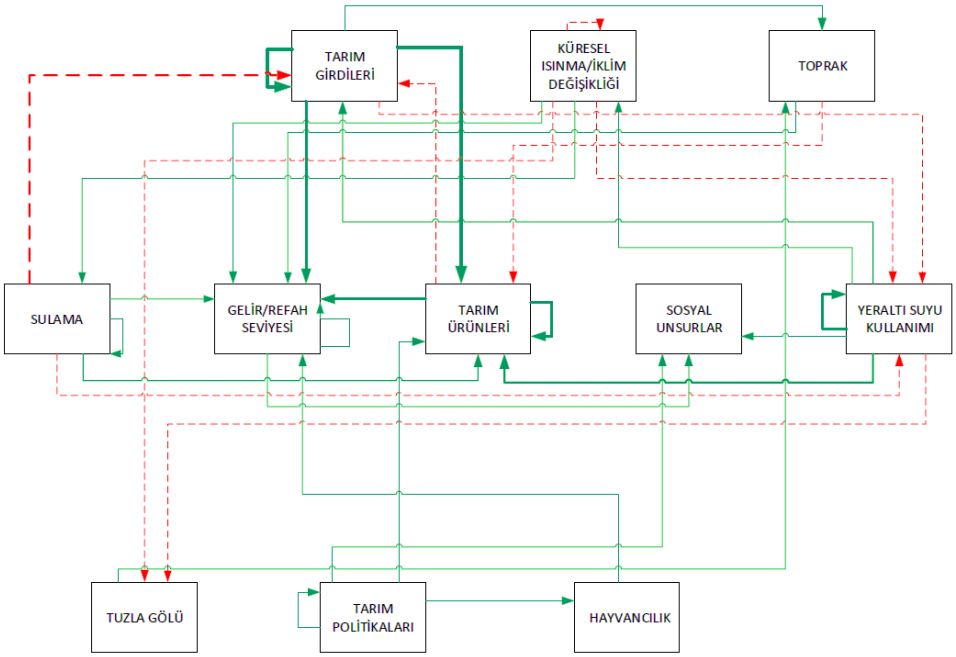
No	Değişkenler	Merkeziyet	Çıktı	Girdi
1	Yeraltı Suyu	2.429	1.464	0.964
2	Sulama	2.071	0.500	1.571
3	Pancar	2.071	1.143	0.929
4	Göç	2.071	2.071	0.000
5	Hayvancılık	1.929	1.500	0.429
6	Yeraltı Suyu Seviye Düşüşü	1.857	0.857	1.000
7	Su Sıkıntısı	1.857	0.429	1.429
8	Organik Tarım	1.714	0.714	1.000
9	Verim	1.714	1.286	0.429
10	Bahçelik Barajı	1.643	0.000	1.643
11	Kimyasal Gübre	1.607	0.429	1.179
12	Ürün Deseni	1.500	0.786	0.714
13	Geçim	1.214	1.214	0.000
14	Yem Bitkisi	1.071	0.429	0.643
15	Sebze	1.071	0.786	0.286

3.3.4. Yoğunlaştırılmış Bilişsel Haritalar

Çalışma sürecinde elde edilen bir diğer bulgu ise yoğunlaştırılmış haritalardır. Yoğunlaştırılmış haritalar kamu görevlileri, yerel halk ve toplumsal haritalar için oluşturulmuştur. Yoğunlaştırılmış haritalar bireysel haritalardan hareketle değişkenlerin aralarındaki ilişkiyi açıklayan görsel haritalardır. Katılımcıların algılarının yansımaları yoğunlaştırılmış haritalarda gözlemlenebilir.



Şekil 3-3: Toplam Yoğunlaştırılmış Harita Gösterimi

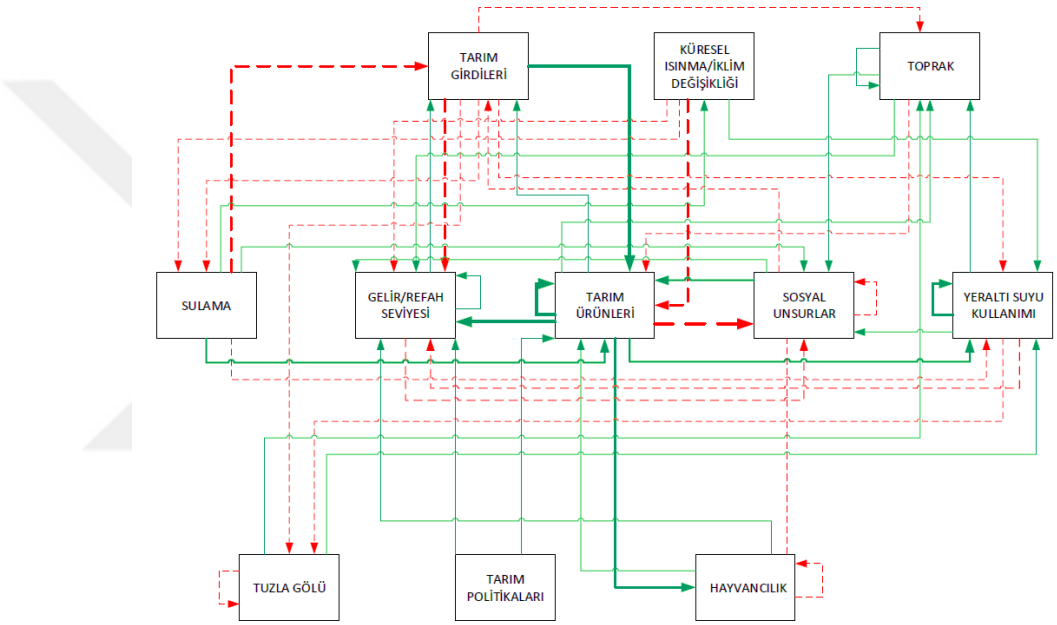


Şekil 3-4: Yerel Halk İçin Yoğunlaştırılmış Harita Gösterimi

Yerel halka ait yoğunlaştırılmış haritalarda en merkezi kategoriler tarım ürünleri ve tarım girdileri şeklinde ifade edilmiştir. Katılımcıların bilinçaltında tarım girdileri kendi kendini artırıcı etkiye sahip olurken, yine benzer şekilde tarım girdileri tarım ürünlerini artırıcı etki göstermiştir. Bu noktada tarım girdileri ve sulama değişkenlerinin yeraltı suyu kullanımı değişkenini düşük bir sinyalle de olsa azaltıcı etki göstermesi yerel halk kapsamındaki katılımcıların nispeten az da olsa bu konuda bilgili olduğunu göstermektedir. Ek olarak tarım girdilerinin yeraltı suyunu azaltmasındaki temel etken bölgede yapılması planlanan ve bir kısmı bitirilerek çalışmaya başlayan Bahçelik Barajı'nın getirilerindeki pozitif etkiler olarak ifade edilmiştir. Ayrıca tarım ürünleri kategorisinin de gelir/refah seviyesini artırıcı etki sunması durumu ise yerel halk katılımcılarının gözünde ürünün, ekonomik geliri doğrudan etkilediği noktasında önem arz etmektedir. Yani bölge halkının gözünde refah seviyesi ürün verimliliğine ve ürün çeşitliliğine bağlı olmaktadır.

Son olarak bölge halkının haritalarında belirtilen bir diğer önemli husus ise yeraltı suyu kullanımının doğal bir alan olan Tuzla Gölü için azaltıcı etki sunmasının ifade

edilmesidir. Yöre halkı bu noktada sözde bilinçli olsa da gerek ekonomik kaygılar gerekse ürün verimliliği isteği ile bu azaltıcı etkinin sinyali düşük görünmektedir. Bu fikre ulaşılmasındaki ana sebep ise haritada sulama ve tarım ürünleri ile gelir/refah seviyesi arasındaki artırıcı ilişkiden dolayıdır. Ek olarak yeraltı suyu kullanımının da tarım ürünlerini artıcı etkiye sahip olduğu katılımcılarca düşünülmektedir. Benzer şekilde yeraltı suyu kullanımının tarım ürünlerini etkileme sinyali, sulamanın yeraltı suyu kullanımındaki olumsuz etki sinyalinden daha büyüktür.



Şekil 3-5: Kamu Personeli İçin Yoğunlaştırılmış Harita Gösterimi

Kamu personeline ait yoğunlaştırılmış haritalarda ise ilk göze çarpan nokta tarım ürünleri, tarım girdileri, sosyal unsurlar, sulama ve gelir/refah seviyesinin merkeziliğidir. Kamu personeli kapsamında katılımcıların fikirlerine göre tarım girdileri, tarım ürünlerini artırıcı etki sunarken benzer şekilde tarım ürünleri kendi içinde de artırıcı etkiye sahiptir. Ayrıca katılımcıların zihninde tarım ürünleri, gelir/refah seviyesini de olumlu yönde etkilemektedir. Bu noktada ek olarak tarım ürünlerinin, sosyal unsurlarını olumsuz yönde etkilediği de merkezi sinyallerden birisidir. Bu durumun temel sebebi ise tarım ürünleri gelişiminin sosyal olarak dışa göçü azaltacağının düşünülmesindendir. Kamu personelinin oluşturduğu yoğunlaştırılmış haritada göze çarpan diğer hususlar ise, tarım ürünleri değişkeninin, yeraltı suyu kullanımını artıracağı yönündedir. Yerel halkın oluşturduğu yoğunlaştırılmış haritada

ise yeraltı suyu kullanımının tarım ürünlerini artıracağı düşünülmüştür. Bu noktada yerel halk ve kamu personeli arasındaki düşünce farklılığı da gözlenmiş olmaktadır. Son olarak sulamanın yeraltı suyu kullanımını azaltması ve yeraltı suyunun Tuzla Gölü'ne azaltıcı etki göstermesi de yerel halkın haritasıyla aynı etkiyi sunduğu ifade edilmiştir.

3.3.Palas Ovası için Dinamik Simülasyon Modeli

Palas Ovası için dinamik sistem modeli, modelin sunduğu çıktı değerleri ve modelin davranışı dikkate alınarak incelenmiştir. Dinamik simülasyon modellerinde modelin matematiksel olarak test edilmesi nispeten daha zor durumdadır. Ancak bu modellerde yapısal ve davranışsal bazı testler uygulanarak modelin geçerliliği kontrol edilebilir. Modelin doğruluk testi aşamasında davranışsal test uygulamaları (Barlas, 1996) tarafından yapılan çalışmaya göre analiz edilmiştir. Model verilerinin analizleri ve davranışsal analizi birlikte yapılarak belirli senaryolar eşliğinde sunulmuştur. Model ile iklimsel değişiklilerin, sulama suyu kullanımının ve arazi örtüsü değişimlerinin etkileri senaryolar oluşturularak değerlendirilmiştir. Model 2019-2048 dönemini kapsayan 30 yıl için çalıştırılmıştır. Yeraltı suyu rezervinin başlangıçta 100 milyon m3 (100 hm^3) olduğu varsayılarak değişimler incelenmiştir.

3.3.1. İklim Koşullarının Etkilerinin Değerlendirilmesi

Model sonuçlarını en fazla etkileyen parametreler bölgedeki iklim durumunu yansıtan yağış ve buharlaşma parametreleridir. Kararlı durum koşullarını yansıtması için, model temel simülasyonda, Kayseri İli'nin 2000-2018 arası ortalama aylık yağış ve evapotranspirasyon verilerini kullanılarak çalıştırılmıştır. Tablo 3-14'de bu değerler sunulmaktadır.

Yeraltı suyu rezervinin iklim koşullarına duyarlılığını belirlemek için 2000-2018 yılları arasında en kurak ve en ıslak dönemler tespit edilerek, ilgili yılların verileri ile model yeniden çalıştırılmıştır. 2000-2018 yılları arasında en kurak yılın 2001 yılı olduğu, en ıslak yılın ise 2014 yılı olduğu gözlenmiştir. Kurak ve ıslak dönemler için aylık yağış ve buharlaşma değerleri Tablo 3-16'da verilmiştir.

Tablo 3-16: Modelde kullanılan yağış ve buharlaşma veri setleri

Temel Simülasyon				Kurak Dönem			Islak Dönem		
Aylar	Yağış (mm	ET (mm)	Etkili Yağış (mm)	Yağış (mm)	ET (mm)	Etkili Yağış (mm)	Yağış (mm)	ET (mm)	Etkili Yağış (mm)
1	44.34	18.88	16.60	0.9	23.25	0	31.6	20.77	8.96
2	38.66	26.51	13.20	52.4	30.24	21.44	17.6	29.4	0.56
3	53.83	55.75	22.30	18.6	71.3	1.16	88.9	50.53	61.12
4	43.86	84.95	16.32	32.1	99.6	9.26	2.9	76.5	0
5	54.40	113.18	22.64	73.9	107.57	34.34	39.7	83.39	13.82
6	40.40	143.70	14.24	0.7	169.2	0	52.9	90.3	21.74
7	9.35	172.08	0.00	0.4	189.41	0	0	114.39	0
8	6.66	159.34	0.00	0.3	167.4	0	47.4	104.78	18.44
9	15.87	106.25	0.00	12.7	117.3	0	85.4	76.8	58.32
10	33.67	63.17	10.20	5.7	67.58	0	54.4	46.81	22.64
11	29.18	32.65	7.51	24.4	36.9	4.64	33.6	27.3	10.16
12	32.03	21.05	9.22	35.8	29.45	11.48	39.5	22.32	13.7

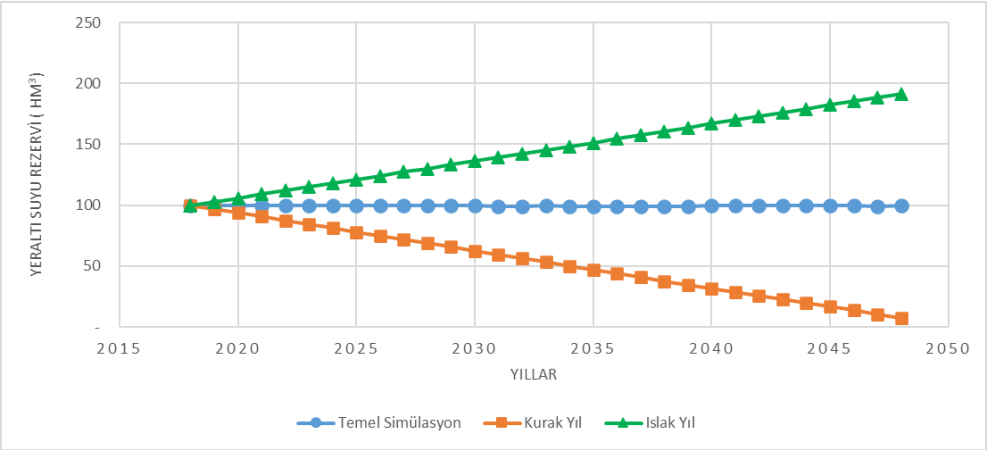
Temel simülasyon, kurak ve ıslak dönem simülasyonu sonuçları Şekil 3-6, Şekil 3-7 ve Şekil 3-8'de sunulmaktadır.

Kararlı durum koşullarını içeren temel simülasyonda yeraltı suyu rezervinin mevsimsel değişimler haricinde değişim göstermemektedir. Fakat kurak döneminde model belirli bir yıldan sonra rezerv miktarının 100 hm^3 değerinden yaklaşık 7 hm^3 seviyelerine düştüğünü göstermiştir. Buna karşın ıslak dönemde yer alan değişimleri inceleyecek olursak otuz yıllık zaman sonrasında rezerv miktarı hemen hemen iki katına çıkmaktadır.

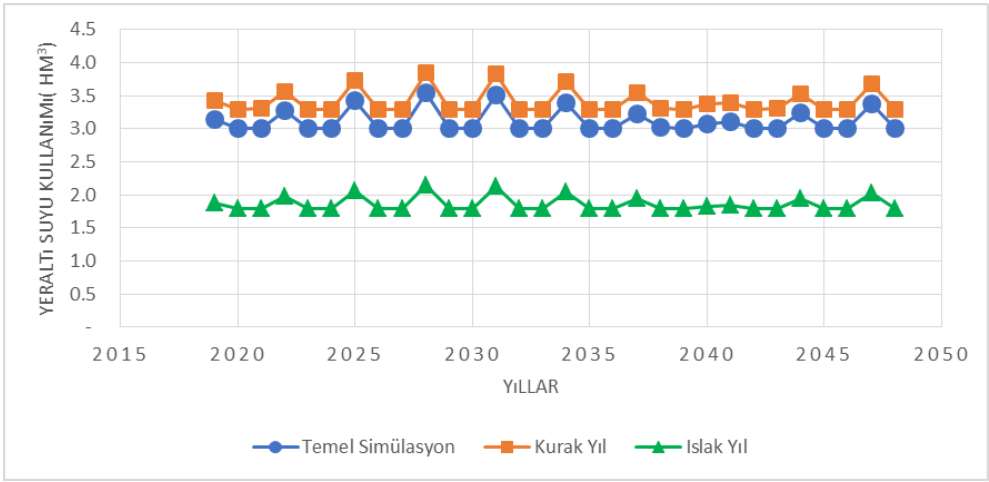
Bir diğer değişim gözlenen kısım ise yeraltı suyu kullanımı noktasında olmuştur. Temel model simülasyonunda elde edilen sonuçlar kurak dönem ve ıslak dönem arasında yer almaktadır. Ayrıca kurak dönemde daha fazla yeraltı suyu kullanılırken ıslak dönemde ise daha az yeraltı suyu sulama amaçlı kullanılmıştır (Şekil 3.7).

Bu kısımda son olarak yeraltı suyu tablasının derinliğini incelersek Şekil 3-8'den hareketle temel simülasyonda yeraltı suyu seviyesi aşırı miktarlarda değişmemekte,

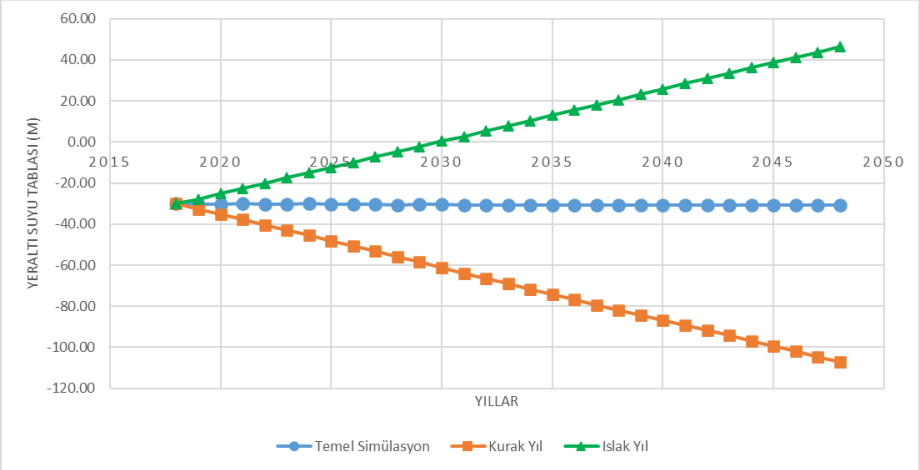
2048 yılına gelindiğinde yaklaşık 0.70 metrelik bir düşüşle karşılaşılmaktadır. Ancak kurak dönemde rezervin çok fazla azaldığı görülmüştür. Islak dönemde ise yeraltı suyu tablası her zaman diliminde zemin kotuna yaklaşmakta ve doygunluğa ulaşılması sonucunda yüzeye çıkmaktadır.



Şekil 3-6: Temel simülasyon, dönem simülasyonu ve ıslak dönem simülasyonu için yeraltı suyu rezervi değişimi



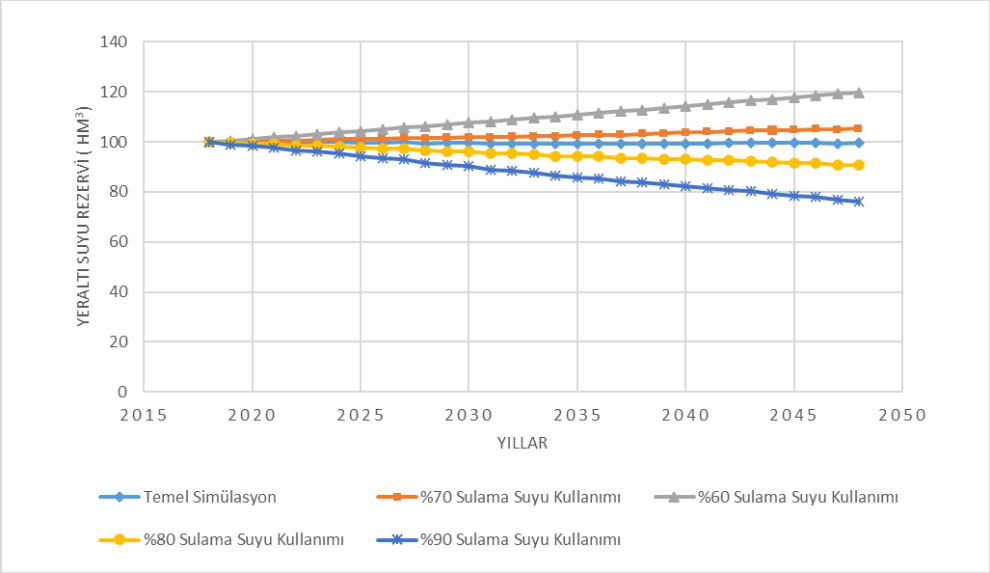
Şekil 3-7: Temel simülasyon, kurak dönem simülasyonu ve ıslak dönem simülasyonu için yeraltı suyu kullanımı değişimi



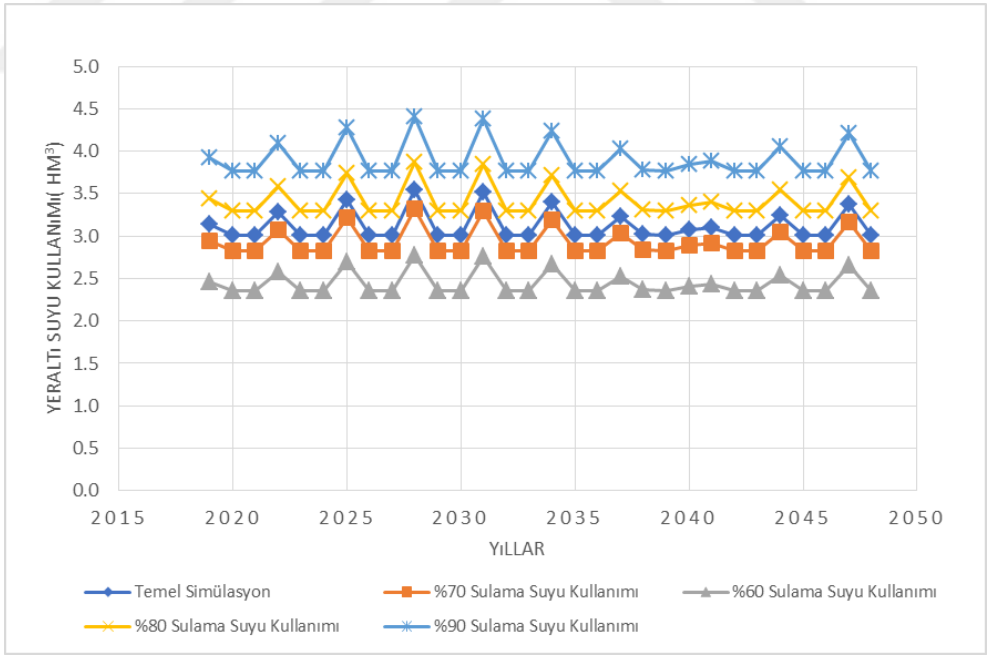
Şekil 3-8: Temel simülasyon, dönem simülasyonu ve ıslak dönem simülasyonu için yeraltı suyu tablası değişimi

3.3.2. Sulama İhtiyacının Karşılanma Oranındaki Etkilerinin Belirlenmesi

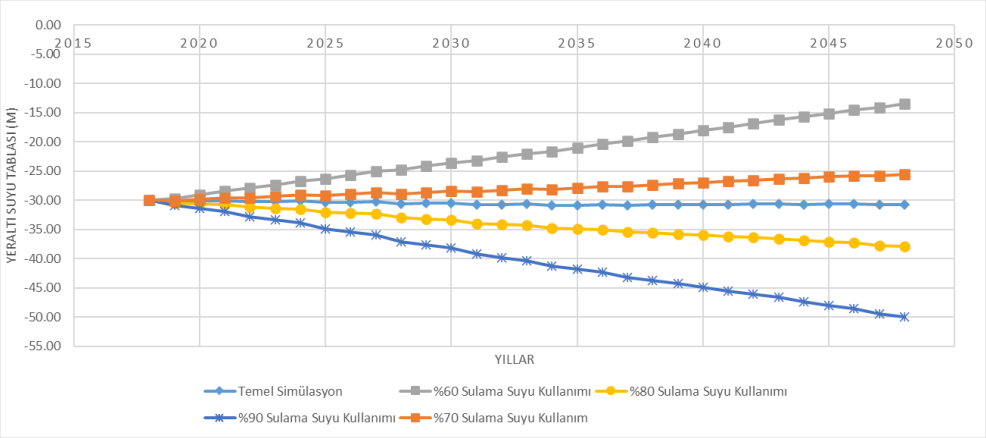
Modelin iklim koşullarındaki değişim altındaki davranışının incelenmesinden sonra sulama ihtiyacında kullanılan suyun yeraltı suyundan kullanılma yüzdesindeki değişimin model davranışı üzerindeki değişimi incelenmiştir. Palas Ovası'nda yapılan sulama faaliyetleri ve elde edilen verim oranları dikkate alındığında bitki sulama suyu ihtiyacının %100 oranında karşılanmadığı görülmektedir. Temel simülasyonda sulama suyu ihtiyacının karşılanma oranın %74 olduğu kabul edilmiştir. Buna karşılık farklı oranlar için model çıktıları değerlendirilmiştir. Sulama suyu ihtiyacı karşılanma oranları %60, %70, %80 ve %90 olarak simüle edilmiştir. Modeldeki davranışı incelemek amacıyla yapılan değişimler sonucu elde edilen model çıktıları yeraltı suyu rezervi değişimi, yeraltı suyu kullanımı değişimi ve yeraltı suyu tablasındaki değişim olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 3-9, Şekil 3-10 ve Şekil 3-11'de verilmiştir.



Şekil 3-9: Sulama ihtiyacı karşılama yüzdelerinin rezerv değişiminde modeldeki yansıması



Şekil 3-10: Sulama ihtiyacı karşılama yüzdelerinin yeraltı suyu kullanımı değişiminde modeldeki yansıması



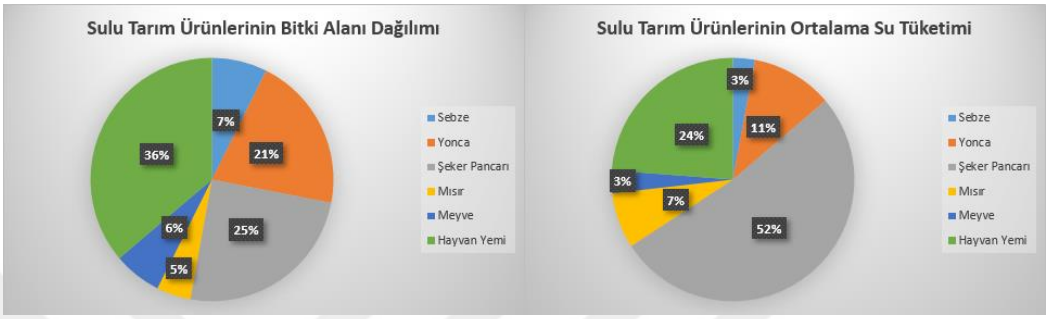
Şekil 3-11: Sulama ihtiyacı karşılama yüzdelerinin yeraltı suyu seviye değişiminde modeldeki yansıması

Şekil 3-9'daki sulama suyundaki ihtiyacın yeraltı suyundan karşılanması yüzdelerinin değişiminin yeraltı suyu rezervi üzerindeki etkisi incelendiğinde en fazla rezerv azalışı sulama suyunun %90 oranında yeraltı suyundan kullanılması noktasındadır. Bu azalım etkisi %80 oranında da mevcuttur fakat %90 değerindeki rezerv değişimine göre daha az miktarda azaltıcı etki getirmektedir. Diğer taraftan en fazla artırıcı etki gösteren durumlar ise sırasıyla %60 ve %70 yeraltı suyu kullanım yüzdeleridir.

Bir diğer inceleme noktası olan yeraltı suyu kullanım değişimlerine bakacak olursak bu noktada da model beklenen davranış sonucunu göstererek en az yeraltı suyu kullanımından en fazla kullanıma göre %60, %70, %74, %80,%90 sıralamasıyla sonuçlar vermiştir.

Ayrıca yeraltı suyu tablasının değişimlerini incelediğimizde en çok düşüşe sebep olan yüzdelik dilimin %90 olduğu gözlenmektedir. Bu durum, yeraltı suyunun daha yüksek yüzde ile kullanılması halinde daha fazla seviye düşüşü olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca yeraltı suyu seviyesinde beklenildiği gibi en fazla azalmayı %60 oranında yeraltı suyu kullanımı gerçekleştirmiştir. Model çıktıları düşünüldüğünde bu aşamada sulama suyu baskısı bölge yer altı suyunda net olarak hissedilmektedir. Sulama baskısını azaltacak alternatif yöntemlerin bölgede uygulanması gerekmektedir. Bu alternatif yöntemler yüzey sularından faydalanmak, sulama tahsis kontrollerinin artırılması şeklinde olabilir.

Son olarak temel simülasyonda sulu tarım kategorisindeki bitkilerin su kullanım dağılımlarını inceleyecek olursak, en düşük alana sahip olmasına rağmen en fazla su kullanımı pancar bitkisindedir. Pancar bitkisini yem bitkisi, yonca ve mısır takip etmektedir. Su tüketimi ile ilgili dağılım grafiği Şekil 3-12'de verilmiştir.

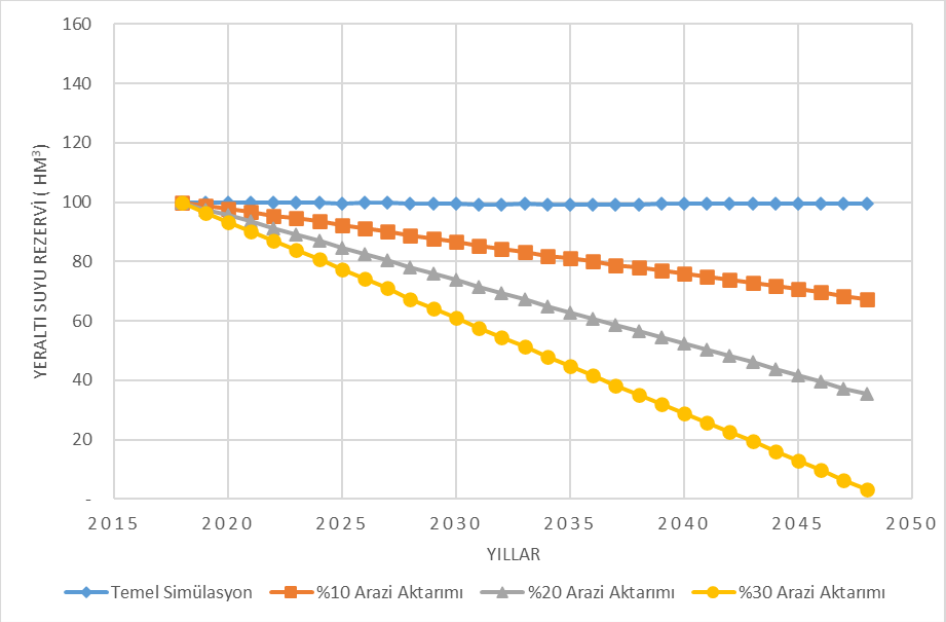


Şekil 3-12: Temel simülasyonda sulu tarım bitkilerinin kullandığı ortalama su miktarı dağılımları ve bitki örtüsü alanı dağılımları

3.3.3. Arazi Örtüsündeki Değişimlerinin Etkilerinin Belirlenmesi

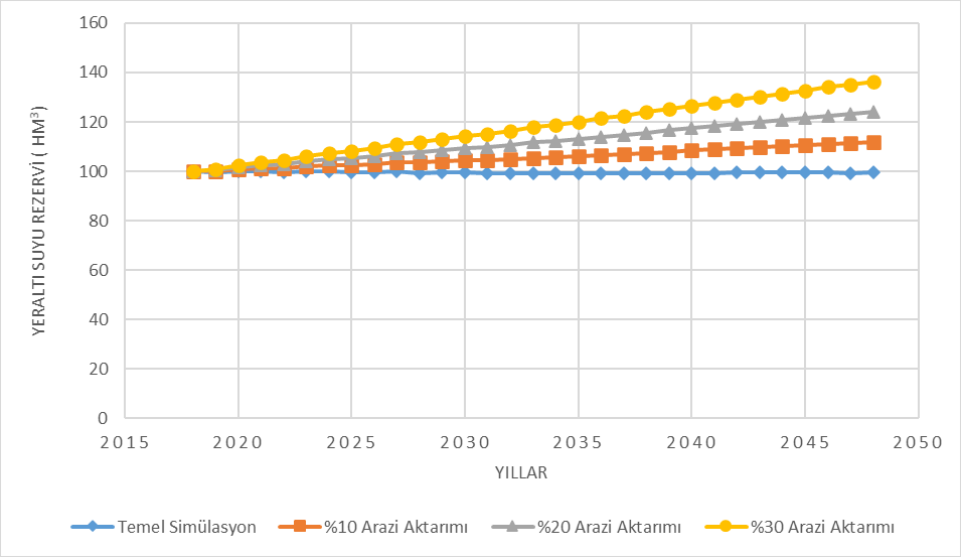
Model tepkilerinin incelenmesi amacıyla uygulanan bir diğer uygulama ise modelde tarım alanlarının birbiri arasında arazi akışlarına sahip olarak sulu-susuz tarım arasındaki akışın yeraltı suyu rezervi üzerindeki etkisinin incelenmesidir. Bu aşamada iki durum incelenmiştir. Bunlardan ilki susuz tarım ürünü olan buğday alanlarından sulu tarım ürünü olan pancar bitkisi alanlarına arazi akışı durumudur. Diğer bir durum ise pancar alanlarından buğday alanlarına gerçekleşen arazi akışıdır. Her iki durum için de kendi bünyesinde farklı yüzdeli arazi akışı belirlenmiştir. Bunlar her iki durumda da çalıştırılarak yeraltı suyundaki rezerv değişimleri incelenmiştir. Arazi akışı için belirlenen yüzdelik dilimler sırasıyla %10, %20, %30 olarak belirlenmiştir. Ayrıca belirtilen senaryolarda bölgesel olarak tarımdan elde edilen maddi kazanç değişimleri ve tarım faaliyetlerinde gider maliyetleri ile ilgili senaryo karşılaştırmaları da yapılmıştır.

Burada modelden hariç olarak susuz tarım alanından sulu tarım alanına gerçekleşen kaymalarda rezerv miktarının azaldığı ve tam tersi durumlarda da rezerv miktarının artacağı bilinmektedir. Modelin bu durumu yansıtıp yansıtmayacağı test edildiğinde Şekil 3-13 ve Şekil 3-14' te belirtilen sonuçlar ortaya çıkmıştır.



Şekil 3-13: Buğday alanlarından pancar alanlarına gerçekleşen arazi akışı sonucu rezerv değişimi

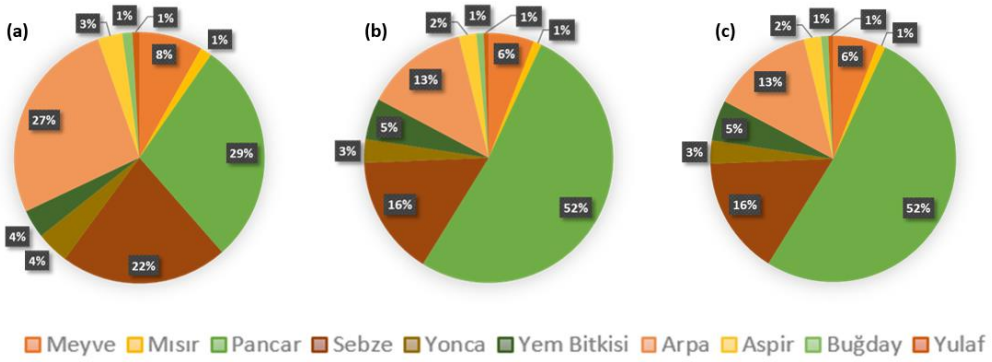
Susuz tarımdan sulu tarım alanlarına gerçekleşen belirli arazi akışlarında rezerv değişimi %10 arazi akışı durumunda temel simülasyonun üzerinde bir rezerv azalışı sunarken %20 arazi akışı bulunan durumda temel simülasyon durumundan ve %10 arazi akışından fazla rezerv tüketimi oluştuğu sonucuna ulaşılabilmektedir. Son olarak %30 arazi akışı durumunda temel simülasyon durumundan çok daha düşük seviyelere inen rezerv miktarları gözlenmiştir.



Şekil 3-14: Pancar alanlarından buğday alanlarına gerçekleşen arazi akışı sonucu rezerv değişimi

Pancar alanlarından buğday alanlarına doğru arazi akışı durumunda ise rezerv değişimi artış eğiliminde oluşmuştur. En fazla artış, arazi akış oranının en yüksek olduğu %30 yüzdelik diliminde oluşmuştur. Benzer şekilde en az rezerv artışı ise akış oranının en az olduğu %10 yüzdelik diliminde oluşmuştur.

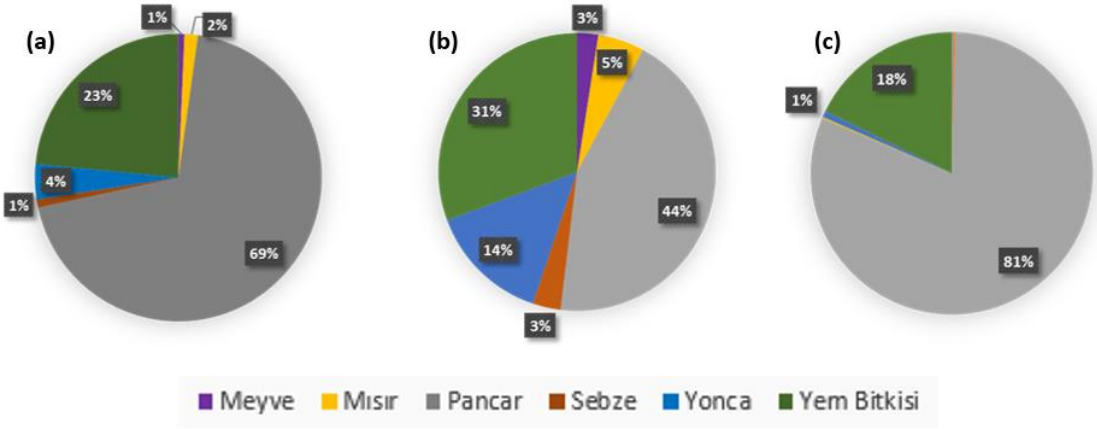
Bu aşamada bahsi geçen senaryo özelinde %10, %20 ve %30 olarak arazi geçişlerinde maksimum etkiyi ortaya çıkarması bakımından %30 arazi akışı senaryosu kapsamında tarımdan gelen maddi gelir ve tarım faaliyetleri için maliyet giderleri kıyaslamaları yapılmıştır. Ürünler özelinde ekonomik gelir/gider değerlerinin değişimi incelenerek senaryonun bölge ekonomisi üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçların kıyaslamaları Şekil 3-15 ve Şekil 3-16' da sunulmuştur.



Şekil 3-15: Arazi akışları sonucunda tarım ürünlerinden gelen kazanç (a: temel simülasyon dağılımı, b: sulu tarım alanından susuz tarım alanlarına %30 arazi akışı, c: susuz tarım alanlarından sulu tarım alanlarına %30 arazi akışı)

Şekil 3-15'te de gözlendiği üzere temel simülasyona göre ilk senaryoda sulu tarım alanlarından susuz tarım alanlarına %30 arazi akışı halinde pancar bitkisinden gelen gelir %15 oranında azalırken, susuz tarım ürünleri olan arpa ve buğday ürünlerinden gelen kazanç %2 oranında artmaktadır. Bölge geneline bakıldığında ise temel simülasyonda 106.6 milyon TL olarak hesaplanan kazanç değeri, susuz tarım alanlarına %30 arazi akışı halinde 91.1 milyon TL değerine gerilemiştir.

Bir diğer senaryo olan susuz tarım alanlarından sulu tarım alanlarına %30 arazi akışı oluşması halinde ise temel simülasyon baz alındığında pancar bitkisinden gelen kazanç %23 artışa uğrarken susuz tarım ürünlerinden gelen kazanç %14 azalmaya uğramıştır. Bölge genelinde incelendiğinde ise temel simülasyonda 106.6 milyon TL olan tarım kazancı, %30 sulu tarım alanlarına akış halinde 148.5 milyon TL seviyelerine çıkmıştır. Bu veriler göz önünde tutulduğunda sulu tarım alanlarına arazi akışı kazancı artıran bir durumda olsa bile bu bilgi tek başına yeterli değildir. Komple bir analiz oluşturulması için ürünlerin maliyet giderlerinin de incelenmesi gerekmektedir.



Şekil 3-16: Arazi akışları sonucunda tarım faaliyetlerinden oluşan maliyet (a: temel simülasyon dağılımı, b: sulu tarım alanından susuz tarım alanlarına %30 arazi akışı, c: susuz tarım alanlarından sulu tarım alanlarına %30 arazi akışı)

Tarım ürünlerinin oluşumundaki maliyet değerlerinin arazi akışı senaryosundaki değişimini inceleyecek olursak, %30 sulu tarım alanından susuz tarım alanına arazi akışında temel simülasyona göre pancar bitkisi için harcanan maliyet %25 azalmış durumdadır. Buna rağmen susuz tarım ürünleri için sulama yapılmadığından dolayı maliyet değerinde değişim oluşmamaktadır. Ayrıca bölge genelindeki maliyet değerlerini senaryo özelinde inceleyecek olursak, temel simülasyonda 16 milyon TL olan maliyet değeri %30 susuz tarım alanına akış halinde 4.5 milyon TL değerine gerilemektedir. Susuz tarım alanlarından sulu tarım alanlarına %30 arazi akışı halinde değişen maliyet değerini incelersek, pancar maliyetinin bölge maliyeti kaleminde tek hakim olduğu görülmüştür. Pancar maliyeti bölgede %12 oranında artış sağlarken temel simülasyon bazında bölge geneli 16 milyon TL olan maliyet değeri %30 sulu tarım alanına akış senaryosunda 88 milyon TL değerlerine sıçramıştır.

Kazanç ve maliyet sonuçları birlikte analiz edildiğinde birbiri arasındaki farktan yola çıkarak temel simülasyonda oluşan fark değeri yaklaşık 91 milyon TL değerinde olmuştur. Ancak sulu tarımdan susuz tarıma %30 arazi akışı senaryosunda ise yaklaşık 87 milyon TL fark oluşturarak temel simülasyondaki değerin üzerine çıkmıştır. Son olarak susuz tarım alanlarından sulu tarım alanlarına %30 geçiş senaryosunda ise bu fark 61 milyon TL değerine gerileyerek temel simülasyonun çok çok gerisinde kalmıştır. Yapılan bu analize dayanarak arazi geçişleri noktasında %30'luk geçiş

oranında susuz tarımda kalmak veya sulu tarım alanlarından susuz tarım alanlarına kaymak daha makul görünmektedir. Çünkü yeraltı suyu seviyelerinden dolayı sulama baskısı altında düşüş gerçekleştikçe maliyet değeri de artış eğilimindedir. Şayet yağışın bol olduğu sulama ihtiyacının daha az olduğu veya da sulama suyu miktarının fazla olduğu koşullarda sulu tarımda kalmak bölge için makul olabilmektedir.

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, su kullanıcılarının hedeflerinin, algılarının ve anlayışlarının yeraltı suyu sistemini nasıl etkilediğini ortaya çıkarmak için Palas Ovası'nda insan-akifer etkileşimleri incelenmiştir. Bu amaçla anket, bilişsel haritama ve dinamik sistem modelleme yaklaşımlarından yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, havza ölçeğinde yapılacak yüzey ve yeraltı suyu planlamalarında bir veri kaynağı olarak kullanılabilir.

Uygulanan bulanık bilişsel haritalama çalışmasında sonuç olarak yerel halk ve kamu personelleri arasında bazı farklılıklar gözlenmiştir. Bu farklılıklardan ilki oluşturulan haritalarda devlet memurlarının değişken sayısı, bağlantı sayısı ve karmaşıklık derecesi gibi değişkenlerde yerel halkın haritalarından daha fazla olduğudur. Bu durum hem kamu personelinin bölgeye bakış açısındaki çeşitliliği göstermektedir hem de bilgi birikiminden doğan bir farklılığın etkisini sunmaktadır. Öte yandan diğer bir farklılık ise bilişsel haritalarda en çok anılan değişkenlerdeki çatışma olarak ortaya çıkmaktadır. Yerel halk sulama ve su kıtlığı ile ilgili konuları haritalarında en çok ifade ederken, kamu personelleri tarım ürünleri ve tarımsal üretimi en çok ifade etmektedirler. Bu noktadaki farklılık ise temelde politika açmazlarını oluşturan etkenlerdendir. Zira uygulanan politikaların işlevsizliği bu ve bunun gibi çatışmalardan kaynaklanmaktadır. Böyle olumsuz durumlarla karşılaşmamak adına katılımcı ve aktif bir planlama süreci zorunlu hale gelmektedir.

Dinamik sistem modellemesi aşamasında farklı senaryolar eşliğinde yeraltı suyu rezervi değişimleri analiz edilmiştir. Uygulanan farklı senaryolar ise iklim şartlarının yeraltı suyuna etkisi, sulama suyu ihtiyacının karşılanma yüzdesi değişiminin yeraltı suyundaki rezervine etkisi ve arazi örtüsü kaymalarının yeraltı suyu rezervine etkisi şeklindedir. Belirtilen bu senaryoların sunduğu etkiler yeraltı suyu rezerv değişimi, yeraltı suyu tablasında meydana gelen değişimler ve yeraltı suyu kullanımı şeklinde başlıklarda kontrol edilmiştir. Ek olarak arazi akışlarındaki ekonomik değişimler de incelenmiştir. Dinamik sistem modellemesi sonuçları göz önünde tutulduğunda bölgedeki yeraltı suyu varlığının temelde iklim ve sulama suyunun yeraltı suyu kaynağından kullanılmasına bağlı olduğu görülmüştür. Yeraltı sularında rezerv miktarlarındaki artış veya azalış önemli oranda iklim ve sulama kaynağı olarak kullanıma bağlı şekillenmektedir. Yapılan model çalışması sonucunda iklim verilerindeki sert kuraklıklarda kaynak belirli bir zaman sonra önemli miktarlarda azalmakta ve yüksek yağışlı durumların devam etmesi halinde ise rezerv miktarı artış haline geçmektedir. Bu noktada hava tahminlerinin özellikle yağış ve buharlaşma olarak tahmin edilen verilerin modelde kullanılabilirliği mevcuttur. Bahsedilen kullanım sayesinde ilerleyen yıllardaki sulama suyu kaynağının durumu ve geleceği hakkında da fikirler yürütülebilir. Son olarak bilişsel haritalamada katılımcıların ifade ettiği küresel iklim değişikliği değişkeninin yeraltı suyu kaynağı üzerinde etkisi olduğu da belirtilmiştir. Böylece hem modelin iklim koşulları altında çalıştırılması hem de iklim verilerinin sonucunda modeldeki çıktı verileri bu bilişsel bağlantının önemini güçlendirmektedir.

Bölgedeki ürün çeşitliliğine bakıldığında pancar bitkisi yüksek kar oranından dolayı zamanla artan bir arazi örtüsüne sahip durumdadır. Ancak bu durum bölge ekonomisine önemli bir katkı sunsa da, bölgedeki tek sulama suyu kaynağı olan yeraltı suyu kaynağındaki baskıyı artırarak uzun vadede kaynağın fazla miktarda tükenmesine yol açmaktadır. Bu durumun önüne geçilmesi için diğer ürünlerde de kar marjlarının pancar bitkisi karşısındaki zayıflığının giderilmesi gerekmektedir. Bu sayede pancar alanlarından susuz şartlarda yetiştirilen ürünlerin alanlarına doğru kaymalar gerçekleşerek yeraltı suyu kaynağındaki baskı hafifletilebilir veya giderilebilir. Yani susuz tarımdan sulu tarıma geçiş oluşursa yeraltı suyu

rezervinde düşüşler meydana gelerek net kar değerleri düşebilmektedir. Bu durumun modele yansıması ise bölgede yetiştirilen pancar alanlarının yoğunluğundan kaynaklı yeraltı suyu kaynağının baskı altına alınması şeklinde gözlenmiştir. Pancar alanlarından susuz tarım alanlarına doğru oluşan arazi akışı senaryosunda yeraltı suyu rezervi artış gösterirken, gelir değeri daha az seviyelerde seyredebilmektedir. Düşük arazi geçişlerinde pancar bitkisinin getirdiği kardan bahsetsek bile bu uzun dönemler baz alındığında yeraltı suyu rezerv azalışlarından dolayı pancar üretimi daha maliyetli hale gelmektedir. . Bunun önüne geçilebilmesi için bölge tarımında susuz tarım ürünlerinin de daha karlı duruma gelmesi gerekmektedir. Ayrıca pancar bitkilerindeki üretim teşvik destekleri daha yoğun olduğundan üreticilerin ürün seçiminde tercihleri bu noktaya doğru olmaktadır. Bu durum çalışma öncesi anketlerde de belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır.

Bölgede çalışma öncesi gerçekleştirilen anket çalışmalarında ve bilişsel haritalarda oldukça merkezi şekilde karşımıza çıkan değişkenlerden Bahçelik Barajı'nın sulamada daha fazla kullanılmasının bölge tarımını ve yeraltı suyunu rahatlatacağı noktası model aşamasında kontrol edilmiştir. Yeraltı suyunun sulamada kullanılma yüzdeleri değiştirilerek yeraltı suyu rezervinin değişimi incelenmiştir. Bu kapsamda sulama suyunun yeraltı suyundan karşılanma yüzdesi arttıkça yeraltı suyu üzerindeki baskı artarak rezervi azaltıcı etki getirmektedir. Bu yönelim de Bahçelik Barajı'nın sulama noktasında kullanımının daha aktif olması halinde yeraltı suyundaki rezervin, kullanım miktarındaki azalışlardan dolayı olumlu yönde etkileneceğini ifade etmektedir. Ayrıca Bahçelik Barajı'nın daha fazla uygulamaya geçmesinin sonucu olarak yeraltı suyunun yüzey suyu akışlarını da daha fazla besleyebileceği olumlu olarak yansıyabilecek bir diğer önemli husustur.

Son olarak gerçekleştirilen bu çalışma Su Çerçeve Direktifi havza planı aşamalarına uyarak kısmi bir yönetim planı mahiyetindedir. Çalışmadaki verilerin daha da güçlendirilmesi ve veri çeşitliliğinin artırılması ile bölge özelinde bir havza planı şekline getirilebilir. Bu bakımdan düşünüldüğünde gerçekleştirilen tez çalışması devam niteliğinde bir çalışma alanı oluşturabilmektedir. Bu sebeple elde

edilen sonuçlardan hareketle ve alt fikir oluşturması amacıyla öneriler başlığı altında bölge ile alakalı çeşitli öneriler sunulmaktadır.

Bu tez çalışması neticesinde özelden genele doğru bölgesel olarak bir öneriler bütünü oluşturulmuştur. Bu önerileri maddeler halinde sıralamak mümkündür.

İlk olarak bölgede bir tarım faaliyetleri-su kullanımı arasında bir çatışma bulunmaktadır. Su kullanımında hem ürün bazında hem de alan bazında dengesizlikler mevcuttur. Bunu hem gerçekleştirilen anketlerden hem de yerel katılımcıların bulanık bilişsel haritalarından anlayabiliyoruz. Suyun kısıtlı olduğu/olabileceği durumu göz ardı edilerek sulamaya bağımlı olmayan ürünlerin sulanması ve sulama işlemlerinde belirli bir standart süre olmamasından dolayı bu noktada temel bir problem meydana gelmektedir. Yerelde tarım ile uğraşan kesime sulamanın yararları, sulama ölçütleri, sulamaların hangi bitkilerde ne oranlarda faydalı olduğunun bilinci aşılanmalıdır. Bu sayede bütün ürünlerin değil sadece suya bağımlı ürünlerin sulanması sağlanabilecektir. Bu hususta bir diğer çözüm önerisi ise sulama işlemlerinde otomasyon sistemlerin kullanılmasındaki oranın artmasıdır. Bu hem su kullanımındaki hem veriyi çeşitlendirecek hem de veri düzenini sağlayacaktır. Bu durum da izleme ve tahsis politikalarında oldukça tutarlı politikalar uygulanmasının önünü açacaktır. Bu önerinin bir diğer getirisi ise suyun sistematik dağıtımı sayesinde sulamadaki israfın önüne geçecek olmasıdır. Ayrıca mevsimsel olarak kurak/sulak şartlara ve tahminlere göre daha toleranslı bir sistem olacağından kısa vadeli su ihtiyacı değişimlerinde daha etkili sulama işlemi yapılabilecektir.

Bölgede yerel olarak bir diğer dengesiz durum ise tarım ile uğraşanların ekonomik kazanç standardının olmamasıdır. Hem ürüne özel teşvikler vasıtasıyla hem de ürünler arasındaki borsa değişimlerinden kaynaklı gelirlerde bir standart yakalanamamaktadır. Ek olarak bazı teşviklerin tamamının önceden verilmesi gelir harcamalarındaki manevra kabiliyetini sınırlamaktadır. Öneri noktasında ise devlet politikalarının her ürüne ait uygun teşvikler sunması ve bölge ekolojisine, zirai durumuna göre ürünlerde öncelikli teşvik politikası yürütmesi gerekmektedir. Bu durum yüksek karlı ürünlerin bölgedeki baskın durumu kırarken, ürün bazında da bir gelir dengesi oluşturacaktır.

Bir diğer konu ise yerüstü ve yeraltı sularındaki tarım baskısıdır. Tarım aktivitelerinden dolayı kalite konusunda tarım baskısı altında olan bu kaynaklar ile ilgili çözüm yoluna gidilmelidir. Bölgede tarım ilacı, gübre kullanımı gibi başlıklar mutlaka veri tabanı oluşturularak düzenlenmeli ve denetlenmelidir. Ayrıca bölgede bu hususta ziraat mühendisi tavsiyelerinin de daha belirleyici ve aktif olması gerekmektedir. Son olarak devlet kurumlarında tarım ilacı ve gübrelemeyi daha aktif kontrol edebilen bir sistem oluşturularak izleme yapılabilir.

Havza genelindeki aksaklıklara değinecek olursak, havzada kesinlikle meteoroloji ölçüm ve izleme istasyonu sayısı artırılmalıdır. Bölgenin tarım havzası olması sebebiyle istasyon sayısı artırılarak daha lokal veriler edinilerek bu veriler işlenip daha tutarlı tahminler yapılmalıdır. Bu sayede mevsimsel hava olaylarının bölgedeki etkisi minimum seviyeye çekilmiş olacaktır. Ayrıca bölgede bulunan Tuzla Gölü için de sürekli izleme istasyonu kurularak göl suyunun kalitesinin anlık izlenmesi gerekmektedir. Gölün ilk olarak ekolojik varlığı ve dengeleri daha iyi korunacak olup, bölgenin rekreatif bir yapısı olması sebebiyle de iç ve dış turizm sayesinde yerel halk için kalkınma kapısı oluşturacaktır.

Ayrıca bölge bazında geniş çaplı disiplinler arası bir katılımla kısa-orta-uzun vadeli havza planı ve havza hedefleri oluşturulmalıdır. Bu plan hem bölge insanına işlenmeli hem de halk tarafından kolay ulaşılabilir olmalıdır. Bu sayede sivil toplum kuruluşları, bölge halkı, bilim insanları gibi doğal denetçilerden de geri dönüşler alınabilir ve planın uygulanması noktasında daha etkili olunabilir.

Son olarak bölgedeki yeraltı suyu kapsamında daha sistematik ve kapsamlı verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Verilerin elde edilmesi üçüncü şahıslardan ziyade direkt olarak yeraltı suyundan temin edilirse daha sağlıklı bir plan oluşturulacaktır. Bu noktada yıl yıl değişimlerin analiz edilerek gelecekteki durumun modellemesi yapılmalı ve strateji geliştirilmelidir. Ayrıca hem değişimler hem de model sonuçları bölge insanıyla yapılacak toplantılarda anlaşılabilir düzeyde aktarılmalıdır.

KAYNAKÇA

Allen, R., Pruitt, W., Wright, J., Howell, T., Ventura, F., Snyder, R., Itenfisu, D., Steduto, P., Berengena, J. ,Yrisarry, J., 2006. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO56 Penman-Monteith method. **Agricultural Water Management 81**(1-2): 1-22.

Alley, William M, Healy, Richard W, LaBaugh, James W ,Reilly, Thomas E, 2002. Flow and storage in groundwater systems. **Science 296**(5575): 1985-1990.

Almasri, M. ,Kaluarachchi, J., 2007. Modeling nitrate contamination of groundwater in agricultural watersheds. **Journal of Hydrology 343**(3-4): 211-229.

Altıkat, A., Turan, T., Torun, F. ,Bingül, Z., 2009. Türkiye'de pestisit kullanımı ve çevreye olan etkileri. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 40**(2): 87-92.

Amiri, A., Taner Azgin, S. ,Dadaser-Celik, F. 2017. Calibration and Validation of a SWAT model for Palas Basin (Kayseri) using SUFI2 Algorithm. 2nd International Conference on Civil and Environmental Engineering. Nevşehir

Anonim. (2001). "What is groundwater?" Retrieved Mart 2019, from https://www.un-igrac.org/what-groundwater.

Anonim, 2009. Pumping Water - Energy Cost Calculator

Anonim. (2010). "Tuzla Palas Gölü Sulak Alani." Retrieved 04.02.2020, 2020, from http://kayseri.ormansu.gov.tr/Kayseri/Tuzla.aspx?sflang=tr.

Anonim. (2020). "The Water Cycle." Retrieved 10.06.2020, from https://gpm.nasa.gov/education/water-cyclehttps://gpm.nasa.gov/education/water-cycle.

Arias-Estévez, M., López-Periago, E., Martínez-Carballo, E., Simal-Gándara, J., Mejuto, J.C. ,García-Río, L., 2008. The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. **Agriculture, Ecosystems & Environment 123**(4): 247-260.

Azgin, S.T. ,Dadaser-Celik, F., 2015. Spatial and temporal changes at Tuzla (Palas) Lake in Turkey. **Journal of Water and Climate Change 6**(4): 787-799.

Azgın, Ş.T., 2015. Palas ovası'nda arazi örtüsü değişimlerinin belirlenmesi ve yayılı kirletici yüklerin SWAT ile modellenmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 171 s.

Azgin, Ş.T. ,Dadaser-Celik, F. 2016. Water Quality Assessment of Saline Lake Tuzla/Palas In The Central Anatolia Region. Turkey. 9'th International Conference on Sustainable Energy and Environmental Protection Conference. Kayseri

Babiker, Insaf S, Mohamed, Mohamed AA, Terao, H, Kato, Kikuo ,Ohta, Keiichi, 2004. Assessment of groundwater contamination by nitrate leaching from intensive vegetable cultivation using geographical information system. **Environment International 29**(8): 1009-1017.

Barati, A., Azadi, H. ,Scheffran, J., 2019. A system dynamics model of smart groundwater governance. **Agricultural Water Management 221**: 502-518.

Barlas, Y., 1996. Formal aspects of model validity and validation in system dynamics. **System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society 12**(3): 183-210.

Bice, David M, 2006. STELLA modeling as a tool for understanding the dynamics of earth systems. **SPECIAL PAPERS-GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA 413**: 171.

Bloetscher, F. 2014. M21 Groundwater, Fourth Edition. American Water Works Association, Denver, 153 s.

Bougon, M. , W., Karl ,B., Din, 1977. Cognition in organizations: An analysis of the Utrecht Jazz Orchestra. **Administrative Science Quarterly 22**(4): 606-639.

Boz, İ. 2015. Türkiye'de yeraltı suyu potansiyeli ve kullanımı, DSİ., Ankara, 27 s.

Böhlke, J.K., 2002. Groundwater recharge and agricultural contamination. **Hydrogeology Journal 10**(1): 153-179.

Cengiz, E., 2012. Tuzla (Palas) Gölü'nün iklim değişikliğine duyarlılığının incelenmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 57 s.

Cengiz, E. , Azgın, Ş.T. ,Dadaser-Celik, F. 2013. Modeling Water Levels at Tuzla (Palas) Lake in Turkey Using Artificial Neural Networks. International Conference on Environmental Science and Technology. Nevşehir

Costanza, Robert ,Voinov, Alexey 2001. Modeling ecological and economic systems with STELLA: Part III, Elsevier

Dadaşer-Çelik, F. ,Çelik, M., 2017. Modelling surface water-groundwater interactions at the Palas Basin (Turkey) using FREEWAT. **Acque Sotterranee-Italian Journal of Groundwater 6**(3).

Dadaşer, F., 2002. Katılımcı yönetim yaklaşımıyla Tuzla Gölü ekosistemi için çevre yönetim planı. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 193 s.

Dadaser-Celik F., ,S.T., Azgın 2013. Monitoring Water Extent Changes at Tuzla (Palas) Lake in Turkey Using Multitemporal Landsat Imagery. IPWE 2013 - 6th International Perspective on Water Resources & Environment. İzmir

Darcy, H. 1856. Les Fontaines publiques de la ville de Dijon. Exposition et application des principes à suivre et des formules à employer dans les questions de distribution d'eau, etc, V. Dalamont.

De Filippis, G., Pouliaris, C., Kahuda, D., Vasile, T.A., Manea, V.A., Zaun, F., Panteleit, B., Dadaser-Celik, F., Positano, P. ,Nannucci, M.S., 2020. Spatial Data Management and Numerical Modelling: Demonstrating the Application of the QGIS-Integrated FREEWAT Platform at 13 Case Studies for Tackling Groundwater Resource Management. **Water 12**(1): 41.

Deaton, Michael ,Winebrake, James J 1999. Dynamic modeling of environmental systems, Springer Science & Business Media.

Delleur, J.W. 2006. The handbook of groundwater engineering. CRC press, Florida, 581 s.

Desa, UN, 2016. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development.

DOLSAR 2015. Kizilirmak Havzasi Master Plani Hazirlanmasi İşi

Doorenbos, J ,Kassam, AH, 1979. Yield response to water. **Irrigation and drainage paper**(33): 257.

DSİ. (2014, 02.02.2020). "Toprak Su Kaynakları." from http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari.

Dumlu, O., Bozkurtoğlu, E. ,Yalçın, H.T. 2006. Yeraltısuyu Jeolojisi ve Hidroliği, Literatür Yayıncılık. İstanbul, 255 s.

Eckhardt, K ,Ulbrich, U, 2003. Potential impacts of climate change on groundwater recharge and streamflow in a central European low mountain range. **Journal of Hydrology 284**(1-4): 244-252.

Eden, C., Ackermann, F. ,Cropper, S., 1992. The analysis of cause maps. **Journal of Management Studies 29**(3): 309-324.

Eken, G., Bozdoğan, M., Karataş, A. ,Lise, Y., 2006. Key biodiversity areas: Identifying the world's priority sites for conservation–lessons learned from Turkey.

Erdem, Yesim ,Yuksel, A Nedim, 2003. Yield response of watermelon to irrigation shortage. **Scientia Horticulturae 98**(4): 365-383.

Ferguson, Grant ,Gleeson, Tom, 2012. Vulnerability of coastal aquifers to groundwater use and climate change. **Nature Climate Change 2**(5): 342-345.

Fitts, C.R. 2002. Groundwater Science Elsevier,Amsterdam, 692 s.

Foster, S.S.D. ,Perry, C.J., 2010. Improving groundwater resource accounting in irrigated areas: a prerequisite for promoting sustainable use. **Hydrogeology Journal 18**(2): 291-294.

Freeze, R Allan ,Cherry, John A, 1979. Groundwater. Prentice-Hall, New Jersey**,** 604 s.

Gehman, C.L., Harry, D.L., Sanford, W.E., Stednick, J.D. ,Beckman, N.A., 2009. Estimating specific yield and storage change in an unconfined aquifer using temporal gravity surveys. **Water Resources Research 45**(4).

Giordano, R., Brugnach, M. ,Vurro, M., 2012. System dynamic modelling for conflicts analysis in groundwater management.

Goss, M. J. ,Barry, D. A. J., 1995. Groundwater quality: Responsible agriculture and public perceptions. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics 8**(1): 52-64.

Green, Timothy R, Taniguchi, Makoto, Kooi, Henk, Gurdak, Jason J, Allen, Diana M, Hiscock, Kevin M, Treidel, Holger ,Aureli, Alice, 2011. Beneath the surface of global change: Impacts of climate change on groundwater. **Journal of Hydrology 405**(3-4): 532-560.

Groumpos, P.P. ,Stylios, C.D., 2000. Modelling supervisory control systems using fuzzy cognitive maps. **Chaos, Solitons & Fractals 11**(1-3): 329-336.

Hansen, B., Thorling, L., Kim, H. ,Blicher-Mathiesen, G., 2019. Long-term nitrate response in shallow groundwater to agricultural N regulations in Denmark. **Journal of environmental management 240**: 66-74.

Harary, F., Norman, R.Z. ,Cartwright, D. 1965. Structural models: an introduction to the theory of directed graphs. Wiley, New Jersey, 415 s.

Hildebrandt, A., Guillamón, M., Lacorte, S., Tauler, R. ,Barceló, D., 2008. Impact of pesticides used in agriculture and vineyards to surface and groundwater quality (North Spain). **Water Research 42**(13): 3315-3326.

Howell, Terry A ,Evett, SR, 2004. The Penman-Monteith Method. **Evapotranspiration: Determination of Consumptive Use in Water Rights Proceedings, Continuing Legal Education in Colorado, Inc. Denver, Colorado**.

Howle, J.F., Phillips, S.P., Denlinger, R.P. ,Metzger, L.F., 2003. Determination of specific yield and water-table changes using temporal microgravity surveys collected during the second injection, storage, and recovery test at Lancaster, Antelope Valley, California, November 1996 through April 1997. **Water-Resources Investigations, Report**: 03-4019.

İmamoğlu, İ. ,Erdoğdu, S. 2017. Kirlenmiş Saha Temizleme/İyileştirme Teknolojileri Kılavuzu. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, 168 s.

.

Istanbulluoglu, Ahmet, Kocaman, Israfil ,Konukcu, Fatih, 2002. Water use-production relationship of maize under Tekirdag conditions in Turkey. **Pakistan Journal of Biological Sciences 5**(3): 287-291.

Jackson, R.B., Carpenter, S.R., Dahm, C.N., McKnight, D.M., Naiman, R.J., Postel, S.L. ,Running, S.W., 2001. Water in a changing world. **Ecological Applications 11**(4): 1027-1045.

Jalali, M., 2005. Nitrates leaching from agricultural land in Hamadan, western Iran. **Agriculture, Ecosystems & Environment 110**(3-4): 210-218.

Jetter, A.J. ,Kok, K., 2014. Fuzzy Cognitive Maps for futures studies—A methodological assessment of concepts and methods. **Futures 61**: 45-57.

Katic, P.G. ,Grafton, R.Q., 2012. Economic and spatial modelling of groundwater extraction. **Hydrogeology Journal 20**(5): 831-834.

Kiziloglu, Fatih M, Sahin, Ustun, Kuslu, Yasemin ,Tunc, Talip, 2009. Determining water–yield relationship, water use efficiency, crop and pan coefficients for silage maize in a semiarid region. **Irrigation Science 27**(2): 129.

Kløve, Bjørn, Ala-Aho, Pertti, Bertrand, Guillaume, Gurdak, Jason J, Kupfersberger, Hans, Kværner, Jens, Muotka, Timo, Mykrä, Heikki, Preda, Elena ,Rossi, Pekka, 2014. Climate change impacts on groundwater and dependent ecosystems. **Journal of Hydrology 518**: 250-266.

Kolusu, Seshagiri Rao, Shamsudduha, Mohammad, Todd, Martin C, Taylor, Richard G, Seddon, David, Kashaigili, Japhet J, Ebrahim, Girma Y, Cuthbert, Mark O, Sorensen, James PR ,Villholth, Karen G, 2019. The El Niño event of 2015-16: climate anomalies and their impact on groundwater resources in East and Southern Africa. **Hydrology and Earth System Sciences 23**: 1751-1762.

Kosko, B., 1986. Fuzzy cognitive maps. **International Journal of Man-Machine Studies 24**(1): 65-75.

Kuslu, Y, Sahin, U, Tunc, T ,Kiziloglu, FM, 2010. Determining water-yield relationship, water use efficiency, seasonal crop and pan coefficients for alfalfa in a semiarid region with high altitude. **Bulgarian Journal of Agricultural Science 16**(4): 482-492.

Kuşçu, Hayrettin, Turhan, Ahmet ,Demir, Ali Osman, 2014. The response of processing tomato to deficit irrigation at various phenological stages in a sub-humid environment. **Agricultural Water Management 133**: 92-103.

Kwon, H., Koh, D.C., Jung, Y.Y., Kim, D.H. ,Ha, K., 2020. Evaluating the impacts of intense seasonal groundwater pumping on stream–aquifer interactions in agricultural riparian zones using a multi-parameter approach. **Journal of Hydrology 584**: 124683.

Lee, C.M., Hamm, S.Y., Cheong, J.Y., Kim, K., Yoon, H., Kim, M. ,Kim, J., 2020. Contribution of nitrate-nitrogen concentration in groundwater to stream water in an agricultural head watershed. **Environmental Research**: 109313.

Levallois, P, Theriault, M, Rouffignat, J, Tessier, S, Landry, R, Ayotte, P, Girard, M, Gingras, S, Gauvin, D ,Chiasson, C, 1998. Groundwater contamination by nitrates associated with intensive potato culture in Quebec. **Science of the Total Environment 217**(1-2): 91-101.

MacDonald, N., 1983. Trees and networks in biological models.

Malone, D.W., 1975. An introduction to the application of interpretive structural modeling. **Proceedings of the IEEE 63**(3): 397-404.

Markou, A., 2013. How much water is there? **Aquifer Water Resources**.

Maroufpoor, S., Jalali, M., Nikmehr, S., Shiri, N., Shiri, J. ,Maroufpoor, E., 2020. Modeling groundwater quality by using hybrid intelligent and geostatistical methods. **Environmental Science and Pollution Research International**.

Nas, Bilgehan ,Berktay, Ali, 2006. Groundwater contamination by nitrates in the city of Konya,(Turkey): A GIS perspective. **Journal of Environmental management 79**(1): 30-37.

Oki, Taikan ,Kanae, Shinjiro, 2006. Global hydrological cycles and world water resources. S**cience 313**(5790): 1068-1072.

Oude Essink, GHP, Van Baaren, Esther S ,De Louw, Perry GB, 2010. Effects of climate change on coastal groundwater systems: A modeling study in the Netherlands. **Water resources research 46**(10).

Özdoğan, G. , 2015. Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak Palas Ovası'nın arazi yüzey sıcaklığı değişimlerinin incelenmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 51 s.

Özesmi, U., 2000. Conservation strategies for sustainable resource use in the Kizilirmak Delta in Turkey.

Özesmi, U. ,Özesmi, S., 2003. A participatory approach to ecosystem conservation: fuzzy cognitive maps and stakeholder group analysis in Uluabat Lake, Turkey. **Environmental Management 31**(4): 0518-0531.

Özesmi, U. ,Tan, C.O., 2006. Cognitive maps of complex systems show hierarchical structure and scale-free properties. **ArXiv Preprint q-bio/0612030**.

Özlü, Tamer ,Gündüz, Sercan, 2016. Tuzla Gölü'nün (Kayserİ) Hİdrografİk Özellİklerİ Ve 1975-2015 Yillari Arasinda Yaşanan Sevİye Değİşmelerİ. **Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 28**(1): 1-14.

Özlü, Tamer, Gündüz, Sercan ,Çağlak, Savaş, 2017. Tuzla Gölü Havzasi'Nin (Kayseri) Uygulamali Jeomorfolojisi (Applied Geomorphology of Tuzla Lake Basin (Kayseri)). **Studies Of The Ottoman Domain 7**(12).

Peña-Haro, S., Llopis-Albert, C., Pulido-Velazquez, M. ,Pulido-Velazquez, D., 2010. Fertilizer standards for controlling groundwater nitrate pollution from agriculture: El Salobral-Los Llanos case study, Spain. **Journal of Hydrology 392**(3-4): 174-187.

Shah, T., Burke, J., Villholth, K.G., Angelica, M., Custodio, E., Daibes, F., Hoogesteger, J., Giordano, M., Girman, J. ,Van Der Gun, J. 2007. Groundwater: a global assessment of scale and significance.

Simon, H.A. 1996. The sciences of the artificial. MIT press, Massachusetts, 166 s.

Solana-Gutiérrez, J., Rincón, G., Alonso, C. ,García-de-Jalón, D., 2017. Using fuzzy cognitive maps for predicting river management responses: A case study of the Esla River basin, Spain. **Ecological Modelling 360**: 260-269.

Somuncu, M., 1996. Palas Ovası'nda coğrafya gözlemleri (Geographical observations in Palas Plain). **Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi 5**: 183-211.

Sönmez, İ., Kaplan, M. ,Sönmez, S., 2008. Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. **Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi 25**(2): 24-34.

Sterman, John ,Rahmandad, Hazhir 2013. Introduction to System Dynamics, Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare

Stewart, JI, Cuenca, RH, Pruitt, WO, Hagan, RM ,Tosso, J, 1977. Determination and utilization of water production functions for principal California crops. **University of California, Davis, CA, USA**.

Stylios, C.D. ,Groumpos, P.P., 2004. Modeling complex systems using fuzzy cognitive maps. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans 34**(1): 155-162.

Sünal, S. ,Erşahin, S., 2012. Türkiye'de tarımsal kaynaklı yeraltı suyu nitrat kirliliği. **Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi**(2): 116-118.

Tang, Y., Zhou, J., Yang, P., Yan, J. ,Zhou, N. 2017. Groundwater engineering. Springer, Singapur, 403 s.

Tavşanoğlu, N., Tektaş Keskin, A, Bozok, G., Çetiner, Ö., Tavşanoğlu, Ç., Perktaş, U., Dişli, E. , Ataseven, Y., Dinç Sarısoy, H. ,Cırık, U. 2012. Tuzla Palas Gölü Sulak Alan Biyolojik Çeşitlilik Araştırması. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Kayseri, 186 s.

Topak, Ramazan, Süheri, Sinan ,Acar, Bilal, 2011. Effect of different drip irrigation regimes on sugar beet (Beta vulgaris L.) yield, quality and water use efficiency in Middle Anatolian, Turkey. **Irrigation Science 29**(1): 79-89.

Turner, S.W.D., Hejazi, M., Yonkofski, C., Kim, S.H. ,Kyle, P., 2019. Influence of Groundwater Extraction Costs and Resource Depletion Limits on Simulated Global Nonrenewable Water Withdrawals Over the Twenty-First Century. **Earth's Future 7**(2): 123-135.

Usul, N. 2008. Mühendislik hidrolojisi. ODTÜ Yayıncılık,Ankara, 408 s.

Ünal, A.A. ,Sargın, A.H. (2001). "Yeraltı Suyu Kirliliği." Retrieved 12.06.2020, from http://www.dsi.gov.tr/docs/yayinlarimiz/yeraltisuyu-kirliligi.pdf?sfvrsn=4.

Worrall, F., Besien, T. ,Kolpin, D.W., 2002. Groundwater vulnerability: interactions of chemical and site properties. **Science of the Total Environment 299**(1-3): 131-143.

WWAP 2019. The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind, UNESCO World Water Assessment Programme Paris

Yolcubal, İ. (2014). "Hidrojeoloji Ders Notları." Retrieved 12.06.2020, 2020, from http://jeoloji.kocaeli.edu.tr/dosyalar/dersNotlari/hidrojeoloji_ders_notlari.pdf.

Zaporozec, Alexander 2004. Groundwater contamination inventory: a methodological guide;[with a model legend for groundwater contamination inventory and risk maps]; prepared for the International Hydrological Programme within Project 3.1 (IHP-V). Unesco, Wisconsin, 162 s.

Zhang, W.L., Tian, Z.X., Zhang, N. ,Li, X.Q., 1996. Nitrate pollution of groundwater in northern China. **Agriculture, Ecosystems & Environment 59**(3): 223-231.

Zomorodian, M., Lai, S.H., Homayounfar, M., Ibrahim, S., Fatemi, S.E. ,El-Shafie, A., 2018. The state-of-the-art system dynamics application in integrated water resources modeling. **Journal of Environmental Management 227**: 294-304.

EKLER

EK 1. ÇALIŞMADA KATILIMCILARA YÖNELTİLEN ANKET SORULARI

ANKETİ

1- HANGI MAHSULLERI YETIŞTIRIYORSUNUZ?

☐ Buğday ☐ Arpa ☐ Şeker pancarı ☐ Mısır

☐ Diğer .....

2- MAHSULLERI DEGIŞTIRIYORSANIZ HANGI FAKTORLERE GORE SEÇIM YAPIYORSUNUZ?

☐ Kar Oranına Göre

☐ Toprağın Zirai Yapısına Göre

☐ Gider Harcamalarına Göre

☐ Tarım Politikalarına Göre

☐ Ürünün Su Ihtiyacına Göre

☐ Ürün Popülaritesine Göre

☐ Ekipman Durumuna Göre

☐ Diğer .....

3- HANGİ ÜRÜNLERİ SULUYORSUNUZ?

☐ Buğday

☐ Arpa

☐ Şeker Pancarı

☐ Mısır

☐ Yulaf

☐ Diğer .....

4- TARIM ALANLARINIZDA NE SIKLIKLA SULAMA YAPIYORSUNUZ?

ÜRÜN ADI	SULAMA SIKLIĞI
Buğday	
Arpa	
Yulaf	
Mısır	
Şeker Pancarı	
Diğer	

5- SULAMA SUYUNU NEREDEN TEMİN EDİYORSUNUZ?

☐ Şebeke Suyu .....

☐ Yeraltı Suyu .....

☐ Yerüstü Su Kaynakları .....

☐ DSI Sulama Kanalı .....

☐ Diğer .....

6- HANGI FAKTORLER NE KADAR SU POMPALADIGINIZI ETKILER?

☐ Kuraklık ☐ Suyun Birim Fiyatı ☐ Hasat Verimliliğini Artırma

☐ Su Bolluğu ☐ Sulama Suyunun Kalitesi ☐ Diğer Faktörler .....

7- HANGİ YÖNTEMLE SULAMA YAPIYORSUNUZ?

YUZEY SULAMA YONTEMLERI

☐ Salma Sulama

☐ Karık Sulama

☐ Tava Sulama

☐ Uzun Tava (Border) Sulama

BASINÇLI SULAMA YONTEMLERI

☐ Damla Sulama

☐ Yağmurlama Sulama

☐ Mikro Yağmurlama Sulama

☐ Sızdırma Sulama

8- SULAMA YÖNTEMİNİZİ HANGİ FAKTÖRLERE GÖRE BELİRLEDİNİZ?

☐ Sulama Ekipmanı ☐ İlk Yatırım ve İşletme ☐ Maliyeti
☐ Çevreci Yaklaşım ☐ Bitki Özellikleri ☐ Ürün Sağlığı/Verimliliği
☐ Ekonomik Tasarruf İsteği ☐ Topografik Özellikler ☐ Toprak Özellikleri

9- SULAMADA KARŞILAŞTIĞINIZ SORUNLAR NELERDİR?

☐ Devlet sulamasının bulunmaması
☐ Su kaynağının yeterli olmaması
☐ Drenaj sisteminin olmaması/yeterli olmaması
☐ Sulama ve drenaj sistemlerinde yeterli bakım yapılmaması
☐ Tuzluluk sonucu çoraklaşma
☐ Su ücretinin yüksek olması
☐ Enerji giderlerinin yüksek olması
☐ Kış mevsiminde bitkisel üretim için sulama hatlarına su verilmemesi
☐ Kanallardaki kayıp ve kaçakların yüksek olması
☐ Suyun istenilen sıklıkta ulaşılamaması veya dengeli dağıtılmaması
☐ Taban suyunun yüksek olması
☐ Yer altı suyunun kirlenmesi
☐ Diğer (Lütfen belirtiniz):.....

10- TARIM KAPSAMINDA ÜRETİMDE GÜBRE KULLANIYORMUSUNUZ?

☐ Evet ☐ Hayır

11- HANGI GUBRE ÇEŞITLERINI KULLANIYORSUNUZ?

Hayvan Gübreleri (Çiğ)	Hayvan Gübreleri (Yanmış)	Ticari Gübreler
☐ Inek Gübresi	☐ Inek Gübresi	☐ Azotlu Gübreler
☐ Tavuk Gübresi	☐ Tavuk Gübresi	☐ Fosforlu Gübreler
☐ Kuş Gübresi	☐ Kuş Gübresi	☐ Potasyumlu Gübreler
☐ At Gübresi	☐ At Gübresi	☐ Kompoze Gübreler
☐ Diğer.....	☐ Diğer.....	☐ Diğer

12- GUBRE SEÇIMINIZDE ETKILI OLAN FAKTORLER NELERDIR?

☐ Maliyet ☐ Verim Artırma İsteği
☐ Toprağın Kimyasal Durumu ☐ Diğer.....
☐ Bitkinin Olası Kimyasal İhtiyacı
☐ Ziraat Mühendisi Tavsiyesi (Toprak Analizi)

13- TARIM ILAÇLARI KULLANIYOR MUSUNUZ?

☐ Evet ☐ Hayır

14- TARIM İLAÇLARI KULLANIYORSANIZ HANGİ ÇEŞİT İLAÇ KULLANIYORSUNUZ?

☐ Herbisit (Ot Ilacı) ☐ Insektisit (Böcek Ilacı)
☐ Fungisit (Mantar/Hastalık Ilacı) ☐ Diğer .....

15- TARIM ILACI KULLANIM KARARINI HANGI FAKTORLERE GORE ALIYORSUNUZ?

☐ Bitki Yetişmesi Odaklı ☐ Tecrübelere Göre ☐ Bayii Tavsiyesi
☐ Zirai Tavsiyeler ☐ Diğer.....

EK 2. ANKET SORULARINA VERİLEN CEVAPLAR

Soru No	Sorular	Karahıdır	Ömürlü	Ömerhacılı	Üzerlik	Palas	Büyüktuzhisar	Sultanhanı	Ilıca	Kösehacılı	Musaşeyh	Kahveci	İğdecik	Karacaören
1	Hangi mahsülleri yetiştiriyorsunuz?	Buğday,Arpa,Şeker Pancarı, Mısır, Sebze,Çavdar,Meyve	Buğday,arpa,şeker pancarı,mısır	Buğday,Arpa,Çavdar ,Yulaf,Sebze,Meyve, Nohut,Mercimek	Buğday,Arpa,Şeker Pancarı,Yulaf	Buğday,Arpa,Şeker Pancarı,Mısır	Buğday,Arpa,Şeker Pancarı,Mısır,Yulaf,Sebze	Buğday,Arpa,Şeker Pancarı,Mısır,Meyve	Buğday,Arpa,Şeker Pancarı	Buğday, Arpa, Yulaf, Nohut	Buğday,Arpa,Sebze(şahsi tüketim)	Buğday,Arpa,Mısır,Yulaf,Yonca	Buğday,Arpa,Mısır	Buğday, Arpa, Şeker Pancarı, Patates, Yonca
2	Mahsülleri hangi faktörlere göre seçiyorsunuz?	Kar oranı, toprağın zirai yapısı, gider harcamaları, tarım politikaları, ürünün su ihtiyacı, ekipman durumu	Ürünün su ihtiyacı, hayvancılık ihtiyaçları	toprağın zirai yapısına göre,suyun mevcut olması	kar oranına göre, toprağın zirai yapısına göre, tarım politikalarına göre, ürünün su ihtiyacına göre,ürünün popülaritesine göre	Kar oranına göre,Ürünün su ihtiyacına göre, Suyun mevcut durumuna göre	Kar oranına göre,Ürünün su ihtiyacına göre, Gider harcamalarına göre,Tarım politikalarına göre	Kar Oranına Göre,Tarım Politikalarına Göre,Toprak Yapısına Göre	Kar Oranına Göre,Suyun Mevcut Olup Olmaması	Ürünün Su ihtiyacına göre	Ürünün Su ihtiyacına göre	Kar Oranına Göre, Ürünün Su İhtiyacına Göre	Ürünün Su İhtiyacına	Kar oranına göre, Tarım Politikalarına Göre (Alıcı gelip/Gelmemesi)
3	Hangi ürünleri suluyorsunuz?	buğday, arpa, şeker pancarı, mısır, sebze, çavdar	Şeker pancarı,mısır		buğday,arpa,şeker pancarı	Buğday,Arpa,Şeker Pancarı,Mısır	Buğday,Arpa,Şeker Pancarı,Mısır	Buğday,Arpa,Şeker Pancarı,Mısır	Buğday,Arpa,Şeker Pancarı (Kısmen)			Buğday,Arpa	Buğday,Arpa (su varsa),Şeker Pancarı	Şeker Pancarı, Mısır, Patates
4	Tarım alanlarınızda ne sıklıkla sulama yapıyorsunuz?	B(1 defa), A(1 defa), M(5-6 defa), ŞP(7-8 defa)	ŞP(8-10 defa),M(8-10 defa)		ŞP(6-7 defa)	B(1 defa), A(1 defa), Mısır (7-8 defa), ŞP(7-8 defa)	B(1 defa), A(1 defa),Y(1 defa), Mısır (7-8 defa), ŞP(7-8 defa)	B(2 defa), A(2 defa),Mısır (4-5 defa), ŞP(4-5 defa)	B(1-2 defa),A(1-2 defa),ŞP(8-9 defa)			B(1 defa),A(1 defa)	B(1 defa), A(1 defa), ŞP(7-8 defa)	B(2 Defa), ŞP(6 Defa)
5	Yaptığınız sulama aktivitesi kaç saat sürüyor?	7-8 saat					12 saat (B,A,Y,M)	3 saat	B(1-2 saat),A(1-2 saat),ŞP(7-8 saat)				B(5 saat), ŞP(7-8 saat)	
6	Sulama suyunu nereden ve ne kadar temin ediyorsunuz?	yer altı suyu	yer altı suyu (1-2 kuyuluk),yerüstü su kaynakları		yerüstü su kaynakları	Yeraltı Suyu	Yeraltı Suyu	Yeraltı Suyu	Yeraltı Suyu			Yeraltı Suyu	Yerüstü Suyu, Şebeke Suyu	Yeraltı Suyu, Yerüstü Suyu (Değirmen Deresi)
7	Hangi yöntemle sulama yapıyorsunuz?	damla,yağmurlama,karık	damla,yağmurlama		yağmurlama	Yağmurlama Sulama	Yağmurlama Sulama	Yağmurlama Sulama	Yağmurlama Sulama			Yağmurlama Sulama	Yağmurlama Sulama	Yağmurlama Sulama
8	Sulama yönteminizi hangi faktörlere göre belirlediniz?	ekonomik tasarruf,ürün verimliliği,bitki özellikleri,toprak	suyun mevcut miktarına göre		işletme maliyeti, su miktarı	Ekonomik Tasarruf İsteği	Ekonomik Tasarruf İsteği,Toprak Özellikleri	Kolaylık,Ekonomik Tasarruf İsteği	Bitki Özellikleri			Bitki Özellikleri,Suyun Varlığı	Bitki Özellikleri,Su Azlığı	Ekonomik Tasarruf İsteği, Bitki Özellikleri, Kolaylık
9	Sulamada karşılaştığınız sorunlar nelerdir?	su ücretinin yüksek olması,ekipman giderleri	su kaynağının yeterli olmaması	su kaynağının yeterli olmaması,kuraklık(yağış azlığı)	su kaynağının yeterli olmaması, tuzlu yer altı suyu,var olan suyun tuzluluğu	Su Kaynağının Yeterli Olmaması	Su Kaynağının Yeterli Olmaması,Su Ücretinin Yüksek Olması,Enerji Giderlerinin Yüksek Olması	Su kaynağının yeterli olmaması, Derin Kuyular Açılması,Kuyu Açma İmkanı Olmaması	Su Kaynağının Yeterli Olmaması			Su Kaynağının Yeterli Olmaması	Su Kaynağının Yeterli Olmaması	Su Ücretinin Yüksek Olması, Enerji Giderlerinin Yüksek Olması
10	Üretimde gübre kullanıyor musunuz?	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
11	Hangi gübre çeşitlerini kullanıyorsunuz?	inek gübresi(yanmış),taban gübresi(DAP),20-20	inek gübresi(yanmış-çiğ), üre, %33, DAP, 26'lık amonyum nitrat	İnek gübresi(çiğ),DAP,üre, 30-60	DAP,nitrat,azot(bahar)	İnek Gübresi (çiğ), DAP,33 Nitrat,27 Nitrat	İnek Gübresi (çiğ),İnek Gübresi (yanmış), DAP,21-21-21,Süper Ekin,Pancar	İnek Gübresi(Yanmış), Üre, Şeker Gübresi	DAP, Nitrat, Yere Göre (Üre)	İnek Gübresi(çiğ), DAP,ÜRE	İnek Gübresi(çiğ), DAP(20 20)	İnek Gübresi (Çiğ), DAP,Üre,Süperekin, 20 20	Süper20,DAP,Üre,Şeker Gübresi	İnek Gübresi (Yanmış), Potasyum Gübresi
12	Gübre seçiminizde etkili olan faktörler nelerdir?	Verim artırma,geleneksel	tecrübeye dayalı	tecrübeye dayalı	Verim artırma, maliyet, reçete sistemi	Maliyet		Ziraat Mühendisi Tavsiyesi	Tecrübeye Göre	Tecrübe,Maliyet	Maliyet	Bitkinin Olası Kimyasal İhtiyacı	Tecrübe	Ziraat Mühendisi Tavsiyesi (Toprak Analizi), Tecrübe
13	Tarım ilaçları kullanıyor musunuz?	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
14	Hangi çeşit tarım ilacı kullanıyorsunuz?	Ot ilacı, Böcek İlacı	Ot ilacı	Ot ilacı	Ot ilacı, Böcek İlacı	Ot ilacı	Ot İlacı,Böcek İlacı(Süne İçin)	Ot İlacı, Mantar İlacı,Böcek İlacı	Ot İlacı, Mantar İlacı,Böcek İlacı	Ot ilacı,Böcek İlacı	Ot İlacı,Böcek İlacı	Ot İlacı	Ot İlacı	Ot İlacı
15	Tarım ilacı kullanım kararını hangi faktörlere göre alıyorsunuz?	Bitki yetişmesi odaklı, zirai tavsiyeler,verim	Bayi tavsiyesi	bayi tavsiyesi, tecrübeye dayalı	bitki yetişmesi odaklı, tecrübeye dayalı, zirai tavsiyeler	Bayi Tavsiyesi		Zirai Tavsiyeler	Zirai Tavsiyeler,Bayi Tavsiyesi	Tecrübeye Göre,Bayii Tavsiyesi	Tecrübelere Göre	Tecrübelere Göre	Tecrübelere Göre	

EK 3. BİLİŞSEL HARİTALARDA TANIMLANAN DEĞİŞKENLER

Yoğunlaştırılmış Değişkenler	Değişkenler	Değişken Tekrar Edilme Sayıları		
		Toplam	Yerel Halk	Devlet Memurları
Sulama	Bahçecik Barajı	11	8	3
	Su Sıkıntısı	8	6	2
	Salma Sulama	1	1	0
	Yağmurlama Sulama	1	1	0
	Damlama Sulama	1	1	0
	Sulama	10	7	3
	Bilinçsiz Su Kullanımı	1	0	1
	Barajın Doluluk Oranı	1	0	1
	Yüzey Suyu	5	4	1
Tarım Girdileri	Hayvan Gübresi	4	3	1
	Tarım İlaçları Kullanımı	4	2	2
	Mazot	4	3	1
	Maliyet	5	5	0
	Nakliye	1	0	1
	Sondaj/Elektrik Maliyeti	4	2	2
	Kimyasal Gübre	12	9	3
	Sulama Ücreti	1	0	1
Tarım Ürünleri	Organik Tarım	4	1	3
	Sebze	2	1	1
	Meyvecilik	1	1	0
	Mısır	3	1	2
	Sulu Tarım	5	3	2
	Seracılık	1	0	1
	Domates Yetiştiriliciği	1	0	1
	Aspir Yetiştiriciliği	1	0	1
	Ürün Deseni	2	0	2
	Yem Bitkisi	2	0	2
	Badem Yetiştiriciliği	1	0	1
	Satılabilir Ürün	1	1	0
	Patates	2	1	1
	Yonca	1	0	1
	Tarım	3	3	0
	Tarım Ürünleri	3	3	0
	Arpa	6	2	4
	Buğday	8	3	5
	Pancar	8	3	5
	Üzüm-Bağcılık	2	1	1
	Ürün Kalitesi	1	1	0
	Kuru Tarım	2	1	1
	Sulu Tarım Alanının Artması	1	1	0
	Bitki Hastalıkları Artışı	1	1	0
Toprak	Toprak Kalitesi	4	3	1
	Arazinin Yola Yakınlığı	1	0	1
	Arazi Değeri	1	0	1
	Arazi Kıtlığı	2	2	0
	Kireçli ve Tuzlu Toprak Yapısı	5	1	4
	Toprağın Çoraklaşması	1	1	0
	Toplulaştırma	1	1	0
	Toprak Analiz ve Ücreti	1	1	0

Yoğunlaştırılmış Değişkenler	Değişkenler	Değişken Tekrar Edilme Sayıları		
		Toplam	Yerel Halk	Devlet Memurları
Gelir/Refah Seviyesi	Kazanç	3	2	1
	Refah Seviyesi	2	2	0
	Verim	8	5	3
	Geçim	6	3	3
Yeraltı Suyu	Yeraltı Suyu	6	3	3
	Kaynak Suları	3	3	0
	Kuyuların Derinleştirilmesi	2	2	0
	Yeraltı Suyu Seviye Düşüşü	9	5	4
	Yeraltı Suyunun Aşırı Kullanımı	3	2	1
	Yeraltı Suyu Potansiyelinin Değerlendirilmesi	1	1	0
	Ruhsatsız Kuyular	2	1	1
	Kuyu Ruhsatları	1	0	1
	Sondajların Artması	5	4	1
	İçme Suyu	1	1	0
	Suyun Tuzlanması	4	4	0
Küresel Isınma/İklim Değişikliği	Küresel İklim Değişikliği	4	3	1
	Kuraklık	7	4	3
	Havanın Nemi	1	0	1
	Yağış	8	7	1
	Ağaçların Kuruması	1	1	0
	İçme Suyunun Kuruması	1	1	0
	Dere Akışlarının Kuruması	1	1	0
Tuzla Gölü	Tuzla Gölü	5	4	1
	Göl Su Seviyesi	1	0	1
	Gölün Biyoçeşitliliği	1	0	1
	Göl Tuzu Yayılması	1	0	1
	Tampon Bölge	1	0	1
	Sulak Alan İzinleri	1	0	1
Tarım Politikaları	Devlet Teşviği	4	3	1
	Tarım Politikaları	3	3	0
	Serbest Piyasa	1	1	0
	Özelleştirme	1	1	0
Hayvancılık	Hayvancılık	8	3	5
	Mera Alanı Artması	1	0	1
	Yem Fiyatları	1	0	1
	Mera Islahının Yetersizliği	1	0	1
Sosyal Unsurlar	Nüfus	1	1	0
	Göç	2	0	2
	İnsan İlişkileri	3	2	1
	Karahıdır	1	0	1
	Çiftçilerin Eğitimi	1	0	1

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Mehmet SOYLU

Uyruğu: Türkiye (T.C)

Doğum Tarihi ve Yeri: 07.04.1992 - Kayseri

Medeni Durum: Bekar

e-mail: m.mehmetsoylu@outlook.com

Yazışma Adresi: m.mehmetsoylu@outlook.com

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Y. Lisans	Erciyes Üniversitesi/Çevre Mühendisliği	2018-2020
Lisans	Erciyes Üniversitesi/Çevre Mühendisliği	2015-2018
Lise	Atatürk Lisesi/Kayseri	2006-2010

YABANCI DİL

İngilizce

PROJE DENEYİMİ

Kayseri Kent Merkezinde NOx Düzeyinin Mekânsal Dağılımı ve İncelenmesi, TÜBİTAK 2209A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destek Programı-Araştırmacı (2018)

Sultan Sazlığı'na Yayılı Kaynaklardan Ulaşan Kirletici Yüklerinin SWAT Modeli ile Modellenmesi ve Su Kirliliğini Önleyici Stratejilerin Geliştirilmesi, TÜBİTAK 1001 Bilimsel Ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı, Lisans Bursiyeri, (2018)

Sürdürülebilir Yeraltı Suyu Yönetimi için Etmen-Tabanlı Modelleme Yaklaşımının Geliştirilmesi ve Palas Ovası'nda Uygulanması, TÜBİTAK 1001 Bilimsel Ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı, Yüksek Lisans Bursiyeri, (2019-2020)

YAYINLAR

Soylu M. , Karadeniz Ö. , Dadaşer Çelik F. ,(2019). Fuzzy Cognitive Maps for Understanding Human-Aquifer Interactions in the Palas Basin. 1st International Conference on Environment, Technology and Management (ICETEM), June 27-29, Niğde/Turkey.