

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Ali Demir KESKİNER

**TABAN SUYU DERİNLİKLERİ İÇİN GRİD TABANLI YENİ
BİR OPTİMİZASYON MODELİ GELİŞTİRİLMESİ VE
BAZI GELENEKSEL İSTATİSTİK YÖNTEMLERLE
KARŞILAŞTIRILMASI: AŞAĞI SEYHAN HAVZASI ÖRNEĞİ**

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ADANA-2016

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TABAN SUYU DERİNLİKLERİ İÇİN GRİD TABANLI YENİ BİR
OPTİMİZASYON MODELİ GELİŞTİRİLMESİ VE BAZI GELENEKSEL
İSTATİSTİK YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI:
AŞAĞI SEYHAN HAVZASI ÖRNEĞİ**

Ali Demir KESKİNER

DOKTORA TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Bu Tez .../.../2016 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof.Dr.Mahmut ÇETİN
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Recep YURTAL
ÜYE

.....
Prof. Dr.Fatih TOPALOĞLU
ÜYE

.....
Prof.Dr.Mehmet ŞİMŞEK
ÜYE

.....
Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

TABAN SUYU DERİNLİKLERİ İÇİN GRİD TABANLI YENİ BİR
OPTİMİZASYON MODELİ GELİŞTİRİLMESİ VE BAZI GELENEKSEL
İSTATİSTİK YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI:
AŞAĞI SEYHAN HAVZASI ÖRNEĞİ

Ali Demir KESKİNER

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Mahmut ÇETİN
Yıl : 2016, Sayfa :161
Jüri : Prof. Dr. Mahmut ÇETİN
Prof. Dr. Recep YURTAL
Prof. Dr. Fatih TOPALOĞLU
Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞEK
Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN

Bu araştırmayla; optimum *Taban Suyu Derinliği (TSD)* kuyu dağılımı oluşturularak gözlem ağlarının izlenmesinde zamandan tasarruf ve maliyetlerin azaltılması amaçlanmıştır. Bir alanın gridler yardımıyla matrislere dönüştürülerek *TSD* için grid tabanlı yeni bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Optimizasyonun amaç fonksiyonu, *Ceza Puanı (CP)* olarak adlandırılan *TSD* ölçümlerinin bilgi kaybını veren *ortalama (M)+standart sapma (STD)* istatistiğinin minimize edilmesidir. Aşağı Seyhan Ovasında 9495 ha alanda yürütülen bu çalışmada, 107 adet *TSD* gözlem kuyusundan 2011, 2012 ve 2013 hidrolojik yılları arasında her yılda 4 dönem; yağışlı dönemde (Ocak/Şubat), sulama mevsimi başlangıcında (Mart/Nisan), sulamanın en yoğun olduğu ayda ve hidrolojik yılın sonunda olmak üzere toplamda 12 kez ölçülen *TSD* verileri kullanılmıştır. Mevcut 107 kuyu seti ile (*KD_107*) havzada 12 dönem gözlemlenen *TSD* değerleri ve farklı Kombinasyon Kuyu Dağılımlarının (*KKD*) aynı dönem *TSD* değerleri Ters Uzaklık Yöntemi (*TUY*) ile haritalanmıştır. Oluşturulan haritalar (havza matrisleri) arasında *KD_107* havza matrislerinin 12 dönemini temsil eden *M* ve *STD* değerleri referans alınarak *KKD*'lerin bilgi kayıplarını veren $CP=M+STD$ belirlenmiştir. Minimum bilgi kaybını veren 23 farklı *KKD* dikkate alınmış ve bu kuyu setleri optimize edilmiştir. *İstatistiksel test ölçütleri, hipsometrik, frekans ve istatistiksel analiz* sonuçlarına göre, optimize edilen 23 *KKD* arasında 67 gözlem kuyusundan oluşan *KKD_67*'nin optimal kuyu dağılımı olduğu saptanmıştır. Mevcut 107 kuyu ile gözlem yapılan havzada; %3.0 tahmin hatası ($PE_{\%}$) test ölçütüne sahip 67 kuyu ile taban suyu gözlemlerine devam edilmesi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taban suyu derinliği, Gözlem ağı kuyu dağılımı, Ters uzaklık yöntemi, Optimizasyon, Aşağı Seyhan Havzası

ABSTRACT

PhD THESIS

**DEVELOPING A NEW GRID-BASED OPTIMIZATION MODEL
FOR GROUNDWATER DEPTH AND COMPARING WITH SOME
TRADITIONAL STATISTICAL METHODS:
AN APPLICATION TO THE LOWER SEYHAN BASIN**

Ali Demir KESKİNER

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL STRUCTURES AND IRRIGATION**

Supervisor : Prof. Dr. Mahmut ÇETİN
Year : 2016, Pages :161
Jury : Prof. Dr. Mahmut ÇETİN
Prof. Dr. Recep YURTAL
Prof. Dr. Fatih TOPALOĞLU
Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞEK
Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN

The main objective of this research was to optimize the number of groundwater (*GW*) observation wells in the monitoring network for the sake of saving time and money in data collection process. To this end, a new grid-based optimization model was developed by transforming the research area into matrices with the help of gridding. The objective function of the optimization procedure was to minimize the *penalty point* [*mean (M)*+ *standard deviation (STD)*] which was determined as *the loss of information* in *GW* depth measurements. This study was carried out in the Lower Seyhan Basin, covering an area of 9495 ha. *GW* depth measurements in 107 locations (*NW_107*), which were done in 2011, 2012 and 2013 years, was utilized in the study. *GW* Depth measurements were done in four seasons a year, i.e., in rainy season (in Jan/Feb), before irrigation season (in Mar/Apr), in the peak irrigation season and at the end of irrigation season. *GW* depth data of existing drainage observation network (*NW_107*) in the basin and depths of different network combinations $\{NCW = \binom{n}{k}\}$ of 107 drainage wells were mapped, in turn, by using *Inverse Distance Weighting (IDW)* interpolation technique. The derived maps were dubbed as “*basin matrices*”. The *penalty points (PP=M+STD)* of different network combinations established earlier were calculated by referencing *Ms* and *STDs* of 12-season observations of *NW_107*. In this regard, 23 different *NCWs* which were resulted in minimum information loss were considered and optimized accordingly. Statistical test criteria of *RMSE* and percent prediction error (*PE%*), and additional analysis of *GW* depth-area hypsometric and frequency curves, and classical statistical tests suggested that the *GW* observation network of 67 wells (*NCW_67*) was the optimal one with the minimum loss information compared to the existing network of 107 observation wells. Overall results helped us to recommend that *NCW_67* network with the prediction error (*PE%*) of 3.0% might be, hereinafter, adopted in monitoring process instead of existing network of 107 wells in Basin.

Key Words: Groundwater depth, Observation well network, Inverse distance weighting, Optimization, Lower Seyhan Basin

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bilimsel araştırmaların doğruluğu iyi planlanmış *Veri Yönetim Sistemi (VYS)* uygulamalarıyla mümkün olabilmektedir. Bilgi sistemi içerisinde ölçüm ağı tasarımı ve verilerin toplanması *VYS*'nin önemli unsurlarındandır. Hidrolojik veri ağı tasarımında ilk adım mümkün olduğunca az sayıda gözlem ağı kurulumu olmasına karşın, az sayıdaki gözlem ağından elde edilen bilgiler planlama gereksinimini genellikle karşılayamamaktadır. Gereksiz gözlem ağı yoğunluğu ise gözlem ağlarının maliyet etkinliğinin sorgulanmasına neden olmaktadır. Bu durum, veri ağındaki gözlem noktalarının sayısının azaltılması olanaklarının araştırılmasını gündeme getirmiştir. Ölçüm ağlarının maliyet etkinliğinin sağlanabilmesi için, uzun bir gözlem süresi sonucunda elde edilen verilerden yararlanılarak gözlem ağı optimizasyonu yapılması gerekmektedir. Böylece, en düşük maliyetli gözlem ağı sayısı ve gözlem ağı alanı saptanarak verilerden sağlanacak bilgilerin verimliliği artırılarak veri toplamada ekonomi sağlanabilmektedir. Bu nedenle, ihtiyaca yönelik olarak ağ yoğunluğu optimize edilmelidir. Ancak, optimize edilen gözlem ağından elde edilen verilerin bilgi kaybına neden olmaması gerektiği unutulmamalıdır.

Ölçüm ağı tasarımına yönelik optimizasyon konusu ile ilgili önceki çalışmalar incelendiğinde, taban suyu gözlem ağı optimizasyonunun yapıldığı yeterli sayıda çalışmaya rastlanılamadığı dikkati çekmektedir. Dolayısıyla, topoğrafyanın homojen sayılabileceği ovalık alanlarda *Taban Suyu Derinliği (TSD)* ölçüm ağı tasarımına yönelik geçerli bir yöntem de geliştirilmemiştir. Gözlem ağlarının oluşturulmasında; doğaçlama bir yol izlenmekte ve konuyla ilgili yeterli kaynak bulunmamaktadır. Uygulamada; *TSD* gözlem ağlarının izleme ve değerlendirilmesi her biri ortalama 100 ha alana hizmet eden taban suyu gözlem kuyuları aracılığı ile yapılmaktadır. Farklı yaklaşımlar kullanılarak gözlem ağlarındaki optimum kuyu dağılımlarının tasarımına ihtiyaç vardır. Bu araştırmada, kuyu dağılımındaki sayısal azalmadan kaynaklı bilgi kaybına göre optimum taban suyu kuyu dağılımları oluşturularak, gözlem maliyetlerinde tasarruf sağlanabileceği

grid tabanlı yeni bir optimizasyon yönteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen bu optimizasyon yöntemi; bir alanın gridler yardımıyla matrislere dönüştürülerek amaç fonksiyonunun gözlemlenen veriler esas alınarak simülasyon ile çözümlenmesi olarak tanımlanabilir. *Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemi (GTOY)* olarak isimlendirilen bu yeni yöntem ile çalışma alanındaki taban suyu gözlem kuyu sayılarının önemli bir bilgi kaybına neden olmadan azaltılma olanakları araştırılmıştır. Araştırmada, Akarsu Sulama Birliğinin 9495 ha'lık faaliyet sahasında yer alan 107 adet taban suyu gözlem kuyusunda ölçülen taban suyu derinlikleri kullanılmıştır. 2011, 2012 ve 2013 hidrolojik yıllarında, her yılda 4 dönem ölçülen *TSD* gözlemleri ile 107 adet kuyunun toplam 12 dönemde gözlemlenen *TSD* veri setleri ile çalışılmıştır.

Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemi (GTOY) amaç fonksiyonu çözüm algoritması aşağıda özetlenmiştir. Algoritma şu sıra ile uygulanmıştır:

1. *KD_107* olarak adlandırılan havzadaki mevcut 107 kuyudan oluşan *Kuyu Dağılım (KD)* kümesinin koordinat değerleriyle 1000x1000 m çözünürlükte havza matrisi üretilmiş ve havza matrisi gridlerine koordinat atanmıştır.

2. Havza matrisinin her gridinin temsil edeceği *TSD* değerleri; her gride en yakın *KD_107* 'ye ait 12 kuyunun *TSD* değerleri kullanılarak *Ters Uzaklık Yöntemi (TUY)* ile kestirilmiştir.

3. Gözlemlenen üç hidrolojik yılın 12 dönemi için bu hesaplamalar ayrı ayrı yapılarak 12 döneme ait 12 adet *KD_107* havza matrisi elde edilmiştir.

4. Elde edilen havza matrisi gridlerinin temsil ettiği *TSD* değerleri ile 12 dönemin *ortalama (M)* ve *standart sapma (STD)* havza matrisleri (*grid esaslı haritaları*) hesaplanmıştır.

5. Mevcut 107 kuyunun 1, 2, 5, 10,...,100 ve 106'lı kombinasyon alt kümeleri oluşturulmuştur.

6. Bu alt kümelere dahil olan kuyu kümesinin mevcut 107 kuyudan çıkarılması sonucu elde edilen gözlem ağı dağılımı *Kombinasyon Kuyu Dağılımı (KKD)* olarak adlandırılmış ve oluşturulan her *KKD* için aynı *KD_107*'de olduğu gibi 12 döneme ait havza matrisleri elde edilmiştir.

7. Elde edilen *KKD* havza matrislerinin 12 döneme ait *ortalama* (KKD_M) ve *standart sapma* (KKD_STD) havza matrisleri hesaplanmıştır.

8. *Kontrol_M* ve *Kontrol_STD* havza matrisleri ile KKD_M ve KKD_STD havza matrislerinin grid bazında farkları ve bu farka ilişkin mutlak değerleri hesaplanarak *KKD*'lerin *Ortalama Hata* ($Fark_M_k$) ve *Standart Sapma Hata* ($Fark_STD_k$) havza matrisleri elde edilmiştir.

9. Bu matrislerin havza sınırı içerisindeki gridlerine atanan hata değerleri toplanarak $Fark_M_k$ ve $Fark_STD_k$ havza matrisleri tek bir skalerle M_k ve STD_k değeriyle temsil edilmiştir.

10. *KKD*'yi temsil eden bu iki havza matrisinin M_k ve STD_k değerleri birbiriyle toplanarak *KKD*'ye ait M_k+STD_k istatistiği elde edilmiş, bu istatistik toplam hata veya ceza puanı ($CP_k=M_k+STD_k$) olarak adlandırılmış, toplam hata puanı her bir simülasyon için hesaplanmıştır.

11. *KKD*'lerin simülasyonları sonucunda en küçük Ceza Puanı (CP_k) değerini veren *KKD*'e; 12 döneme ait gözlemlenen veriler ile hesaplanan *Kontrol_M* ve *Kontrol_STD* havza matrisine benzeyen (optimize edilen) *KKD* olarak belirlenmiştir. Buraya kadar olan algoritma; *C Sharp* programlama ve *SQL* veri tabanı sorgulama dilleri kullanılarak geliştirilen yazılım ile çözümlenerek optimize edilen 23 adet *KKD* elde edilmiştir.

12. Optimize edilen 23 adet *KKD*'nin optimal alt sınırının belirlenmesi için oniki dönem ortalamalarını (mevsimsel etkinin ortalamasını) temsil eden *Kontrol_M* ve optimize edilen *KKD*'lerin KKD_M havza matrislerinin; istatistik test ölçütlerinin, frekans, hipsometrik, konumsal ve klasik istatistik analizleri yapılmıştır. *GTOY*, *İstatistik Test Ölçütleri*, *Hipsometrik Analiz* ve *Konumsal İstatistik (Ağırlıklı Ortalama Merkez ve Konumsal Medyan Merkezi)* sonuçlarının optimize edilen *KKD*'lerin optimal alt sınırın seçiminde etkin olduğu saptanmıştır. *Frekans* ve *Geleneksel İstatistik Analiz* sonuçlarının ise optimal alt sınırın seçiminde yeterince başarılı olamadığı görülmüştür. Bunun nedeninin bu iki analizde kullanılan verilerin yapısından kaynaklandığı bulunmuştur. Çünkü, optimize edilen her farklı *KKD*' için elde edilen mevcut kuyu setleriyle yapılan

kestirimler sonucu elde edilen 110 adet örnekle analizler gerçekleştirilmiştir. Bu durum, optimize edilen kuyu dağılımları arasındaki varyansı azaltarak optimal alt sınırın daha az sayıda kuyudan oluşan *KKD*'ler ile temsil edilmesine neden olmuştur.

Optimize edilen 23 adet *KKD*'nin optimal alt sınırının belirlenmesi için yapılan bütün analizlerin değerlendirilmesi sonucu; optimize edilen 23 *KKD* arasında 67 gözlem kuyusundan oluşan *KKD_67*'nin optimal kuyu dağılımı olduğu saptanmıştır. Mevcut 107 adet taban suyu gözlem kuyusundan taban suyu derinliği gözlemi yapılarak elde edilecek bilgi ile 67 adet kuyuda gözlem yapılarak elde edilecek bilginin birbirine oldukça yakın olacağı bulunmuştur. Bir diğer ifade ile yaklaşık olarak %40 oranında gözlem ağında azaltma yapılarak taban suyu gözlemi yapıldığında benzer bilgi elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Mevcut 107 kuyu ile gözlem yapılan havzada; kuyu sayısı 67'ye düşürüldüğünde tahmin hatasının (*PE%*) %3.0 olacağı belirlenmiştir. Sonuçta, %3.0 tahmin hatası ile 67 kuyu kullanılarak taban suyu gözlemlerine devam edilmesi önerilmiştir.

TEŞEKKÜR

Tezin algoritması ve yöntemin matematik modellenmesi dahil her aşamasında desteğini esirgemeyen, birçok konuda beni donanım sahibi yapmak için yönlendiren; bu araştırmada kullanılan verileri sağlayan danışman hocam **Sayın Prof. Dr. Mahmut ÇETİN**'e teşekkür ederim.

Yazılım konusuna teşvik eden ve her zaman yanımda olan, tez algoritmasının tasarımına katkıda bulunan ve fikir veren Kobe Üniversitesi öğretim üyesi **Sayın Doç. Dr. Takanori NAGANO**'ya şükranlarımı bildirir, saygılar sunarım "*Many thanks to you, Sensei Nagano*".

Tez izleme komitesi ve jürisinde yer alan **Sayın Prof. Dr. Recep YURTAL** ve **Sayın Prof. Dr. Fatih TOPALOĞLU**'na yaptıkları öneri, eleştiri ve katkıları için çok teşekkür etmek istiyorum.

Tez jürisinde yer alan **Sayın Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞEK** ve **Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN**'a yaptıkları değerlendirmeler ve öneriler için çok teşekkür ederim.

Sulama sistemlerinin projelenmesinde, gölet etüt, planlama, proje ve uygulama konusunda bilgi ve tecrübesiyle bana her zaman yardımcı olan Hatay Tarım İl Müdürlüğü personeli **Sayın Zir. Müh. Hanifi TOLU**'ya akademik çalışmalarımı desteklediği için minnettarlığımı belirtmek isterim.

Kızım **Adeviyye Rabia KESKİNER** seni ihmal ettiğim için özür dilerim. Hayatını saygıdeğer bilim insanları arasında geçirmeni temenni ediyorum.

Sevgili annem **Sonay KESKİNER**, kız kardeşlerim **Gül Hayriye ÖZKAN** ve **Nilüfer KESKİNER** her zaman arkamda olduğunuzu bilmemin bana ne kadar mutluluk ve destek verdiğini anlatamam. Teşekkürler.

Bu doktora çalışmamı rahmetli babam **Hacı Mehmet KESKİNER** ve amcam **Abdurrahman KESKİNER**'e ithaf ediyorum.

| İÇİNDEKİLER | SAYFA |
|---|--------------|
| ÖZ..... | I |
| ABSTRACT..... | II |
| GENİŞLETİLMİŞ ÖZET..... | III |
| TEŞEKKÜR..... | VII |
| İÇİNDEKİLER..... | VIII |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | XVI |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | XVIII |
| SİMGELER VE KISALTMALAR..... | XX |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR..... | 7 |
| 2.1. Optimal Ölçüm Ağı Tasarımında Tek Yöntemin Kullanıldığı Çalışmalar | 7 |
| 2.2. Optimal Ölçüm Ağı Tasarımında Birden Fazla Yöntem Kullanılarak Yapılan Çalışmalar..... | 9 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM..... | 17 |
| 3.1. Materyal..... | 17 |
| 3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu..... | 17 |
| 3.1.2. Çalışmada Kullanılan Veriler ve Kaynağı..... | 18 |
| 3.2. Yöntem..... | 19 |
| 3.2.1. Gözlem Noktaları Kombinasyonlarının Oluşturulması..... | 27 |
| 3.2.2. Ters Uzaklık Enterpolasyon Tekniği (<i>TUY</i>)..... | 27 |
| 3.2.3. Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemi (<i>GTOY</i>) İle Taban Suyu Derinliği Kombinasyon Kuyu Dağılımlarının (<i>KKD</i>) Optimizasyonu..... | 28 |
| 3.2.4. Kuyu Sayısındaki Azalmaya Bağlı Bilgi Kaybının Belirlenmesi İçin Kullanılan Ölçütler..... | 35 |
| 3.2.5. Frekans Analizi..... | 36 |
| 3.2.5.1. Anderson-Darling Uygunluk Testi..... | 38 |
| 3.2.6. Taban Suyu Derinliği (<i>TSD</i>) Hipsometrik Eğrilerinin Grafikselleştirilmesi..... | |

| | |
|---|----|
| Analizi..... | 39 |
| 3.2.6.1. Kış ve Yaz Dönemi Taban Suyu Derinlik (<i>TSD</i>) Hipsometrik Eğrilerinin Grafikselle Analizi | 39 |
| 3.2.7. Konumsal İstatistikler (<i>Kİ</i>)..... | 40 |
| 3.2.7.1. Konumsal Medyan Merkezi (<i>MdC</i>) | 40 |
| 3.2.7.2. Ağırlıklı Ortalama Merkez (<i>MCw</i>)..... | 41 |
| 3.2.7.3. Ağırlıklı Elipsoit Standart Sapma (<i>SDEw</i>)..... | 42 |
| 3.2.7.4. Ağırlıklı Standart Mesafe (<i>SDw</i>)..... | 44 |
| 3.2.8. Geleneksel İstatistik Analizler | 45 |
| 3.2.8.1. Konumsal İstatistik Analizler | 46 |
| 3.2.8.2. <i>Kontrol_M</i> ve <i>KKD_M</i> Havza Matrislerinin Geleneksel İstatistik Analizleri | 46 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA..... | 49 |
| 4.1. Gözlem Noktaları Kombinasyon Sonuçları | 49 |
| 4.2. Ters Uzaklık Enterpolasyon Tekniği Sonuçları | 49 |
| 4.3. Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemi (<i>GTOY</i>) İle Taban Suyu Derinliği Kombinasyon Kuyu Dağılımlarının (<i>KKD</i>) Optimizasyon Sonuçları | 50 |
| 4.3.1. <i>Kontrol_M</i> ve <i>Kontrol_STD</i> Havza Matrislerinin Oluşturulması..... | 51 |
| 4.3.2. <i>KKD_M</i> ve <i>KKD_STD</i> Havza Matrislerinin Oluşturulması | 53 |
| 4.3.3. Ortalama Hata (<i>Fark_M</i>) ve Standart Sapma Hata (<i>Fark_STD</i>) Havza Matrislerinin Oluşturulması | 56 |
| 4.3.4. Ceza Puanının (<i>CPk'</i>) Hesaplanması ve Kombinasyon Kuyu Dağılımlarının (<i>KKD</i>) Optimizasyonu..... | 58 |
| 4.4. Kuyu Sayısındaki Azalmaya Bağlı Bilgi Kaybının Belirlenmesinde Uygulanan Yardımcı İstatistik Test Ölçütleri Sonuçları..... | 66 |
| 4.5. Frekans Analizi Sonuçları | 68 |
| 4.6. Taban Suyu Derinliği (<i>TSD</i>) Hipsometrik Eğrilerinin Grafikselle Analiz Sonuçları..... | 70 |
| 4.6.1. Kış Dönemi Taban Suyu Derinliği (<i>TSD</i>) Hipsometrik Eğrilerinin Grafikselle Analiz Sonuçları | 73 |

| | |
|--|-----|
| 4.6.2. Yaz Dönemi Taban Suyu Derinliği (<i>TSD</i>) Hipsometrik Eğrilerinin Grafiksel Analiz Sonuçları | 75 |
| 4.7. Konumsal İstatistik (<i>KI</i>) Analiz Sonuçları | 77 |
| 4.7.1. Konumsal Medyan Merkezi (<i>MdC</i>) İstatistiği Sonuçları | 80 |
| 4.7.2. Ağırlıklı Ortalama Merkez (<i>MCw</i>) İstatistiği Sonuçları..... | 83 |
| 4.7.3. Ağırlıklı Elipsoit Standart Sapma (<i>SDEw</i>) İstatistiği Sonuçları..... | 84 |
| 4.7.4. Ağırlıklı Standart Mesafe (<i>SDw</i>) İstatistiği Sonuçları..... | 85 |
| 4.8. Geleneksel İstatistik Analiz Sonuçları..... | 87 |
| 4.8.1. Konumsal İstatistiklerin Geleneksel İstatistik Analizi Sonuçları..... | 87 |
| 4.8.1.1. Tanımlayıcı İstatistik Analizi Sonuçları | 87 |
| 4.8.1.2. Medyan ve Ortalamaların Karşılaştırılmasından Elde Edilen Sonuçlar..... | 88 |
| 4.8.2. <i>Kontrol_M</i> ve <i>KKD_M</i> Havza Matrisleri Geleneksel İstatistik Analizi Sonuçları..... | 92 |
| 4.8.2.1. Tanımlayıcı İstatistik Analizi Sonuçları | 93 |
| 4.8.2.2. Ortalamaların Karşılaştırılmasından Elde Edilen Sonuçlar | 95 |
| 4.8.2.3. Medyan Değerleri Karşılaştırma Sonuçları | 97 |
| 4.8.2.4. Parametrik Varyans Analizi Sonuçları | 98 |
| 4.8.2.5. Parametrik Olmayan Varyans Analizi Sonuçları..... | 102 |
| 4.9. Optimal Kombinasyon Kuyu Dağılımı (<i>KKD</i>) Alt Sınırının Belirlenmesi İle İlgili Sonuçlar..... | 103 |
| 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER | 107 |
| 5.1. Sonuçlar..... | 107 |
| 5.1.1. Gözlem Noktaları Kombinasyonlarının Oluşturulması İle İlgili Sonuçlar | 107 |
| 5.1.2. Ters Uzaklık Enterpolasyon Tekniği Sonuçları..... | 107 |
| 5.1.3. Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemi (<i>GTOY</i>) İle Taban Suyu Derinliği Kombinasyon Kuyu Dağılımlarının (<i>KKD</i>) Optimizasyonu İle Elde Edilen Sonuçlar..... | 108 |
| 5.1.4. Kuyu Sayısındaki Azalmaya Bağlı Bilgi Kaybının Belirlenmesi | |

| | |
|--|-----|
| İçin Yapılan İstatistik Test Ölçütleri Sonuçları..... | 109 |
| 5.1.5. Frekans Analizi Sonuçları | 109 |
| 5.1.6. Taban Suyu Derinlik (<i>TSD</i>) Hipsometrik Eğrilerinin Grafikselsel Analiz Sonuçları..... | 110 |
| 5.1.6.1. Kış ve Yaz Dönemi Taban Suyu Derinliği (<i>TSD</i>) Hipsometrik Eğrilerinin Grafikselsel Analiz Sonuçları..... | 110 |
| 5.1.7. Konumsal İstatistik Analiz Sonuçları | 110 |
| 5.1.8. Geleneksel İstatistik Analiz Sonuçları..... | 111 |
| 5.1.8.1. Konumsal İstatistiklerin Analiz Sonuçları | 111 |
| 5.1.8.2. <i>Kontrol_M</i> ve <i>KKD_M</i> Havza Matrisleri Geleneksel İstatistik Analizi Sonuçları..... | 111 |
| 5.1.9. Karşılaştırmalar Sonucu Optimal Kombinasyon Kuyu Dağılımı (<i>KKD</i>) Alt Sınırının Belirlenmesi İle İlgili Sonuçlar | 112 |
| 5.2. Öneriler..... | 112 |
| KAYNAKLAR..... | 115 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 125 |
| EKLER | 127 |
| Ek Şekil 1. Kombinasyon alt kümelerinin elde edilmesini sağlayan yazılımın ara yüzü..... | 129 |
| Ek Şekil 2. Grid tabanlı optimizasyon modelinin uygulanabilmesi için geliştirilen yazılımın ara yüzü..... | 130 |
| Ek Şekil 3. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_106</i> havza matrisleri <i>TSD</i> hipsometrik eğrileri | 131 |
| Ek Şekil 4. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_105</i> havza matrisleri <i>TSD</i> hipsometrik eğrileri | 131 |
| Ek Şekil 5. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_102</i> havza matrisleri <i>TSD</i> hipsometrik eğrileri | 132 |
| Ek Şekil 6. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_97</i> havza matrisleri <i>TSD</i> hipsometrik eğrileri | 132 |
| Ek Şekil 7. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_92</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |

| | |
|--|-----|
| hipsometrik eğrileri | 133 |
| Ek Şekil 8. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_87</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 133 |
| Ek Şekil 9. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_82</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 134 |
| Ek Şekil 10. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_77</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 134 |
| Ek Şekil 11. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_72</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 135 |
| Ek Şekil 12. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_67</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 135 |
| Ek Şekil 13. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_62</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 136 |
| Ek Şekil 14. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_57</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 136 |
| Ek Şekil 15. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_52</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 137 |
| Ek Şekil 16. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_47</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 137 |
| Ek Şekil 17. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_42</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 138 |
| Ek Şekil 18. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_37</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 138 |
| Ek Şekil 19. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_32</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 139 |
| Ek Şekil 20. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_27</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 139 |
| Ek Şekil 21. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_22</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 140 |
| Ek Şekil 22. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_17</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |

| | |
|---|-----|
| hipsometrik eğrileri | 140 |
| Ek Şekil 23. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_12</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 141 |
| Ek Şekil 24. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_7</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 141 |
| Ek Şekil 25. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_1</i> havza matrisleri <i>TSD</i> | |
| hipsometrik eğrileri | 142 |
| Ek Şekil 26. <i>Kontrol_M_107</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 142 |
| Ek Şekil 27. <i>KKD_M_106</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 143 |
| Ek Şekil 28. <i>KKD_M_105</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 143 |
| Ek Şekil 29. <i>KKD_M_102</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 144 |
| Ek Şekil 30. <i>KKD_M_97</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 144 |
| Ek Şekil 31. <i>KKD_M_92</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 145 |
| Ek Şekil 32. <i>KKD_M_87</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 145 |
| Ek Şekil 33. <i>KKD_M_82</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 146 |
| Ek Şekil 34. <i>KKD_M_77</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 146 |
| Ek Şekil 35. <i>KKD_M_72</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 147 |
| Ek Şekil 36. <i>KKD_M_67</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 147 |
| Ek Şekil 37. <i>KKD_M_62</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |

| | |
|---|-----|
| gösterimi | 148 |
| Ek Şekil 38. <i>KKD_M_57</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 148 |
| Ek Şekil 39. <i>KKD_M_52</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 149 |
| Ek Şekil 40. <i>KKD_M_47</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 149 |
| Ek Şekil 41. <i>KKD_M_42</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 150 |
| Ek Şekil 42. <i>KKD_M_37</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 150 |
| Ek Şekil 43. <i>KKD_M_32</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 151 |
| Ek Şekil 44. <i>KKD_M_27</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 151 |
| Ek Şekil 45. <i>KKD_M_22</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 152 |
| Ek Şekil 46. <i>KKD_M_17</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 152 |
| Ek Şekil 47. <i>KKD_M_12</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 153 |
| Ek Şekil 48. <i>KKD_M_7</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> | |
| gösterimi | 153 |
| Ek Çizelge 1. Optimize edilen <i>KKD_106 TSD</i> kümesinin öznitelik bilgileri .. | 154 |
| Ek Çizelge 2. Optimize edilen <i>KKD_105 TSD</i> kümesinin öznitelik bilgileri .. | 154 |
| Ek Çizelge 3. Optimize edilen <i>KKD_102 TSD</i> kümesinin öznitelik bilgileri .. | 154 |
| Ek Çizelge 4. Optimize edilen <i>KKD_97 TSD</i> kümesinin öznitelik bilgileri ... | 155 |
| Ek Çizelge 5. Optimize edilen <i>KKD_92 TSD</i> kümesinin öznitelik bilgileri ... | 155 |
| Ek Çizelge 6. Optimize edilen <i>KKD_87 TSD</i> kümesinin öznitelik bilgileri ... | 155 |
| Ek Çizelge 7. Optimize edilen <i>KKD_82 TSD</i> kümesinin öznitelik bilgileri ... | 156 |

| | |
|--|-----|
| Ek Çizelge 8. Optimize edilen <i>KKD_77 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri | 156 |
| Ek Çizelge 9. Optimize edilen <i>KKD_72 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri ... | 156 |
| Ek Çizelge 10. Optimize edilen <i>KKD_67 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri .. | 157 |
| Ek Çizelge 11. Optimize edilen <i>KKD_62 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri .. | 157 |
| Ek Çizelge 12. Optimize edilen <i>KKD_57 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri . | 157 |
| Ek Çizelge 13. Optimize edilen <i>KKD_52 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri . | 158 |
| Ek Çizelge 14. Optimize edilen <i>KKD_47 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri .. | 158 |
| Ek Çizelge 15. Optimize edilen <i>KKD_42 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri . | 158 |
| Ek Çizelge 16. Optimize edilen <i>KKD_37 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri . | 159 |
| Ek Çizelge 17. Optimize edilen <i>KKD_32 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri .. | 159 |
| Ek Çizelge 18. Optimize edilen <i>KKD_27 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri .. | 159 |
| Ek Çizelge 19. Optimize edilen <i>KKD_22 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri . | 160 |
| Ek Çizelge 20. Optimize edilen <i>KKD_17 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri . | 160 |
| Ek Çizelge 21. Optimize edilen <i>KKD_12 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri .. | 160 |
| Ek Çizelge 22. Optimize edilen <i>KKD_7 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri | 161 |
| Ek Çizelge 23. Optimize edilen <i>KKD_1 TSD</i> kümesinin öznelik bilgileri | 161 |

ÇİZELGELER DİZİNİ**SAYFA**

| | |
|--|----|
| Çizelge 4.1. Havzadaki kuyu sayısına bağlı Ceza Puanı (<i>CPk'</i>) değişimi | 50 |
| Çizelge 4.2. Optimize edilen <i>KKD_106 TSD</i> kümesinin öznitelik bilgileri..... | 54 |
| Çizelge 4.3. Optimize edilen <i>KKD_106</i> kontrol havza matrisleri tanımlayıcı istatistikleri | 56 |
| Çizelge 4.4. <i>C(107,1)</i> alt kümelerinin Ceza Puanına (<i>CPk'</i>) göre sıralanması | 59 |
| Çizelge 4.5. Tesadüfi oluşturulan <i>KKD</i> 'lerin öz nitelik bilgileri..... | 60 |
| Çizelge 4.6. Çizelge 4.4'te verilen Ceza Puanlarına (<i>CPk'</i>) göre oluşturulan <i>KKD</i> 'lerin öz nitelik bilgileri | 61 |
| Çizelge 4.7. Optimize edilen <i>KKD_67 TSD</i> kümesinin öznitelik bilgileri..... | 64 |
| Çizelge 4.8. <i>KKD_M</i> havza matrisleri istatistik test ölçütleri | 67 |
| Çizelge 4.9. <i>Kontrol_M</i> ve <i>KKD_M</i> havza matrisleri olasılık dağılımları | 69 |
| Çizelge 4.10. <i>Kontrol_M</i> ve <i>KKD_M</i> havza matrisleri konumsal istatistikleri | 78 |
| Çizelge 4.11. <i>Kontrol_M</i> ve <i>KKD_M</i> havza matrisleri konumsal istatistiklerinin (<i>Kİ</i>) tanımlayıcı istatistikleri..... | 87 |
| Çizelge 4.12. <i>Kontrol_M</i> ve <i>KKD_M</i> havza matrisleri konumsal istatistiklerinin normallik testi | 89 |
| Çizelge 4.13. <i>Kontrol_M</i> ve <i>KKD_M</i> havza matrisleri konumsal istatistikleri <i>WİST</i> ve <i>TÖTT</i> sonuçları | 90 |
| Çizelge 4.14. <i>Kontrol_M</i> ve optimize edilen 23 adet <i>KKD_M</i> havza matrisi verilerinin varyansların homojenliği analizi | 92 |
| Çizelge 4.15. <i>Kontrol_M_107</i> ve optimize edilen 23 adet <i>KKD</i> 'nin <i>KKD_M</i> havza matrisleri <i>TSD</i> (m) değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri..... | 93 |
| Çizelge 4.16. 2011-2012-2013 yıllarına ait <i>TSD</i> setleri tanımlayıcı istatistikleri | 95 |
| Çizelge 4.17. <i>Kontrol_M_107 = 1.40</i> ortalama değerinin optimize edilen <i>KKD_M</i> havza matrisleri ortalamalarından farklılığının testi | 96 |
| Çizelge 4.18. <i>Kontrol_M_107 = 1.41</i> medyan değerinin optimize edilen <i>KKD_M</i> havza matrislerinin medyanlarından farklılığının testi..... | 97 |

| | |
|--|-----|
| Çizelge 4.19. <i>Kontrol_M</i> ve optimize edilen 23 adet <i>KKD_M</i> havza matrisi verilerinin varyans analizi..... | 99 |
| Çizelge 4.20. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M</i> havza matrisleri ortalamalarının örnek çiftlerinin çoklu karşılaştırılması..... | 100 |
| Çizelge 4.21. <i>Kontrol_M</i> ve <i>KKD_M</i> havza matrisleri homojen alt kümelerinin gruplandırılması | 101 |
| Çizelge 4.22. <i>Kontrol_M_107</i> ile <i>KKD_M</i> havza matrisleri örnek çiftleri medyanlarının testi | 102 |
| Çizelge 4.23. Optimize edilen 23 adet <i>KKD</i> 'nin optimal alt sınırının belirlenmesi | 104 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

| | |
|--|----|
| Şekil 3.1. Çalışma alanının Türkiye'deki konumu | 17 |
| Şekil 3.2. Çalışma alanında drenaj gözlem kuyularının dağılımı (Çetin ve ark, 2012)..... | 18 |
| Şekil 3.3. Grid tabanlı optimizasyon yönteminin kavramsal genel akış şeması | 22 |
| Şekil 3.4. Kombinasyon altkümelerini hesaplayan akış şeması | 23 |
| Şekil 3.5. <i>Kontrol_M</i> ve <i>Kontrol_STD</i> havza matrislerini hesaplayan akış şeması..... | 24 |
| Şekil 3.6. Optimize edilen <i>KKD</i> 'yi hesaplayan akış şeması..... | 25 |
| Şekil 3.6. (Devam)..... | 26 |
| Şekil 3.7. Çalışma alanının gridlenmesi ve bu gridlerin matris formunda gösterimi | 29 |
| Şekil 4.1. Çalışma alanında <i>ID</i> numaraları ile tanımlanan mevcut <i>TSD</i> gözlem seti (<i>KD_107</i>) dağılımı..... | 51 |
| Şekil 4.2. Kontrol ortalama havza matrisi (<i>Kontrol_M</i>) raster haritası..... | 52 |
| Şekil 4.3. Kontrol standart sapma havza matrisi (<i>Kontrol_STD</i>) raster haritası..... | 53 |
| Şekil 4.4. <i>KKD_M_106</i> ortalama havza matrisi raster haritası | 55 |
| Şekil 4.5. <i>KKD_STD_106</i> standart sapma havza matrisi raster haritası..... | 55 |
| Şekil 4.6. <i>Fark_M_106</i> ortalama hata havza matrisi raster haritası | 57 |
| Şekil 4.7. <i>Fark_STD_106</i> standart sapma hata havza matrisi raster haritası..... | 57 |
| Şekil 4.8(a). Havza matrisindeki kuyu sayısına bağlı bilgi kaybı | 62 |
| Şekil 4.8(b). <i>GTOY</i> ile optimize edilen <i>KKD_67 TSD</i> kümesinin havzadaki dağılımı | 64 |
| Şekil 4.9. Havza matrisindeki kuyu sayısına bağlı istatistik test ölçütleri..... | 67 |
| Şekil 4.10. <i>KKD_M</i> havza matrisleri <i>TSD</i> hipsometrik eğrilerinin <i>Kontrol_M_107</i> havza matrisine göre değişimi..... | 71 |
| Şekil 4.11. <i>Kontrol_M_107</i> ve <i>KKD_M_67</i> havza matrisleri <i>TSD</i> hipsometrik eğrileri..... | 72 |
| Şekil 4.12(a). <i>Kontrol_M</i> ve 2013 yılı kış mevsimi farklı kuyu dağılımları | |

| | |
|---|----|
| <i>TSD</i> değerlerinin hipsometrik eğrileri..... | 73 |
| Şekil 4.12(b). Devam..... | 74 |
| Şekil 4.13(a). <i>Kontrol_M</i> ve 2013 yılı yaz mevsimi farklı kuyu dağılımları <i>TSD</i> değerlerinin hipsometrik eğrileri..... | 75 |
| Şekil 4.13(b). Devam..... | 76 |
| Şekil 4.14. <i>Kontrol_M</i> ve <i>KKD_M</i> havza matrisleri <i>MdC</i> konumsal istatistikleri..... | 80 |
| Şekil 4.15. <i>KKD_M_12</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> gösterimi | 81 |
| Şekil 4.16. <i>KKD_M_7</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> gösterimi | 82 |
| Şekil 4.17 <i>Kontrol_M</i> ve <i>KKD_M</i> havza matrisleri <i>MCw</i> konumsal istatistikleri..... | 83 |
| Şekil 4.18. <i>Kontrol_M</i> ve <i>KKD_M</i> havza matrisleri <i>SDEw</i> konumsal istatistikleri..... | 85 |
| Şekil 4.19. <i>Kontrol_M</i> ve <i>KKD_M</i> havza matrisleri <i>SDw</i> konumsal istatistikleri | 86 |
| Şekil 4.20. <i>KKD_M_62</i> havza matrisine ait <i>Konumsal İstatistiklerin</i> gösterimi..... | 91 |
| Şekil 4.21. <i>Kontrol_M</i> ve <i>KKD_M</i> havza matrisleri <i>TSD</i> ortalamaları..... | 98 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|-------------|--|
| Fark_M | : Her KKD için Kontrol_M'den KKD_M havza matrislerinin mutlak farkları (Ortalama Hata Matrisi) |
| Fark_STD | : Her KKD için Kontrol_STD'den KKD_STD havza matrislerinin mutlak farkları (Standart Sapma Hata Matrisi) |
| KD | : Kuyu dağılımı |
| KD_107 | : Havzada mevcut 107 kuyudan oluşan Kuyu Dağılım (KD) kümesi (mevcut gözlem seti) |
| KKD | : Kombinasyon alt kümelerinin simülasyon aşamasında KD_107'den çıkarılması sonucu elde edilen optimize edilecek Kombinasyon Kuyu Dağılımı (KKD) gösterimi |
| KKD_67 | : Havzada mevcut olan 107 adet taban suyu gözlem kuyusundan oluşturulan ve eleman sayısı 67 olan; C(107, 67) sayıdaki küme |
| KKD_M | : KKD'lerin 12 dönem ortalama havza matrisi |
| KKD_M_67 | : Optimize edilen KKD_67'nin 12 dönem ortalama havza matrisinin örnek gösterimi |
| KKD_STD | : KKD'lerin 12 dönem standart sapma havza matrisi |
| Kontrol_M | : 12 Dönem KD_107 havza matrislerinin ortalama havza matrisi |
| Kontrol_STD | : 12 Dönem KD_107 havza matrislerinin standart sapma havza matrisi |
| M | : Taban suyu derinliği aritmetik ortalaması |
| Mk' | : Fark_M havza matrisi piksel değerlerinin toplam ortalama hatası |
| M+STD | : Ceza Puanı (CPk')= Mk'+ STDk''dir. Kontrol_M ve Kontrol_STD havza matrisleri ile KKD_M ve KKD_STD havza matrisleri arasındaki bilgi kaybını veren toplam hata istatistiği değeri |
| STDk' | : Fark_STD havza matrisi piksel değerlerinin toplam standart sapma hatası |

| | |
|-----|---|
| STD | : Taban suyu derinliği standart sapması |
| TSD | : Taban suyu derinliği |
| TS | : Taban suyu |
| TUY | : Ters uzaklık yöntemi |
| VYS | : Veri yönetim sistemi |



1. GİRİŞ

Yaşam döngüsü içerisinde canlılar enerjilerini korumak veya artırmak adına mücadelelerini sürdürmektedirler. Enerjisini kontrol altına alabilecek tek varlık insan olup, ihtiyaç duyduğu enerjinin devamlılığı bilimsel yöntemlerle gerçekleştireceği tarımsal üretimin sürdürülebilirliğine bağlıdır.

Bilimsel araştırmalar; sistematik veri toplama, işleme, yorumlama ve tasarım sürecinden oluşmaktadır. Karar verme sürecinde ise güvenilir, genellenebilir, bütünlük içinde olan yeterli ve güncel verilere ihtiyaç duyulur. Bu veriler, bilgiye dönüştürülerek karar aşamasına geçilmelidir. İyi planlanmış *Veri Yönetim Sistemi (VYS)* uygulamalarıyla bu söylemlerin gerçekleştirilmesi mümkün olabilmektedir. *VYS*, hidrolojik bilgi sisteminin bir parçası olup, veri politikası, ölçüm amaçlarının tanımlanması, ölçüm ağı tasarımı, veri toplanması, verilerin işlenmesi, depolanması ve kullanıcıya sunulması olarak tanımlanır (Çetinkaya ve ark, 2002; Harmancıoğlu ve Özkul, 2002; Ataseven, 2012; Lutz ve ark, 2014; WMO, 2014).

İyi planlanmış bir veri yönetim sisteminde veriler; istenilen özellikte, istenilen yerde ve istenilen zamanda elde edilebilmelidir. Bu konuyu destekleyen önemli çalışmalardan biri Avrupa Birliği tarafından finanse edilen “2020 Ufkunda Veri Yönetiminin Esasları” adlı programdır. Bu programda; yapılacak bilimsel araştırmalarda kullanılan verilerin, çalışmanın içeriği kadar öneme sahip olduğu vurgulanmıştır (UB, 2015; EU, 2015). Ülkemizde, *VYS* ile ilgili çalışmaların yeterli düzeyde olduğu söylenemez. Bu bağlamda, *Veri Yönetim Sistemi* ile ilgili en kayda değer çalışmanın; “*Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine*” dair yönetmeliğin, 11 Şubat 2014 tarih ve 28910 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmesi ile gerçekleştirildiği düşünülmektedir. Bu yönetmeliğin ilanı ile; ülke genelindeki bütün yüzeysel sular ve yeraltı sularının miktar, kalite ve hidromorfolojik unsurlar bakımından mevcut durumunun ortaya konulması, suların ekosistem bütünlüğünü esas alan bir yaklaşımla izlenmesi, izlemede standardizasyonun ve izleme yapan kurum ve kuruluşlar arasında eşgüdüm

sağlanmasına yönelik usul ve esaslar belirlenmiştir. Ancak, hidrolojik süreçlerde kusursuz veri sağlamanın zamansal ve mekansal ölçüm hataları ve diğer hatalar (WMO, 2008) nedeniyle imkansız olduğu unutulmamalıdır.

Veri Yönetim Sisteminin bir parçası olan ölçüm ağı tasarımı, hidrolojik çalışmaların esasını teşkil eden en önemli unsurlardan biridir. Ölçüm ağı tasarımı, insan sağlığı ve gıda üretimi kadar öncelikli olmasa da en az bu konular kadar önemli olduğu vurgulanmaktadır (Made Van Der, 1986). Gözlem ağına çok sayıda gözlem yapılabilecek nokta olması her zaman arzu edilen bir durumdur. Ancak, yeryüzündeki her noktaya bir gözlem istasyonu kurma olanağı bulunmadığı gibi, her noktada gözlem yapmak da mümkün değildir (Çetin, 1996). Ölçüm ağı tasarımına etki eden en önemli unsur, toplanan verinin ekonomik getirisi olarak görülse de uygulamada durum farklıdır. Kurumların ve karar vericilerin öncelikleri hidrolojik veri ağı tasarımına ne kadar işgücü ve yatırım yapılacağına belirlenmesine etki edebilmektedir. Örneğin, Kanada’da gözlem ağının ekonomik analizinde yatırım-fayda oranı yüksek bulunmuş olmasına karşın, bütçede tasarruf sağlamak için gözlem yapılan nokta sayısında azaltılmaya gidilmiştir. Bu tip tasarruflar ölçüm ağı yatırım-fayda oranının yüksek olduğu, yoğun ölçüm ağlarına sahip İngiltere gibi ülkelerde de uygulanmaktadır (WMO, 1994). Nitekim, 1980 ve 1990’lı yıllarda Kanada, Finlandiya, Yeni Zelanda ve Amerika Birleşik Devletleri bütçelerinde ölçüm ağlarına ayrılan ödeneklerin azaltıldığı dikkati çekmektedir (Pilon ve ark, 1996; Person, 1998). ***Ülkeleri bu tür düzenlemelere iten sebepler incelendiğinde: a) Sürekli gözlem yapılarak elde edilen büyük hacimli verilerin gerekli olup olmadığının sorgulandığı, b) Bu verilerin ihtiyaç duyulan bilgileri yeterince sağlayıp sağlayamadığının irdelendiği, c) Bütçede ödeneklerin azaltılmasıyla veri ağlarının sürdürülebilirliğinin konu edildiği anlaşılmaktadır.*** Dolayısıyla, gözlem ağlarından elde edilen verilerden sağlanan bilgilerin yeterli olup olmadığı sorgulanmaktadır. Gözlem ağlarının maliyet etkinliğinin sorgulanması ise, veri ağındaki gözlem noktalarının sayısında azaltma yapılmasını gündeme getirmiştir. Bu ise, verilerden sağlanacak bilgilerin verimliliğini artırarak veri toplamada tasarruf sağlamıştır (Çetinkaya, 2007). Ancak, ülkemizdeki

uygulamalara bakıldığında, gözlem ağlarının azaltılarak veri sağlamaya yönelik yapılan rasyonel ağ tasarımında tamamen doğaçlama bir yol izlendiği de dikkati çekmektedir. Dolayısıyla bu durum sorunların çözümünde sürdürülebilir yaklaşımların dışına çıkılmasına neden olabilmektedir. Oysa, yeraltı ve yerüstü su kaynakları yönetiminde veri toplanan ağların havzayı temsil etmesi son derece önemlidir (Burn, 1997). Hidrolojik veri toplama ağı tasarımının ilk adımının minimum sayıda gözlem ağı kurulumu olmasına karşın, su kaynakları yönetimi planlamalarında minimum sayıdaki gözlem ağından elde edilen bilgiler planlama gereksinimini genellikle karşılayamamaktadır. Bu nedenle; ihtiyaca yönelik olarak ağ yoğunluğunun optimize edilmesi gereklidir (WMO, 2008).

Gözlem ağı optimizasyonunda, genellikle optimizasyon tekniklerinden yararlanılır. Matematiksel olarak optimizasyon; amaç fonksiyonunun maksimum veya minimum yapılmasıdır. Örneğin, kuyu dağılımlarının optimizasyonundaki amaç; makul bir maliyet, güvenilirlik ve hassaslık açısından kendisinden beklenenleri karşılayan optimal ağ dağılımı ve optimal ölçü planına sahip ağların tasarlanması olabilir (Yetkin, 2008). Bu nedenle ki, Türkiye Ulusal Hidroloji Komisyonu toplantılarında (DSİ, 2013), hidrolojik çalışmalarda gözlem ağı optimizasyonunun öncelikli çalışma konularından biri olması gerektiği sürekli olarak vurgulanmıştır. Uzun bir gözlem süresi sonucunda elde edilen verilerden yararlanılarak gözlem ağı optimizasyonu yapılmak sureti ile en düşük maliyetle gözlem ağı sayısı ve gözlem ağı alanı saptanmalı; optimize edilen gözlem ağından elde edilen veriler bilgi kaybına neden olmamalıdır (Iquzquiza, 1998; DSİ, 2012). Nitekim, Lettenmaier ve ark (1984) dere akımı su kalitesi gözlem ağlarının birleştirilmesine yönelik yaptıkları bir optimizasyon çalışmasında; gözlem ağı istasyon sayısının 81 istasyondan 47 istasyona düşürerek yıllık yaklaşık 33 bin dolarlık tasarruf elde edildiğini belirtmişlerdir (Harmancıoğlu ve ark, 2004). Uzun yıllar boyunca gözlem ağlarında gözlemler yapılması, izleme ve değerlendirme programlarının devam ettirilmesi, işletme maliyetlerini artırmaktadır. Örneğin; Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığının gözlem ağları izleme maliyeti, yılda 100 milyon dolara yaklaşmaktadır (USEPA, 2004; Li ve Hilton, 2007).

Ülkemizdeki hidrolojik havzalardaki su niteliği ve niceliğinin izlenmesine yönelik çalışmalar ile sulama şebeke alanlarındaki taban suyu izleme kuyularında yapılan gözlemler kamu kurumlarına özellikle Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne (DSİ) önemli mali yükler getirmektedir.

Sulu tarım yapılan kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal üretimin sürdürülebilirliği *Taban Suyu Derinliği (TSD)* gözlem ağlarının izleme ve değerlendirme çalışmalarının etkinliğine bağlıdır (Çetin ve Kırdar, 2003; Topçu ve ark, 2008). Dolayısıyla, taban suyu gözlem kuyularının bir saha üzerindeki optimal sayılarının ne olması gerektiği uygulayıcılar tarafından sürekli olarak irdelenmekte; özellikle maliyet etkinliği ve veri kalitesi hususunda sıkça sorulara maruz kalmaktadır. Uygulamada; *TSD* gözlem ağlarının izleme ve değerlendirilmesi her biri ortalama 100 ha alana hizmet eden taban suyu gözlem kuyuları aracılığı ile yapılmaktadır (DSİ, 1990; Kanber ve Ünlü, 2008). Bu bağlamda ülkemizde, DSİ tarafından uygulanan ölçütlerden öteye gidilemediği ve ayrıntılı çalışmaların yapılmadığı görülmektedir. Özellikle sulamaya açılmış olan işletme alanlarında bazen çok sayıda bazen de kısıtlı sayıda taban suyu gözlem kuyusu kullanılarak taban suyunun nicelik ve niteliğine yönelik gözlemler yapılmaya devam edilmekte; elde edilen gözlemler kullanılarak üzerinde çalışılan taban suyu özellikleri haritalanarak irdelemeler yapma yoluna gidilmektedir. Ancak, izlemeye alınan noktaların yeterliliği bir yana, optimal sayısı hakkında sürekli bir arayış içinde olduğu (Storck ve ark, 1997) dikkati çekmektedir. Bu ise, gözlem ağı kuyu dağılımlarının optimize edilmesinin ne denli önemli olduğunu göstermektedir. Üstelik, sistematik ölçüm ağı tasarımına yönelik henüz var olan ve önerilen tümüyle geçerli bir yöntem de geliştirilmiş değildir (Alpaslan ve Harmancıoğlu, 1993; Grabow ve ark, 2000). Örneğin; Li ve Hilton (2007) “Karıncı Kolonisi Optimizasyonu”, Pedini ve ark (2005) “Genetik Algoritmalar”, Kollat ve ark (2011) “Kalman Filtresi”, Castello ve ark (2012) “Kriging ve Monte Carlo Analizi”, Wei ve ark (2014) “Entropi”, Thakur (2015) “Jeoistatistik ve İstatistiksel Yaklaşımlarla Gözlem Ağı Optimizasyonu” adlı araştırmalar gözlem ağı

optimizasyonunda kullanılan yöntemlerin çeşitliliği konusunda önemli bilgiler verebilmektedir.

Mevcut literatür incelendiğinde, işletmeye açılmış tarımsal havzalardaki taban suyu gözlem ağının optimize edildiği çalışmaların azlığı dikkat çekmektedir. Nitekim, topoğrafyanın homojen sayılabileceği oldukça düz olan alanlarda *TSD* ölçüm ağı tasarımına yönelik geçerli bir yöntemin de geliştirilmediği görülmüştür. Bu nedenle, belirtildiği üzere gözlem ağlarının oluşturulmasında doğaçlama bir yol izlenmektedir; ayrıca, konuyla ilgili yeterli kaynağa/bilgiye erişilmesinde de sıkıntılarla karşılaşmaktadır. Bu noktadan hareketle, farklı yaklaşımlar kullanılarak gözlem ağındaki optimum kuyu dağılımlarının tasarımına ihtiyaç duyulduğu açıktır.

Bu araştırma ile:

1. Topoğrafyanın düz olduğu alanlarda taban suyu derinlikleri için grid tabanlı yeni bir optimizasyon modelinin/algorithmasının geliştirilmesi,
2. Geliştirilen model kullanılarak taban suyu derinliklerinin gözlemlenmesinde bilgi kaybının en aza indirileceği optimum taban suyu gözlem ağının belirlenmesi olanaklarının araştırılması amaçlanmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu araştırmanın başlıca konusu, taban suyu derinliklerinin ölçülmesinde kullanılan drenaj gözlem (kuyu) ağının optimal tasarımında grid tabanlı yeni bir optimizasyon modelinin geliştirilmesidir. Bu nedenle; drenaj gözlem ağlarının optimizasyonu ile ilgili önceki çalışmalar yöntemsel olarak incelenmiştir. Konu ile ilgili yapılmış çalışmalar 2 ana başlık altında toplanarak izleyen kısımlarda sunulmuştur.

2.1. Optimal Ölçüm Ağı Tasarımında Tek Yöntemin Kullanıldığı Çalışmalar

Metodolojisinde tek bir yöntem veya aynı yöntemin türevi olan yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalara bu başlık altında değinilmiştir.

Uzun ve ark. (1998), “*Jeodezik Ağların Şekil Yönünden Optimizasyonunda Ardışık Dengeleme Yönteminin Kullanılması*” başlıklı çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada; daha önceden kurulmuş, fakat istenilen amaca uygun olmayan, nirengi ağlarının bir amaç fonksiyonuna göre geliştirilmesi ve iyileştirilmesine yönelik çalışmaların nasıl yapılabileceğini örneklerle anlatmışlardır.

Yang ve ark. (2007), “*Ordinary Kriging Yöntemiyle Yeraltı Su Seviyesi Gözlem Ağlarının Optimizasyonu*” başlıklı çalışmalarını Çin’in Özerk Uygur bölgesinde 2403 km² ‘lik Chaiwopu Havzasında yürütmüşlerdir. Çalışmalarında; 2002-2005 yılları arasında 18 adet gözlem kuyusundan oluşan yeraltı su seviyesi (YAS) gözlem ağından elde edilen verileri kullanmışlardır. YAS gözlem ağını; tahmin edilen yeraltı suyu eş seviye değerlerini *Kriging* standart sapma (*Kriging Hata*) istatistiğine göre optimize etmişlerdir. Havzada bulunan 18 adet gözlem kuyusuna, 37 adet gözlem kuyusu ilave edilerek ağ optimizasyonunun yapılabileceğini belirtmişlerdir. Buradan anlaşılacağı üzere, jeostatistiksel yöntemler ile gözlem ağındaki eksik olan gözlem noktalarının yerleri belirlenebilmiştir.

Kassim ve Kottegoda (1991), ”*Yağış Ağlarının Kriging Yöntemiyle Karşılaştırmalı Tasarımı*” başlıklı çalışmalarını, Birmingham-İngiltere’de 13 yağış ölççeğinin bulunduğu 1800 km²’lik Severn-Trent havzasında yürütmüşlerdir. Ağ tasarımı *Basit (Simple)* ve *Disjunctive Kriging* yöntemlerini kullanmışlardır. Yetersiz ağ yoğunluğuna sahip 3 noktaya istasyon eklemişler ve 16 istasyonun 1988 yılında oluşan 12 yağış fırtınasından elde edilen verilerini analiz etmişlerdir. Bu istasyonları tek tek analizlerden çıkararak geride kalan istasyonlarla yapılan *Kriging* kestirimlerinin *Kriging* tahmin varyanslarını incelemişlerdir. *Disjunctive Kriging* yönteminin daha etkili tahmin yaptığı sonucuna ulaşmışlardır. Ağ tasarımı, tahmin varyansları büyük olan istasyonları önemli istasyonlar olarak değerlendirmişlerdir. Bu istasyonların ağ içerisinde bırakılabileceğini, küçük tahmin varyanslarına sahip istasyonların ise ağdan çıkarılabileceğini *Kriging* hata haritaları yardımıyla açıklamışlardır.

Bhat ve ark. (2015), ”*Yeraltı Suyu Seviyesi Gözlem Ağlarının Jeostatistik Tabanlı Tasarımı ve Yukarı Florida Akiferinde Uygulanması, ABD*” başlıklı çalışmalarını Güney Florida Su Kaynakları Birliği’nin 46 km²’lik havzasında yürütmüşlerdir. Birlik alanı içerisinde bulunan 55 adet gözlem kuyusunda 2001-2011 yılları arasında gözlenen tuzluluk ve sıcaklığa göre ayarlanmış akifer basınç ortalamalarını kullanmışlardır. Araştırmacılar, üç farklı optimizasyon tekniğini uygulamışlar; kuyular arası mesafe ve tahminlerin standart sapmasını esas alarak gözlem ağındaki kuyu sayılarını *Kriging* yöntemiyle 55’den 44 kuyuya düşürmüşlerdir. Gözlem ağındaki kuyu sayısının artmasıyla tahminlerin standart hatalarının azalacağını belirtmişlerdir. Bu araştırmadan anlaşılacağı üzere, var olan bir gözlem ağındaki gözlem yapılan noktaların sayısı, jeostatistiksel teknikler kullanılarak önemli bir bilgi kaybına neden olmayacak sayıya düşürülebilmektedir.

Theodossiou ve Latinopoulos (2006), ”*Yeraltı Suyu Gözlem Ağlarının Kriging Yöntemiyle Değerlendirilmesi ve Optimizasyonu*” başlıklı çalışmalarını Yunanistan’ın 90 km²’lik Yukarı Anthemountas havzasında yürütmüşlerdir. Araştırmalarında; 1999 ve 2000 yılları arasında 31 adet yeraltı su seviyesi gözlem

kuyusu verilerini temel materyal olarak kullanmışlardır. Ağ tasarımı; *Kriging* yöntemiyle birlikte klasik istatistiksel analiz tekniklerini de kullanmışlardır. Hata kareler ortalaması, çapraz doğrulama ve standart sapma istatistiklerinden faydalanarak gözlem ağına eklenebilecek yeni kuyuları veya ağdan çıkarılabilecek kuyuların belirlenebileceğini göstermişlerdir.

2.2. Optimal Ölçüm Ağı Tasarımında Birden Fazla Yöntem Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Optimal Ölçüm Ağı Tasarımının birden fazla yöntem kullanılarak yapılan çalışmalara bu başlık altında değinilmiştir.

Nunes ve ark. (2004), “*Yeraltı Suyu Gözlem Ağlarının Artıklık Arıtımı İle Optimizasyonu*” başlıklı çalışmalarını 32 adet yeraltı suyu gözlem kuyusunun bulunduğu deneme alanında gerçekleştirmişlerdir. Yapay olarak yeraltı suyunun elektiriksel iletkenliği ve sıcaklık zaman serilerini bütün kuyular için elde etmişlerdir. Optimizasyon işleminde *Kriging*, *Entropi* ve *Simülasyon* tekniklerini birlikte kullanmışlardır. Üç farklı optimizasyon amaç fonksiyonu oluşturmuşlardır. Oluşturdukları amaç fonksiyonları yardımıyla mevcut 32 kuyuyu, 17 adet kuyu ile temsil edecek şekilde 3 farklı gözlem ağı dağılımı elde etmişlerdir.

ABD’de Çevre Kirliliği Ajansı (USEPA), yeraltı suları ile ilgili önemli projeler üreterek, su kalitesi ve kantitesinin izlenmesinde optimizasyon tekniklerini yoğun olarak kullanmış ve kullanmaya da devam etmektedir. Örneğin; “*Sert Krom Sınır Bölgesinde Yeraltı Suyu Gözlem Ağı Optimizasyonu, Vancouver, Washington (FHC Bölgesi)*” adlı çalışma Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı tarafından hazırlanmıştır (USEPA, 2007). Bu çalışma, yeraltı sularının uzun zamanlı gözlemlenmesinde dikkat edilecek hususlar ve optimum gözlem ağı kurulumuna yönelik yapılan bir raporlamadır. Çalışmada; 2003-2007 yılları arasında alüvyal akiferin iki farklı bölgesinde bulunan toplam 33 adet kuyuda gözlemlenen çökmemiş krom değerleri kullanılmıştır. Konumsal ve zamansal analiz yapabilen *MAROS* yazılımı ile 33 adet kuyudan oluşan gözlem ağı optimize

edilerek, 23 adet kuyu ile güvenilir gözlem yapılabileceği raporda açıklanmıştır. Görüleceği üzere, optimizasyon çalışması ile %30 oranında kuyu sayısında bir azaltma yapılabilmektedir.

Guo ve ark. (2011), “*MSN Teorisini Kullanarak Yeraltı Suyu Gözlem Ağlarının Optimizasyonu*” başlıklı çalışmalarını Çin’in Sincan Uygur Özerk Bölgesinde yürütmüşlerdir. *Homojen Olmayan Alanlarda Ortalama Teorisi (MSN)* ve *Blok Kriging (BK)* yöntemini birlikte kullanmışlardır. Gözlemlenen kuyuların *BK* standart sapma ve ortalama değerlerinden faydalanarak *MSN* yöntemiyle kuyu dağılımlarını optimize etmişlerdir. Optimizasyon sonucunda çalışma alanlarındaki mevcut kuyuların yetersiz olduğunu ortaya koymuşlar, yeni açılması gereken kuyuların hangi bölgelere açılacağını harita üzerinde göstermişlerdir.

Awadallah (2012), “*Kriging ve Entropi Yöntemlerini Kullanarak Yağış İstasyonlarının Optimum Konumlandırılması*” başlıklı çalışmasını Suudi Arabistan’ın İbrahim Vadisi Mekke Havzasında yürütmüştür. Araştırmasında; havza dışında bulunan 4 adet gözlem istasyonunda 2002-2009 yılları arasında gözlemlenen yağış değerlerini kullanmıştır. Havza sınırları içerisinde ve dışında 32 adet temsili istasyon belirleyerek, *Kriging* yöntemiyle her gözlem yılı için *Kriging* tahmin haritaları oluşturmuştur. *Entropi* yöntemi ile en yüksek entropiye sahip temsili istasyon noktalarını belirlemiştir. *Kriging* ve *Entropi* yöntemini birlikte kullanarak havza içerisinde 4 adet yağış istasyonu kurulabilecek ilave noktayı tespit etmiştir. Böylece, Dünya Meteoroloji Örgütü tarafından ortaya konulan yağış istasyonları yoğunluğu kriterlerinin sağlanabileceğini göstermiştir.

Castello ve ark. (2012), “*Los Alamos Ulusal Laboratuvarında Bölgesel Akifere Potansiyel Kirletici Girişinin Tespiti İçin Gözlem Kuyularının Optimum Konumlandırılması*” başlıklı çalışmalarını bölgesel akifer olarak adlandırılan Sandia ve Mortandad Kanyonlarında yürütmüşlerdir. Dört adet gözlem kuyusunun bulunduğu 1260 dekar alanda gözlemlenen krom değişkeninden yararlanarak iki farklı senaryo ile yeni eklenecek olası kuyu sayısını optimize etmişlerdir. İlk senaryo ile; *Kriging* yöntemiyle gözlemi olmayan alanlardaki krom kirleticisini

tahmin etmişlerdir. Daha sonra *Gauss* olasılık dağılımından faydalanarak, *Monte Carlo* simülasyonu ile tahminlerdeki minimum ortalama tahmin varyansını esas alarak mevcut gözlem kuyularına 10 adet gözlem kuyusunun eklenmesi gerektiğini bulmuşlardır. İkinci senaryoda ise; *Kriging* yöntemiyle yapılan tahminleri *k-ortalama* kümeleme algoritmasıyla 10 adet küme olacak şekilde kümelemişlerdir. Oluşan kümelerin merkezlerine kuyuların eklenmesiyle optimizasyon yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Khader ve McKee (2014), "*Belirsizlik Altında Yeraltı Suyu Kalitesi Gözlem Ağı Tasarımı İçin Uyumlu Vektör Makinalarının Kullanımı*" başlıklı çalışmalarını Filistin'in Kuzeydoğu havzasının 67 adet yeraltı suyu gözlem kuyusunun bulunduğu Eocene Akiferinde yürütmüşlerdir. Çalışmalarında, nitrat değişkenini incelemişlerdir. Araştırmada amaçlarının gözlem ağında bulunan kuyuları azaltmak olmadığını, yeni gözlem ağı tasarlamak olduğunu belirtmişlerdir. Optimizasyon işlemini 3 aşamada gerçekleştirmişlerdir: 1. Daha önce bu havzada çalışılmış verileri kullanarak yeraltı suyu sisteminin fiziksel yapısını belirsizlik analizi ile tanımlamışlardır; 2. Yeraltı suyu akımı ile nitrat taşınımının modellenmesini *MODFLOW* ve *MT3DMS* modelleme programlarını kullanarak akiferdeki nitrat konsantrasyonunu simüle etmişlerdir; 3. Gözlem ağı tasarımını ise *Uyumlu Vektör Makina* algoritması ile gerçekleştirmişlerdir.

Chang ve Lin (2014), "*Su Kalite Gözlem Ağlarının Bulanık Mantık Teorisi ve Çoklu Kriter Analizi İle Tasarımı*" başlıklı çalışmalarını Taipei Su Kaynakları Birliğine ait Bei-Shih Deresi, Nan-Shih Deresi ve Sin-Dian Deresi havzalarını kapsayan yaklaşık 700 km² büyüklüğündeki bir alanda yürütmüşlerdir. Araştırmacılar, çalışma alanlarını her havzada en az bir gözlem istasyonu kalacak şekilde 22 alt havzaya ayırmışlardır. "*Çoklu kriter analizi*" için sekiz adet kriter belirlemişlerdir. Normalizasyon ve ağırlıklandırma yapılarak alt havzaları bu kriterlere göre puanlandırmışlardır. Bulanık mantık yöntemi ile bu puanlamaları sınıflandırmışlar ve sıralayarak alt havzaları gözlem ağı yoğunluğu ihtiyacına göre önceliklendirmişlerdir. Bei-Shih Deresi ve Sin-Dian Deresi havzalarında daha

gerçekçi gözlem yapılabilmesi için gözlem ağına yeni gözlem noktalarının ilave edilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

Wei ve ark. (2014), “*Konumsal ve Zamansal Ölçekte Yağış Gözlem Ağı Tasarımında Entropi Yönteminin Kullanımı*” başlıklı çalışmalarını Ulusal Tayvan Üniversitesi Araştırma Ormanı içinde ve yakınında bulunan 50 yağış gözlem istasyonunda yürütmüşlerdir. Araştırmalarında, 1992-2012 yılları arasında saatlik, aylık, kurak altı aylık, yağışlı altı aylık ve yıllık olarak kayıt edilen yağış verilerini kullanmışlardır. Yaklaşık 327 km²'lik havza alanını; 1x1, 3x3 ve 5x5 km²'lik gridlere ayırarak bu gridleri aday gözlem istasyonu olarak kabul etmişlerdir. Zamansal olarak gözlemlenen bu yağış periyotlarını kullanarak gözlemi olmayan noktalardaki yağış değerlerini *Kriging* yöntemiyle tahmin etmişlerdir. *Entropi* yöntemini kullanarak çalışma alanındaki her farklı grid boyutu için istasyonların entropi değerlerini belirlemişlerdir. Bu istasyonları, entropi değerleri esas alınarak önemliden önemsiz doğru sıralamışlardır. Konumsal ve zamansal ölçekte bütün grid ağları ve farklı periyotlar için 13 adet yağış gözlem istasyonunun havzaya kurulması gerektiğini belirtmişlerdir.

Gao ve ark. (2015), “*Yangtze Nehri Halici ve Sınır Deniz Konumlarında Çokdeğişkenli Deniz Ekolojisi Gözlem Ağlarının Sınıflamalı Optimizasyonu*” başlıklı çalışmalarını 1.8 milyon km²'lik havzaya sahip Çin'in en büyük nehri olan Yangtze Nehri havzasında yürütmüşlerdir. Araştırmacılar bu çalışmalarında 12 adet su kalite değişkenini incelemişlerdir. Dört farklı havzadan 18, 20, 15 ve 17 olmak üzere; 70 gözlem noktasından 2011-2013 yıllarında elde edilen verileri kullanmışlardır. Gözlem ağlarını iki aşamalı optimizasyon tekniğiyle eniyilemişlerdir. Birinci aşamada; *Temel Bileşim Analizi (TBA)* ile gözlem noktalarını 70'den 51'e indirmişler. İkinci aşamada; *Kriging* ve *Homojen Olmayan Alanlarda Ortalama Teorisi (MSN)* yöntemlerini birlikte kullanarak 51 gözlem noktasını 55 gözlem noktasına çıkarmışlardır. Sonuçta, 55 gözlem noktası kullanarak 70 gözlem noktasından daha az tahmin hatası elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Ran ve ark. (2015), "Çin'in Kuzeybatısındaki Zhangye Havzasında Yeraltı Suyu Seviyesi Gözlem Noktalarının Optimum Seçimi" başlıklı çalışmalarında 10800 km²'lik Zhangye Havzasında, 54 adet yeraltı suyu gözlem kuyusundan 1985-2004 yılları arasında gözlemledikleri yeraltı suyu derinlik verilerini seviyeye çevirerek kullanmışlardır. MSN yöntemiyle havzadaki yeraltı suyu seviyelerinin ortalama karesel tahmin hatasını yazılım yardımıyla hesaplamışlardır. Minimum ortalama tahmin varyansına sahip konumları bulabilmek için *Monte Carlo* ve *Parçacık Sürü Optimizasyon* algoritmaları ile yaptıkları simülasyonlarla, yeni eklenecek kuyuların konumlarını belirlemişlerdir. Optimizasyon sonucunda havzaya 31 adet yeni kuyu eklenmesinin uygun olacağı sonucuna varmışlardır.

Junez-Ferreira ve ark. (2016), "Çoklu Yeraltı Suyu Kalite Parametrelerinin Kalman Filtreleri Kullanarak Optimal Ölçüm Ağı Tasarımı: Irapuato-Valle Akiferi Uygulaması" başlıklı çalışmalarını; yaklaşık 2500 km² büyüklüğündeki farklı akifer zonlarını temsil eden, derinlikleri 20 ile 700 metre arasında değişen 140 adet gözlem kuyusunun bulunduğu Irapuato-Valle Akiferinde yürütmüşlerdir. Araştırmalarında, kuyulardan 2003 yılında gözlemlenen 9 adet su kalitesi parametresini kullanmışlardır. Optimizasyon amaç fonksiyonunu "tahminlerin hata varyanslarının minimize edilmesi" üzerine kurmuşlardır. *Kalman Filtreleri* yöntemi için gerekli parametreleri *Ordinary Kriging* yöntemiyle elde ettikten sonra *Kalman Filtreleri* yöntemiyle gözlem ağını optimize etmişlerdir. Optimizasyon sonucunda; 69 adet gözlem kuyusu kullanarak elde edilen istatistikler ile 140 gözlem kuyusu kullanılarak elde edilen istatistikler arasında %10 fark olduğunu belirtmişlerdir.

Fisher (2013), "Genetik Algoritma Tabanlı Kriging Yöntemiyle Batı Snake Nehri Akiferinde Su Seviye Gözlem Ağlarının Optimizasyonu" adlı çalışmasını; 270 km uzunluğundaki 100 km genişliğindeki Idaho Batı Snake Nehri Akiferinden 12 aylık, 6 aylık, 3 aylık ve ayda bir olacak şekilde ölçümlerin yapıldığı 171 adet yeraltı suyu gözlem kuyusundan elde edilen 2008 yılına ait su seviyesi değerlerini kullanmıştır. Beş farklı kombinasyon oluşturarak (10, 20, 40, 60 ve 80'li)

kombinasyon alt kümelerindeki kuyuları mevcut gözlem kuyusundan çıkarmak sureti ile *Genetik Algoritma* ve *Üniversal Kriging* yöntemini kullanarak kestirimler yapmıştır. Ortalama standart sapma, ortalama standart hata, hata kareler ortalamasının karekökü ve ortalama hata test istatistiklerine göre; 20 kuyunun, mevcut 171 kuyudan çıkarılması sonucu elde edilen 151 kuyudan oluşan kuyu dağılımı ile yapılan tahmin hatalarının kabul edilebilir olduğunu bulmuştur. Ancak, 40 kuyunun mevcut gözlem ağından çıkarılmasıyla elde edilen 131 kuyudan oluşan kuyu dağılımı ile yapılan tahminlerde hataların arttığını işaret etmiştir.

Li ve Hilton (2007), "*Karıncı Kolonisi Optimizasyonu İle Optimum Yeraltı Suyu Gözlem Ağlarının Tasarlanması*" başlıklı çalışmada, Washington'un Fort Lewis yukarı akiferinde 30 gözlem kuyusundan 2000 yılı Eylül ayında gözlemledikleri trikloretilen verilerini kullanmışlardır. Gözlem ağında bulunan 30 kuyuya *Karıncı Kolonisi Optimizasyonu* yöntemini uygulamışlardır. Gözlem ağından çıkarılan her bir kuyu için *Ters Uzaklık Yöntemi (TUY)* ile verileri haritalamışlardır. Gözlenen değerler ile tahmin edilen değerlerin etkinliğini *Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (RMSE)* test ölçütüyle kıyaslamışlardır. Bilgi kaybının en az olduğu kuyu dağılımlarının; 21 ile 27 kuyu arasında seçilen kuyu dağılımlarından elde edildiğini belirtmişlerdir.

Khan ve ark. (2008), "*Sulama Alanlarında Temel Bileşim Analizi (TBA) Yöntemini Kullanılarak Yeraltı Suyu Gözlem Ağlarının Optimizasyonu*" başlıklı çalışmalarını, Avustralya'nın Güney Murray Darling havzasında Coleambally Sulama Alanında (CIA) yürütmüşlerdir. Araştırmalarında; 1986 ile 1999 yılları arasında Mart ve Eylül aylarında gözlemlenen 619 adet piyezometre gözlem kuyusundan elde edilen yeraltı suyu derinliklerini kullanmışlardır. *TBA* yöntemiyle optimize edilen 231 kuyudan oluşan kuyu dağılımı ile 619 kuyudan oluşan mevcut kuyu dağılımını *Kriging* yöntemiyle haritalamışlardır. Her yıl ve yılda 2 dönem için bu haritalamaları yaparak tahminlerinin ortalama ve standart sapma değerlerini karşılaştırmışlardır. Kuyu sayısının 639'dan 231'e düşürülmesinin; mevcut ve optimize edilen gözlem ağı arasındaki toplam yeraltı suyu derinlik farkının %20

bilgi kaybına neden olmasına karşın, büyük oranda zaman ve maliyetten tasarruf sağlandığını vurgulamışlardır. Buradan anlaşılacağı üzere, kıyaslamalarda ölçülen yeraltı suyu toplam derinlik farkı kullanılmıştır.

Iguzquiza (1998), "*Alansal Yağış Tahminleri İçin Yağış Ölçeklerinin Jeostatistiksel ve Simülasyon İle Optimal Sayısı ve Konumunun Seçilmesi*" başlıklı çalışmasını teorik olarak tasarlamıştır. Optimizasyondaki amaç fonksiyonunu; *Kriging* tahmin varyansının minimum olması ve yağış verilerinin gözlem maliyetlerinin azaltılması üzerine kurgulamıştır. Böylece, değişik yağış ölçek sayısından oluşan ağ kombinasyonlarını simüle etmiştir. Araştırmacıların, gözlem ağlarının optimal sayıya azaltılması veya optimal sayıya artırılmasına yönelik yaptıkları çalışmalarında; optimum gözlem ağı dağılımının oluşturulmasında nasıl karar vermesi gerektiğini görsel olarak şekillerle açıklamıştır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM**3.1. Materyal****3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu**

Bu araştırma; Aşağı Seyhan Ovasında 9495 ha genişliğindeki kontrollü bir havza olan, $36^{\circ} 51' 46''$ - $36^{\circ} 57' 00''$ kuzey enlemleri ve $35^{\circ} 24' 10''$ - $35^{\circ} 36' 34''$ doğu boylamları arasında (Çetin ve ark, 2008) bulunan Akarsu Sulama Birliği sulama sahasında yürütülmüştür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma alanının Türkiye'deki konumu

Değınilen yıllarda, yıl içerisinde 4 dönem gözlemler yapılarak *TSD* gözlem setleri elde edilmiştir. Bu bağlamda: 1. Yağışlı dönemde (kışın), 2. Sulama mevsimi başlangıcında (Mart/Nisan), 3. Sulamanın en yoğun olduğu ayda (Temmuz) ve 4. Hidrolojik yılın sonunda (Eylül ayı sonu/Ekim ayı başında) herbir gözlem kuyusundan *TSD* ölçümleri yapılmıştır (Çetin ve ark, 2012). Yapılan bu ölçümler, optimizasyon algoritmasının geliştirilmesinde ve test edilmesinde materyal olarak kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Yapılan bu çalışmada grid tabanlı bir optimizasyon modeli geliştirilerek çalışma alanındaki taban suyu gözlem kuyu sayılarının (Şekil 3.2) önemli bir bilgi kaybına neden olmadan azaltılma olanakları araştırılmıştır. Geliştirilen bu optimizasyon yöntemi; bir alanın gridler yardımıyla matrislere dönüştürülerek amaç fonksiyonunun gözlemlenen veriler esas alınarak simülasyon ile çözümlenmesi olarak tanımlanabilir. Akarsu Sulama Birliği sulama alanında yürütülen *Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemi (GTOY)* amaç fonksiyonu çözüm algoritması aşağıda özetlenmiş; matematiksel formülasyonu ayrıntılı olarak izleyen bölümlerde verilmiştir. Algoritma şu sıra ile uygulanabilir:

1. *KD_107* olarak adlandırılan havzadaki mevcut 107 kuyudan oluşan *Kuyu Dağılım (KD)* kümesinin (mevcut gözlem setinin) koordinat değerleriyle 1000x1000 m çözünürlükte (Eşitlik 3.3) havza matrisinin üretilmesi ve Eşitlik 3.4 yardımıyla havza matrisi gridlerine koordinat atanması (Şekil 3.7),

2. Havza matrisinin her gridinin temsil edeceği *TSD* değerinin her gride en yakın *KD_107* 'ye ait 12 kuyunun (Çetin ve Diker, 2003) *TSD* değerleri kullanılarak *Ters Uzaklık Yöntemi (TUY)* ile kestirilmesi (Eşitlik 3.2),

3. Gözlemlenen üç hidrolojik yılın 12 dönemi için bu hesaplamalar ayrı ayrı yapılarak 12 döneme ait 12 adet *KD_107* havza matrisinin elde edilmesi (Eşitlik 3.5),

4. Elde edilen havza matrisi gridlerinin temsil ettiği *TSD* değerleri ile 12 dönemin *ortalama (M)* ve *standart sapma (STD)* havza matrislerinin (*grid esaslı haritaların*) hesaplanması (Bu havza matrisleri; Eşitlik 3.6 ile ifade edilen *Kontrol_M (Kontrol_M_107)* ve Eşitlik 3.7 ile ifade edilen *Kontrol_STD (Kontrol_STD_107)* havza matrisleridir. Havza matrislerinin hesaplanmasında; 12 dönemlik tüm veriler kullanılmıştır. Böylece havza için referans olarak kullanılabilen iki temel matris elde edilmiştir.),

5. Mevcut 107 kuyunun 1, 2, 5, 10,...,100 ve 106'lı kombinasyon alt kümelerinin (Iguzquiza, 1998 ; Fisher, 2013) oluşturulması (Eşitlik 3.1),

6. Bu alt kümelere dahil olan kuyu kümesinin mevcut 107 kuyudan çıkarılması (Li ve Hilton, 2007) sonucu elde edilen gözlem ağı dağılımı *Kombinasyon Kuyu Dağılımı (KKD)* olarak adlandırılması ve oluşturulan her *KKD* için aynı *KD_107*'de olduğu gibi 12 döneme ait havza matrislerinin elde edilmesi,

7. Elde edilen *KKD* havza matrislerinin 12 döneme ait *ortalama (KKD_M)* ve *standart sapma (KKD_STD)* havza matrisleri (Khan ve ark, 2008) sayıldığı sıraya göre Eşitlik 3.8 ve Eşitlik 3.9 yardımıyla hesaplanması,

8. *Kontrol_M* ve *Kontrol_STD* havza matrisleri ile *KKD_M* ve *KKD_STD* havza matrislerinin grid bazında farklarının ve bu farka ilişkin mutlak değerlerin hesaplanması; *KKD*'lerin Eşitlik 3.10 ile ifade edilen *Ortalama Hata (Fark_M_k)* ve Eşitlik 3.11 ile ifade edilen *Standart Sapma Hata (Fark_STD_k)* havza matrislerinin elde edilmesi,

9. Bu matrislerin havza sınırı içerisindeki gridlerine atanan hata değerleri toplanarak *Fark_M_k* ve *Fark_STD_k* havza matrislerinin; tek bir skalerle *M_k* (Eşitlik 3.12) ve *STD_k* (Eşitlik 3.13) değeriyle temsil edilmesi,

10. *KKD*'yi temsil eden *M_k* ve *STD_k* değerleri birbiriyle toplanarak (Eşitlik 3.14) *KKD*'ye ait *M_k+STD_k* istatistiğinin elde edilmesi; bu istatistiğin toplam hata veya ceza puanı (*CP_k=M_k+STD_k*) olarak adlandırılması; toplam hata puanının her bir simülasyon için hesaplanması [Ceza Puanı (*CP_k*) veya *M+STD* istatistiği; *Kontrol_M* ve *Kontrol_STD* havza matrisleri ile *KKD_M* ve *KKD_STD*

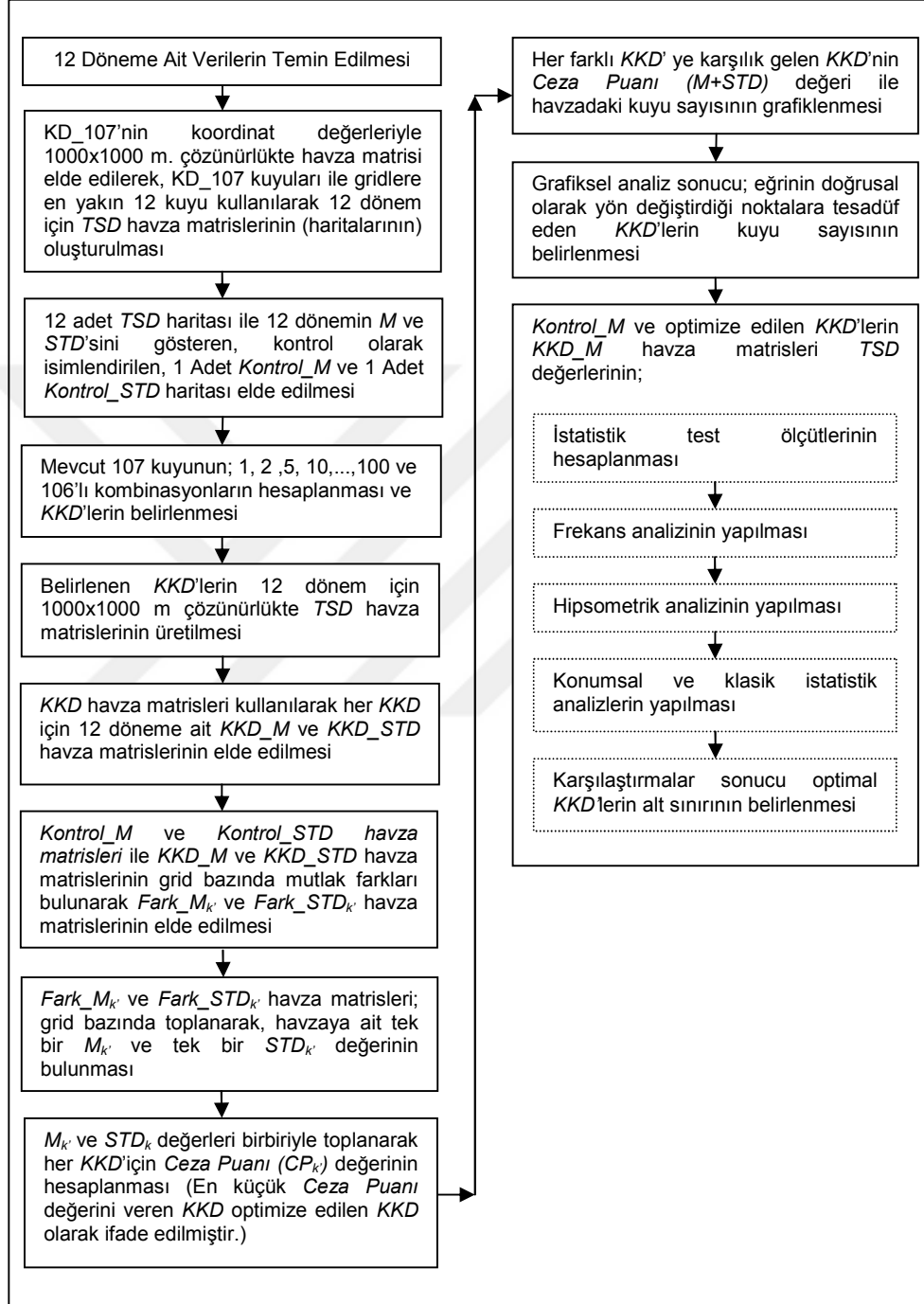
havza matrisleri arasındaki *KKD*'nin bilgi kaybı (Theodossiou ve Latinopoulos, 2006; Khan ve ark, 2008) olarak tanımlanmıştır.],

11. *KKD*'lerin simülasyonları (Iguizquiza, 1998; Nunes ve ark, 2004) sonucunda en küçük Ceza Puanı (CP_k) değerini veren *KKD*'e; 12 döneme ait gözlemlenen veriler ile hesaplanan *Kontrol_M* ve *Kontrol_STD* havza matrisine benzeyen (optimize edilen) *KKD* olarak belirlenmesi (Grid tabanlı optimizasyon yöntemi (*GTOY*) amaç fonksiyonuna göre *Kontrol_M* ve *Kontrol_STD* havza matrislerine en yakın sonuçları veren optimize edilen *KKD*'ler; *KKD_106*, *KKD_67* vb. şekilde tanımlanarak kuyu eleman sayıları gösterilmiştir.),

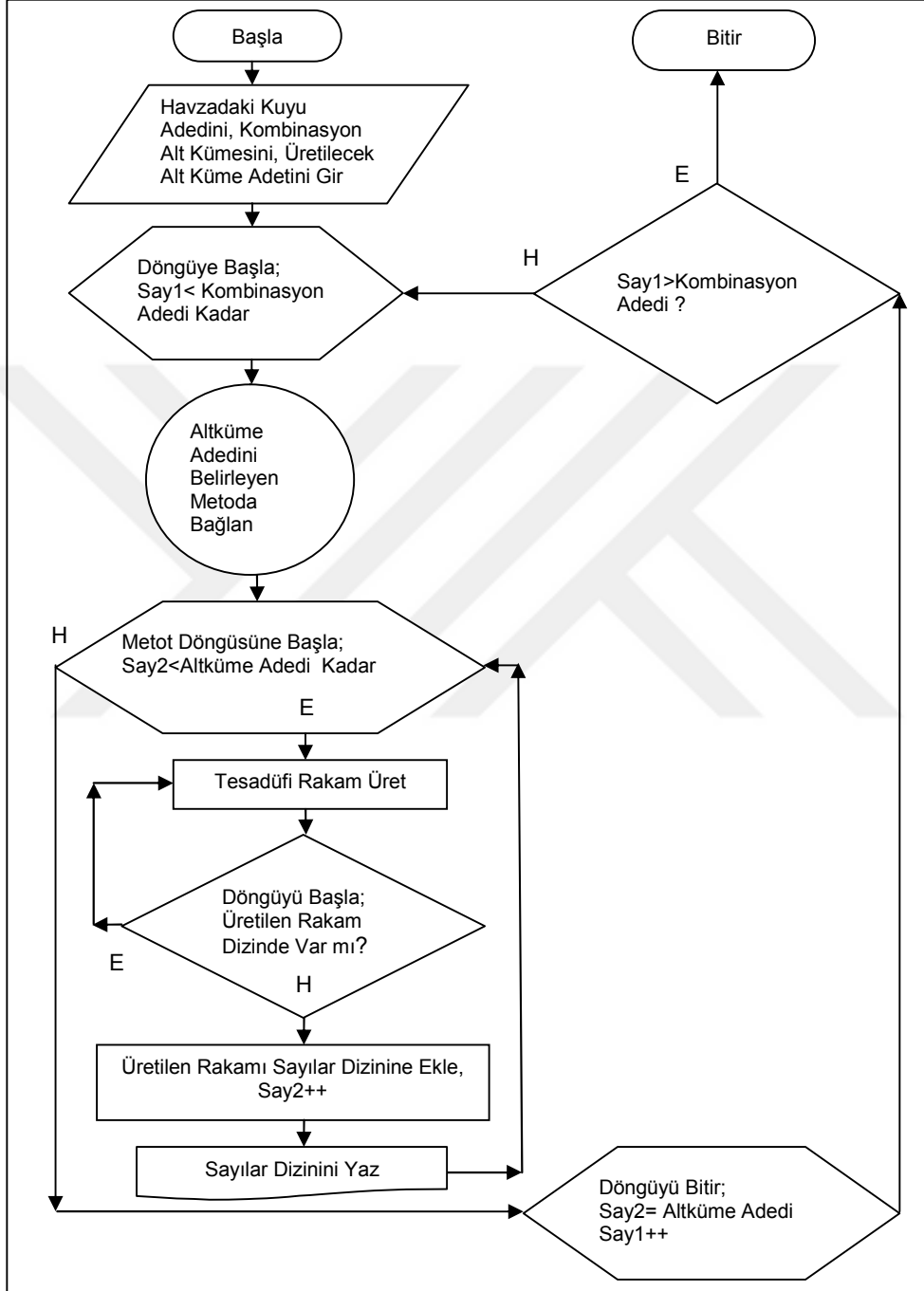
12. Oniki dönemlik *TSD* değerlerinin ortalamalarını temsil eden *Kontrol_M* ve optimize edilen *KKD*'lerin *KKD_M* havza matrislerinin; istatistik test ölçütleri hesaplanmış, frekans analizi, hipsometrik, konumsal ve klasik istatistik analizler yapılmış ve bütün sonuçlar yorumlanarak optimal *KKD* belirlenmiştir.

Grid tabanlı optimizasyon yönteminin kavramsal akış şeması Şekil 3.3'te verilmiştir. Her farklı *KKD* için elde edilen *Ceza Puanının* (CP_k) minimize edilmesine dayalı amaç fonksiyonunun çözümlenebilmesi için geliştirilen algoritma; *C Sharp* programlama ve *SQL* veri tabanı sorgulama dilleri ile kodlanmıştır. Elde edilen yazılım ile farklı *KKD*'ler için amaç fonksiyonu simüle edilerek çözümlenmiştir.

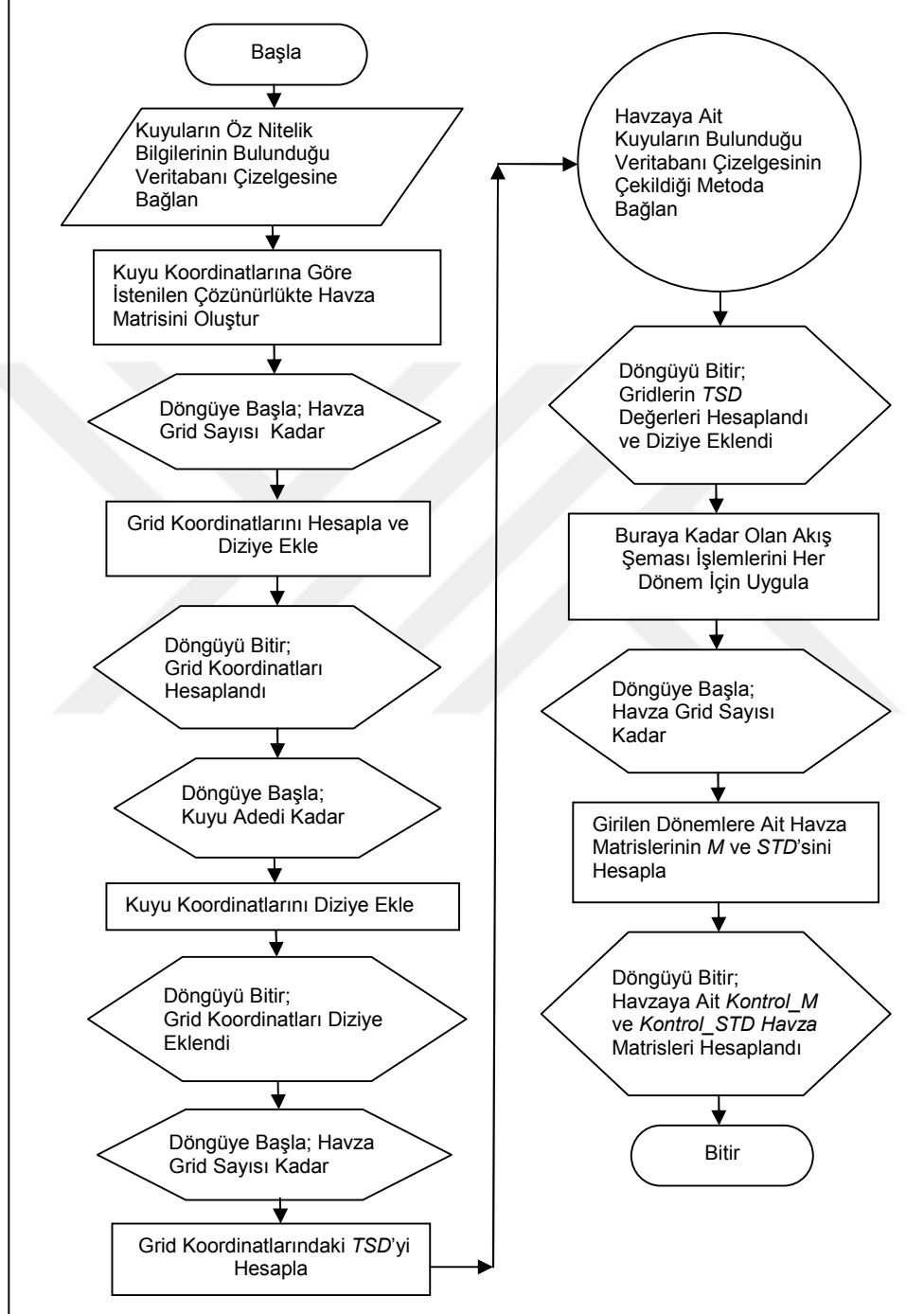
Kombinasyon alt kümelerinin mevcut 107 kuyunun oluşturduğu kümeden çıkarılması sonucu, gözlem ağı dağılım kümesini temsil eden *KKD*'ler elde edilmiştir. *KKD*'lerin elde edilmesi için geliştirilen kombinasyon alt kümelerinin hesaplandığı yazılımın akış şeması Şekil 3.4'te, referans olarak kullanılan *Kontrol_M* ve *Kontrol_STD* havza matrislerini hesaplayan akış şeması Şekil 3.5'te ve optimize edilen *KKD*'yi hesaplayan akış şeması ise Şekil 3.6'da verilmiştir. Yöntemin ayrıntıları izleyen bölümlerde açıklanmıştır.

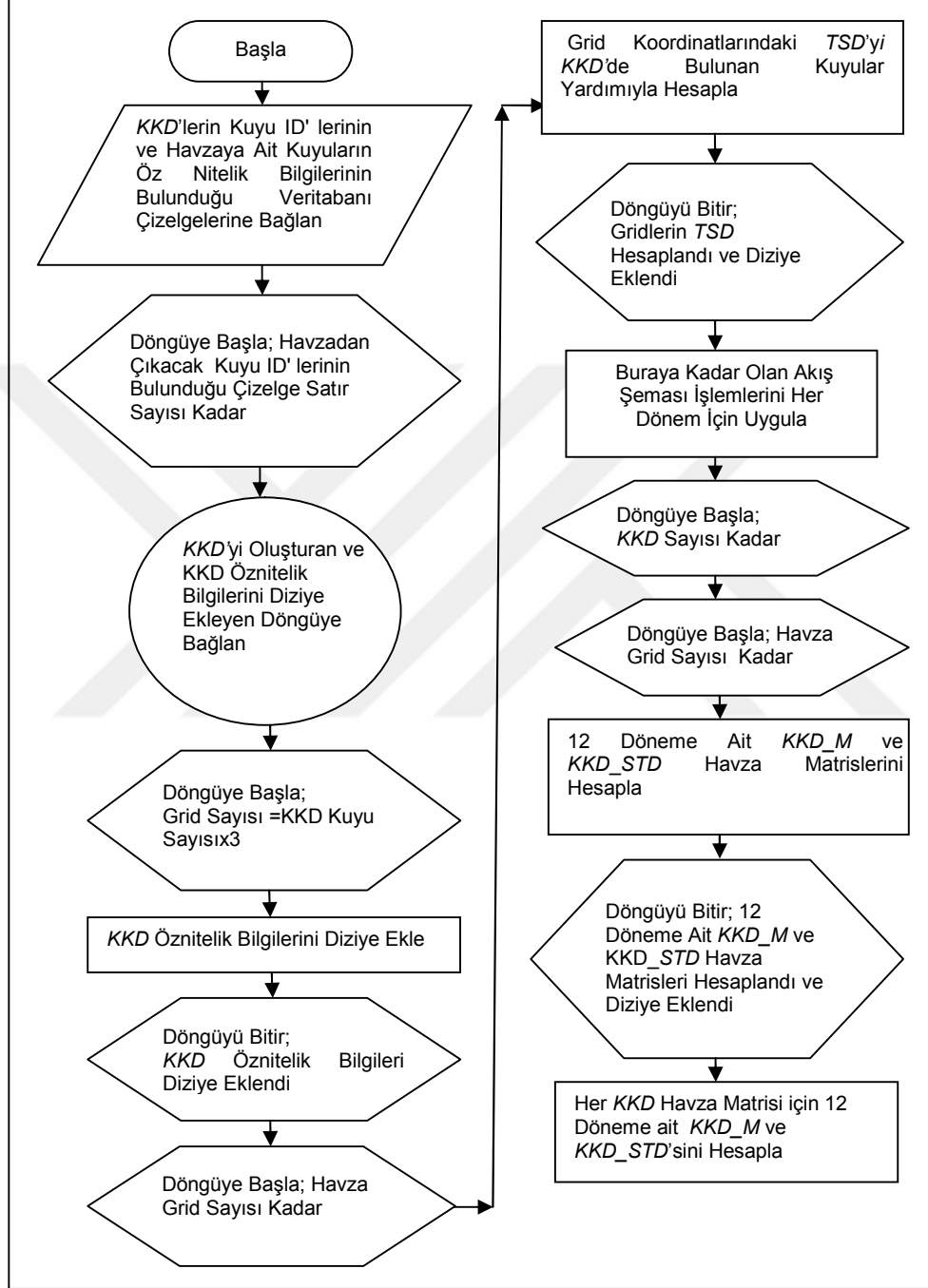


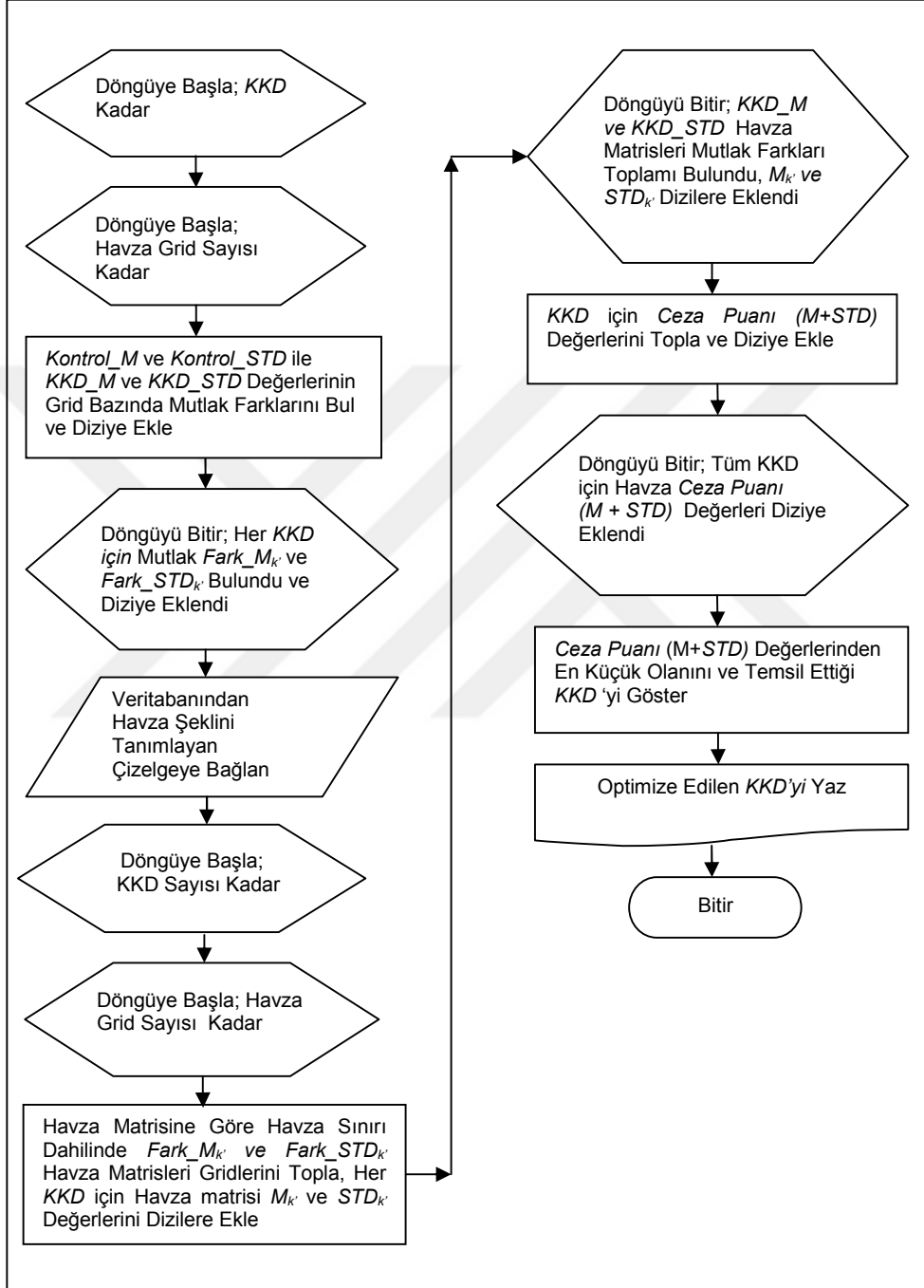
Şekil 3.3. Grid tabanlı optimizasyon yönteminin kavramsal genel akış şeması



Şekil 3.4. Kombinasyon altkümelerini hesaplayan akış şeması

Şekil 3.5. *Kontrol_M* ve *Kontrol_STD* havza matrislerini hesaplayan akış şeması

Şekil 3.6. Optimize edilen *KKD*'yi hesaplayan akış şeması



Şekil 3.6. (Devam)

3.2.1. Gözlem Noktaları Kombinasyonlarının Oluşturulması

N ve R birer doğal sayı ve $R \leq N$ olmak üzere, N elemanlı bir kümenin R elemanlı alt kümelerinin her birine o kümenin R 'li kombinasyonu denir. N elemanlı bir kümenin R elemanlı alt kümelerinin sayısı Eşitlik 3.1 ile deyimlenir (Jothi, 2015).

$$C(N, R) = \frac{N!}{(N-R)!R!} \quad (3.1)$$

Bu araştırmada; kombinasyon alt kümelerinin mevcut 107 kuyunun oluşturduğu kümeden çıkarılması sonucu elde edilen gözlem ağı dağılım kümesi; *KKD* olarak adlandırılmıştır. Simülasyonlar sonucunda her alt küme için optimize edilen *KKD*'ler saptanmıştır. Optimize edilen *KKD*'lerin kuyu eleman sayısını belirtmek için; *KKD_106*, *KKD_105*, *KKD_102*, *KKD_97*,...,*KKD_7* ve *KKD_1* şeklinde tanımlanmıştır. Burada *KKD_106*, mevcut gözlem ağındaki 107 kuyudan rastgele bir (1) kuyunun sistemden çıkarılması sonucu kalan 106 adet kuyudan oluşan kümeyi göstermektedir. Örneğin *KKD_67*, rastgele olarak seçilmiş 40 adet kuyunun, mevcut 107 kuyu setinden çıkarılması sonucu kalan 67 elemanlı kuyu kümesini temsil etmektedir.

3.2.2. Ters Uzaklık Enterpolasyon Tekniği (TUY)

Bir alan üzerinde noktasal dağılım gösteren gözlemlerden gözlemi yapılmamış bir noktanın tahmin edilmesinde (kestiriminde) yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntem; “*Birbirine yakın olan nesnelere göre birbirinden uzak olan nesnelere göre birbiriyle daha fazla ilişkilidir*” varsayımını (Çetin ve Diker, 2003) esas alır. Tahmin edilecek noktaya yakın olan noktalara daha fazla ağırlık atanmak sureti ile yakın noktaların kestirimdeki etkisi ya da ağırlığı artırıldığından yöntemin adı *Ters Uzaklık Yöntemi (TUY)*'dur. *Shepard* yöntemi olarak da bilinir (Tunçay, 2010; Esri, 2013).

Gözlemi olmayan bir noktanın değeri, gözlenen n adet noktadaki değerler ve bu noktaların kestirim yapılacak noktaya olan uzaklıkları hesaplanarak elde edilen w_i ağırlıkları kullanılarak (Çetin ve Diker, 2003; Chen ve Liu, 2012; LDWG, 2012) Eşitlik 3.2 'de verilen denklem takımıyla kestirilebilir.

$$d_{i0} = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2}$$

$$w_i = \frac{d_{i0}^{-p}}{\sum_{i=1}^n d_{i0}^{-p}}, \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1, \quad a = \sum_{i=1}^n w_i g_i$$
(3.2)

Burada;

- n : Tahminde kullanılan gözlem sayısını ($n=12$),
- d_{i0} : Gözlenen nokta ile tahmin edilen nokta (x_0, y_0) arasındaki Öklid uzaklığını (m),
- (x_0, y_0) : Tahmin edilen noktanın koordinatını (UTM, m),
- (x_i, y_i) : Gözlenen noktanın koordinatını (m),
- w_i : Gözlenen noktanın ağırlık değerini,
- p : Mesafenin artmasıyla gözlem noktası ağırlığını azaltan bir tam sayıdır. Taban suyu çalışmalarında genellikle 2 alınmaktadır (Çetin ve Diker, 2003),
- a : Tahmin edilen noktadaki kestirilen TSD değeri,
- g_i : Gözlenen değerleri (metre olarak TSD 'yi) göstermektedir.

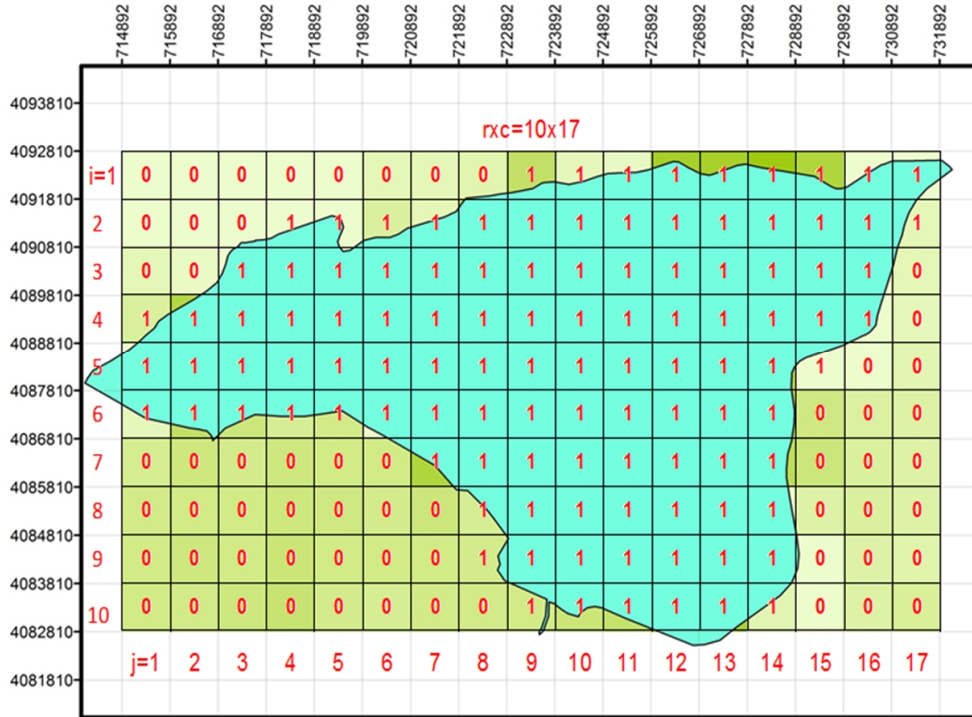
3.2.3. Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemi (GTOY) İle Taban Suyu Derinliği Kombinasyon Kuyu Dağılımlarının (KKD) Optimizasyonu

Grid tabanlı optimizasyon yönteminin uygulanabilmesi için çalışma alanının gridler yardımıyla havza matrisi formuna dönüştürülmesi gereklidir (Şekil

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Ali Demir KESKİNER

3.7). Bu araştırmada çalışma alanının 1000x1000 metre çözünürlükte havza matrisine dönüştürülmesi sonucu çalışma alanı 170 adet gridle temsil edilebilmiştir. Gridlerin oluşturulmasında havzadaki mevcut gözlem setinin (*KD_107*) Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerde en uç noktada bulunan kuyularının koordinat değerleri kullanılmıştır. Oluşturulan havza matrisinin doğruluğu, ArcGIS 9.3 ortamında aynı veriler kullanılarak kontrol edilmiştir. ArcGIS ortamında elde edilen ve geliştirilen yazılım ile hesaplanan havza matrisleri birbiri ile karşılaştırılarak olası hatalar önlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 3.7. Çalışma alanının gridlenmesi ve bu gridlerin matris formunda gösterimi

Grid tabanlı optimizasyon modeli geliştirilirken ve araştırma alanına uygulanırken hesaplamaları yapabilmek için havza matrisi "1" ve "0" ile tanımlanmıştır. Havza sınırı içerisindeki gridlere "1" değeri, havza sınırı dışında kalan gridlere ise "0" değeri atanmıştır. Ancak, havza sınırı ile ara kesiti olan ve

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Ali Demir KESKİNER

her grid alanının %10 ve daha fazlası havza içinde kalan gridlere de “1” değeri atanmıştır. Atamalar sonucunda; çalışma alanı 110 adet gridle temsil edilmiş ve 9495 ha olan çalışma alanının 9386 ha düştüğü görülmüştür. Optimizasyon aşamasındaki bütün hesaplamalar 9386 ha alan üzerinden yapılmıştır. Şekil 3.7’de görüldüğü gibi en büyük alan kaybı; Doğu-Batı ve Güney yönlerdeki kuyuların ağ tasarımı esnasında en uç noktalara konumlanmamasından kaynaklanmıştır. Havza matrisi şöyle oluşturulur:

$s \in \{1,2,3,\dots,w'\}$, $x=\{x_s \mid s=1,2,3,\dots,w'\}$, $y=\{y_s \mid s=1,2,3,\dots,w'\}$, $(x_{\min}, x_{\max}) \in x$ ve $(y_{\min}, y_{\max}) \in y$ olmak üzere çalışma alanının x ve y yönündeki model uzunlukları d_x ve d_y ile havzayı tasvir eden A_{rxc} matrisinin boyutları Eşitlik 3.3 ile hesaplanabilir.

$$d_x = (x_{\max} - x_{\min}) \text{ ve } d_y = (y_{\max} - y_{\min}) \quad c = \frac{d_x}{p'}, r = \frac{d_y}{p'} \quad (3.3)$$

Burada s , w' , c , r ve p' pozitif tamsayı, (x_s, y_s) , d_x ve d_y ise reel sayı olmak üzere;

s : Havzadaki herhangi bir kuyuyu ($s=1,2,3,\dots,w'$),

w' : Havzadaki toplam kuyu sayısını ($w'=107$),

c : Havza matrisi sütun numarasını ($c=1,2,3,\dots,17$),

r : Havza matrisi satır numarasını ($r=1,2,3,\dots,10$),

p' : Çözünürlüğü ($p'=1000$ m),

(x_s, y_s) : Havzada bulunan s numaralı kuyunun koordinat değerlerini (m),

d_x : Havzada bulunan en küçük (x_{\min}) ve en büyük boylam (x_{\max}) arasındaki Öklid uzaklığını (m),

d_y : Havzada bulunan en küçük (y_{\min}) ve en büyük (y_{\max}) enlem arasındaki Öklid uzaklığını (m) temsil etmektedir.

Havza matrisinde herhangi bir grid merkezinin koordinatları (X_{ij}, Y_{ij}) şöyle deyimlenir:

$$\begin{aligned}
 X_{ij} &= X_{\min} + (2j - 1) * p' / 2 \\
 Y_{ij} &= Y_{\min} + [2(r - i) + 1] * p' / 2
 \end{aligned}
 \quad ; \quad i = 1, 2, 3, \dots, r, \quad j = 1, 2, 3, \dots, c \quad (3.4)$$

Şekil 3.7 'de verilen grid sistemine ait havza matrisi A ise,

$$A = [a_{ij}]_{r \times c} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1c} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2c} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{r1} & a_{r2} & \dots & a_{rc} \end{bmatrix} ; \quad i \in \{1, 2, 3, \dots, r\}, \quad j \in \{1, 2, 3, \dots, c\} \quad (3.5)$$

şeklinde yazılabilir. Burada a reel sayı olmak üzere; a_{ij} elemanları, temsil ettiği grid için *Ters Uzaklık Yöntemi (TUY)* ile tahmin edilen (Eşitlik 3.2) *TSD (m)* değerini ifade etmektedir.

Grid tabanlı optimizasyon modelinin matematiksel formülasyonu aşağıdaki denklem takımıyla tanımlanabilir. Şekil 3.7'de verilen grid sistemi ve bu sisteme ait havza matrisi A (Eşitlik 3.5), zamandan bağımsızdır. Materyal bölümünde açıklandığı üzere, havza üzerinde dağılan drenaj gözlem kuyularından dönemsel *TSD* gözlemleri ($n=1,2,3,\dots,t$; $t=12$) yapılmıştır. Matris tanımlamasına uygun olacak şekilde *TUY* ile hesaplanan *TSD* değerleri havza matrisi A , gözlemlerin yapıldığı zamanda içine alacak şekilde şöyle gösterilebilir:

$$A_n = [a_{ijn}] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1c} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2c} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{r1} & a_{r2} & \dots & a_{rc} \end{bmatrix}$$

Grid tabanlı optimizasyon işleminde, *TSD* değerlerindeki dönemsel etkinin ortadan kaldırılabilmesi ve optimizasyon etkinliğinde referans olarak kullanılacak kontrol matrislerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu çalışmada dönemsel etkilerden arındırılmış ortalama ve standart sapma matrisleri optimizasyonun etkinliğine karar verirken referans olarak kullanılmıştır. **Referans matrislerinin oluşturulmasında şu sıra izlenmiştir:**

1. Çalışma alanındaki mevcut gözlem kuyularında ($w'=107$ adet) gözlenen *TSD* kullanılarak her dönem için ($n=1,2,3,\dots,12=t$) Şekil 3.7'deki grid sisteminde *TUY* ile (Eşitlik 3.2) tahmin edilir ve A_n matrisleri oluşturulur.

2. Elde edilen A_n matrisleri kullanılarak her pikselin ortalama *TSD* değeri hesaplanır. Hesaplanan değerler Eşitlik 3.6'da olduğu gibi bir matrise atanarak kontrol (referans) matris olan *ortalama havza matrisi* (*Kontrol_M*) elde edilir.

$$Kontrol_M = [m_{ij}] = \frac{\hat{e}_l}{\hat{e}_t} \hat{a}_{ijn} \quad (3.6)$$

3. Ortalamalardan oluşan *Kontrol_M* matrisi tektir ve bu matris yardımı ile her bir gridin standart sapması hesaplanır ve bulunan değer o gride atanarak kontrol olarak ifade edilen *standart sapma havza matrisi* (*Kontrol_STD*) Eşitlik 3.7 'deki gibi oluşturulur.

$$Kontrol_STD = [std_{ij}] = \sqrt{\frac{1}{t-1} \sum_{n=1}^t (m_{ij} - a_{ijn})^2} \quad (3.7)$$

Havzada yer alan mevcut 107 adet gözlem kuyusuna göre daha az kuyuda gözlem yapılarak minimum bilgi kaybını veren kuyu kombinasyonunun belirlenebilmesi için simülasyonların yapılması gerekmektedir. Bu nedenle de,

kombinasyon kuyu dağılımlarının (KKD) elde edilmesi zorunlu olup KKD 'lerin optimizasyonu şu aşamalarda yapılır:

1. $C(w',R)$ kombinasyonları; $R=1, 2, 5, 10, 15, 20, \dots, 95, 100, 106$ olacak şekilde seçilerek her bir R değeri için alt kümeler oluşturulur. $R \geq 2$ için kombinasyon alt kümelerinden rastgele 1000 adedi seçilir. Seçilen bu 1000 adet kümedeki kuyular $w'=107$ adet kuyu setinden çıkarılır. Böylece 1000 adet farklı kuyu seti elde edilmiş olur. Elde edilen 1000 adet kuyu seti, kombinasyon kuyu dağılımı ($KKD_{k'}$, $k'=1,2,3, \dots, 1000=k$) olarak tanımlanır.

2. Her bir $KKD_{k'}$ kuyu setinin gözlemleri kullanılarak Şekil 3.7'deki gridlerin TSD değerleri TUY ile her mevsim için elde edilir. Böylece, $k \times n$ (12000 adet) KKD havza matrisi ($KKD_{nk'} = [kkd_{ijnk'}]$, $n=1,2,3, \dots, 12$; $k'=1,2,3, \dots, 1000$) oluşturulur.

3. Her bir $KKD_{k'}$ için mevsim etkisi giderilerek ortalama (Eşitlik 3.8) ve standart sapma (Eşitlik 3.9) matrisi şöyle hesaplanır:

$$KKD_M_{k'} = \frac{\sum_{n=1}^t kkd_{ijnk'}}{t} = [m_{ijk'}] \quad (3.8)$$

$$KKD_STD_{k'} = \sqrt{\frac{1}{t-1} \sum_{n=1}^t (kkd_{ijnk'} - m_{ijk'})^2} = [std_{ijk'}] \quad (3.9)$$

4. $Kontrol_M$ ve $KKD_M_{k'}$ matrisleri arasındaki mutlak fark alınarak, her bir pikseldeki hata $k'=1,2,3, \dots, 1000$ için elde edilir. Böylece ortalamalar arasındaki mutlak farkı veren *ortalama hata matrisi* $Fark_M_{k'}$ (Eşitlik 3.10) bulunur.

$$\begin{aligned}
 Fark_M_{k'} &= [fm_{ijk'}] = Kontrol_M - KKD_M_{k'} \\
 &= [|m_{ij} - m_{ijk'}|]
 \end{aligned}
 \tag{3.10}$$

5. Aynı işlemler, $KKD_STD_{k'}$ şeklinde simgelenen standart sapma matrisine de uygulanarak, kontrol standart sapma değerleri ile simülasyon standart sapma değerleri arasındaki mutlak farkı gösteren *standart sapma hata matrisi* $Fark_STD_{k'}$ (Eşitlik 3.11) elde edilir.

$$\begin{aligned}
 Fark_STD_{k'} &= [fst_{ijk'}] = [Kontrol_STD] - [KKD_STD_{k'}] \\
 &= [|std_{ij} - std_{ijk'}|]
 \end{aligned}
 \tag{3.11}$$

6. Simülasyonların her birinin toplam hatasının havza bazında ortaya konulabilmesi için, ortalama hata matrisi piksel bazında toplanarak tek bir skalere dönüştürülür ve *toplam ortalama hata* ($M_{k'}$) elde edilir (Eşitlik 3.12). Aynı işlem, standart sapma hata matrisi için de yapılarak, havzaya özgü tek bir *toplam standart sapma hata* ($STD_{k'}$) değeri bulunur (Eşitlik 3.13).

$$M_{k'} = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^r fm_{ijk'}
 \tag{3.12}$$

$$STD_{k'} = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^r fst_{ijk'}
 \tag{3.13}$$

7. Amaç fonksiyonu; her bir simülasyon için (k), toplam ortalama ve toplam standart sapma değerleri birbiri ile toplanarak *simülasyonun ceza puanı* (CP_k) ya da *toplam hatası* hesaplanarak çözümlenir (Eşitlik 3.14).

$$CP_{k'} = M_{k'} + STD_{k'} , \quad k'=1,2,3,\dots,1000 \quad (3.14)$$

$Min\{CP_{k'} \mid k'=1,2,3,\dots, k=1000\}$ koşulunu sağlayan k' simülasyonundaki kuyu seti, seçilen R değeri için optimize edilen ve havzada en az bilgi kaybını veren ya da havzayı en iyi temsil eden KKD' dir. Yukarıda değinilen $CP_{k'}$ ceza puanları $R=1, 2, 5, 10, 15, 20,\dots,95, 100, 106$ için ayrı ayrı hesaplanır ve her bir R değeri için KKD sayıları belirlenir. Optimal kuyu dağılımına karar verebilmek için, bir takım istatistiksel karar verme ölçütlerinin kullanılması gerekir. Bu ölçütlerin elde edilebilmesi için, izleyen kısımdaki ilave analizler yapılır. Burada k, n ve t pozitif tam sayı olmak üzere;

k : Toplam KKD set sayısını ($k=1000$),

n : Herhangi bir dönemi ($n=1,2,3,\dots,t$),

t : Toplam dönem sayısını ($t=12$) temsil etmektedir.

3.2.4. Kuyu Sayısındaki Azalmaya Bağlı Bilgi Kaybının Belirlenmesi İçin Kullanılan Ölçütler

$Kontrol_M$ havza matrisinin her bir gridini temsil eden TSD değerleri esas alınarak, optimize edilen KKD' lerin KKD_M havza matrisleri TSD değerleri tahmin hatalarının belirlenmesinde Mimikou ve Gordios (1989) $PE\%$ (*Oransal Yüzde Tahmin Hatası, Eşitlik 3.15*), Tasker ve ark. (1996) $RMSE$ (*Hata Kareler Ortalaması Karekökü, Eşitlik 3.16*) ölçütlerinin kullanılmasının uygun olduğunu işaret etmiştir. Ölçütler kullanılarak hesaplanan sonuçların 0'a yakın olanları tahmin hatalarının az olduğunu (Topaloğlu, 1999) ifade etmektedir. Bu ölçütler kullanılarak; optimize edilen KKD' lerin 12 dönem ortalamasını temsil eden KKD_M havza matrisindeki TSD değerleriyle, $Kontrol_M_107$ havza matrisinin 12

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Ali Demir KESKİNER

dönem ortalama *TSD* değerleri kıyaslanmıştır. Havza matrislerinde; gözlem ağındaki kuyuların azalması sonucu yapılan tahminlerin 107 kuyu kullanılarak yapılan tahminlere göre hataları hesaplanmıştır.

$$PE \% = b^{-1} \sum_{i=1}^b \left| \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right| 100 \quad (3.15)$$

$$RMSE = \left(\sum_{i=1}^b \frac{(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{b} \right)^{0.5} \quad (3.16)$$

Burada;

\hat{Y}_i : *KD_107* havza matrislerinin 12 dönem ortalamalarını ifade eden *Kontrol_M_107* havza matrisinin havza sınırı içerisindeki her bir gridi için tahmin edilen *TSD* değeri,

Y_i : İşleme alınan *KKD* havza matrisinin 12 dönem ortalamalarını ifade eden *KKD_M* havza matrisinin havza sınırı içerisindeki her bir gridi için tahmin edilen *TSD* değeri,

b : Havza sınırı içerisindeki toplam grid (veri) sayısını göstermektedir.

3.2.5. Frekans Analizi

Belirli tek bir olayın frekansı, söz konusu olayın uzun bir deney serisinde meydana gelme sayısının toplam deney sayısına oranı olarak tanımlanır. Frekans analizinde genel yöntem, olayın oluş şekline uyan özel frekans dağılımının seçilmesi ve deneysel gözlemlerden denklemin parametrelerinin hesaplanması şeklinde olmaktadır (Tülücü, 1988; Çetin ve ark, 2001).

Bu çalışmada frekans analizleri; en az beş yıllık gözlemlerin olasılık dağılımlarını hesaplayan *BestFit* yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. *BestFit* yazılımında verilerin hangi olasılık dağılımı ile temsil edileceği 28 adet olasılık

dağılım fonksiyonu arasından belirlenerek yapılmaktadır (BestFit-@Risk, 2016).

Dağılımların uygunluk testleri, $\alpha=0.05$ önem düzeyinde *Anderson-Darling* Uygunluk Testi ile değerlendirilmiştir. Belirlenen dağılımlara ilişkin “*frekans faktör eşitliği*” (Chow ve ark, 1988; Çetin ve ark, 2001) Eşitlik 3.17, 3.18 ve 3.19 yardımıyla farklı olasılıklarda *TSD* değerleri hesaplanmıştır. *Kontrol_M* ve optimize edilen *KKD_M*'lerin olasılık dağılımları karşılaştırılarak iki seri arasında olasılık dağılımının değişip değişmediği incelenerek optimize edilen *KKD*'lerin alt sınırının belirlenmesi amaçlanmıştır.

$$S = \bar{X} C_v \quad (3.17)$$

$$\frac{X}{\bar{X}} = 1 + K C_v \quad (3.18)$$

Eşitlik 3.17 değişik şekilde şöyle yazılabilir;

$$X_{p\%} = \bar{X} + K_{p\%} S \quad (3.19)$$

Burada;

$X_{p\%}$: İncelenen değişkenin belirli olasılık düzeyinde beklenen değeri,

\bar{X} : X Değerlerinin ortalaması,

$K_{p\%}$: Frekans faktörü olup, belirlenen olasılık düzeyinde ($P\%$) verilen frekans dağılımının bir özelliğidir (Çetin ve ark, 2001),

C_v : X 'e bağlı değişim katsayısı,

S : Standart sapmadır.

3.2.5.1. Anderson-Darling Uygunluk Testi

Uyum iyiliği testlerinde; örnek kümesinin tam olarak belirlenmiş bir olasılık dağılımı gösteren ana küleden gelip gelmediği araştırılır. Parametrik olmayan bir test olan *Anderson-Darling Uygunluk Testi*; *Kolmogorov-Smirnov* testinin *Anderson-Darling* tarafından değiştirilmesi sonucu elde edilmiştir. Birikimli deneysel olasılık dağılımı ile örnek verilerin birikimli olasılık dağılımlarının kuyruklarının birbirinden farkı belirlenerek uygunluk testi gerçekleştirilir. Her dağılım için kritik değerin hesaplanması gereklidir. Test sonucunun küçük değer vermesi verilerin dağılıma o derecede uygun olduğu anlamını taşır (Önder, 2005; Önsel, 2006; Soysal, 2012; Yıldırım, 2013). Araştırmada; frekans dağılımlarının hangi teorik dağılımla temsil edilebileceği *BestFit* ortamında, $\alpha=0.05$ önem düzeyinde Eşitlik 3.20 denklem takımıyla ifade edilen *Anderson-Darling Uygunluk Testi* ile belirlenebilir.

$$A_b^2 = b \int_0^1 [F(x) - F_b(x)]^2 Y(x) f(x) dx \quad (3.20)$$

$$Y^2 = \frac{1}{F(x)[1 - F(x)]} \text{ ve } Y \in [0, 1]$$

$$F_b(x) = \frac{N_x}{b} \text{ ve } 0 \leq F_b(x) \leq 1$$

Burada;

A_b^2 : Anderson-Darling istatistiğini,

$F_b(x)$: b birimlik $X_1, X_2, X_3, \dots, X_b$ birbirinden bağımsız ve aynı dağılıma sahip sıralı tesadüfi örneğin geldiği yığılımlı olasılık dağılım fonksiyonunu,

$F(x)$: Hipotez deneysel yığılımlı olasılık dağılım fonksiyonunu,

$f(x)$: Hipotez olasılık dağılım fonksiyonunu,

b : Havza sınırı içerisindeki toplam grid (veri) sayısını,

N_x : Ordinat eksenindeki frekans değerini,

Ψ : limiti, sıfır ve bire yaklaşan pozitif sayılarla ifade edilen ağırlık fonksiyonu çıktısıdır (Anderson ve Darling, 1952; Anderson ve Darling, 1954; BestFit-@Rısk, 2016).

3.2.6. Taban Suyu Derinliği (TSD) Hipsometrik Eğrilerinin Grafikselle Analizi

Hipsometrik eğriler yükseklik/alan dağılımını tanımlamaktadır (Chow ve ark, 1988). Bununla birlikte bu eğriler, taban suyu tuzluluğu ve derinliğine de uyarlanabilmektedir (Çetin ve Kırdı, 2003). Her farklı kombinasyon alt kümesi için optimize edilen *KKD*'lerin taban suyu derinliği *KKD_M* hipsometrik eğrileri çizilmiştir. Bu eğriler; 107 kuyudan oluşan ve kontrol olarak kabul edilen 12 dönem için 1000x1000 m çözünürlükte hesaplanan taban suyu derinliği *Kontrol_M* hipsometrik eğrisi ile grafikselle olarak karşılaştırılmıştır. Görsel yapılan karşılaştırmalarla optimize edilen *KKD*'lerin alt sınırının belirlenmesi amaçlanmıştır.

3.2.6.1 Kış ve Yaz Dönemi Taban Suyu Derinlik (TSD) Hipsometrik Eğrilerinin Grafikselle Analizi

Optimal alt sınırın tespit edilebilmesi için 12 dönem ortalaması alınarak oluşturulan *Kontrol_M* havza matrisi yapılan tüm analizlerde referans olarak kullanılmıştır. Mevsimsel etkinin ortalamasını temsil eden *Kontrol_M* havza matrisinin gözlenen herhangi bir dönemi temsil yeteneği tespit edilebilir. Bu nedenle, *Kontrol_M* havza matrisinin yapılan optimizasyonun etkinliğini değerlendirme açısından; *Kış_2013_107* ve *Yaz_2013_107* dönemlerinde yapılan gözlemlere uygulanarak temsil yeteneği incelenmiştir. Bu nedenle; 2011, 2012 ve 2013 yılları arasından seçilen 2013 yılı yaz ve kış mevsimlerinde gözlemlenen taban suyu (*TS*) derinlik gözlemleri analiz edilmiştir. Yaz ve kış mevsimlerinde 107 adet taban suyu gözlem kuyusundan elde edilen veriler *Kış_2013_107* ve *Yaz_2013_107* olarak sınıflandırılmıştır. Optimize edilen *KKD* kümelerinin sahip olduğu kuyular kullanılarak yaz ve kış mevsimleri için kuyu dağılım (*KD*)

kümeleri oluşturulmuştur. Bu kümeler oluşturulurken hipsometrik eğrilerdeki kuyu sayısındaki azalmaya bağlı farklılığın vurgulanması amacıyla, kümelerin kuyu sayıları arasında en az 20 fark olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu kuyu dağılım kümeleri; *Kış_2013_107*, *Kış_KD_87*, *Kış_KD_67*, *Kış_KD_37* ve *Kış_KD_7* olup, aynı dizi de yaz dönemi içinde elde edilmiştir. Belirlenen kuyu dağılım kümelerinin *TSD* verileri *TUY* yöntemi ile haritalanarak 1000x1000 metre çözünürlükte havza matrisleri hesaplanmıştır. *Kış_2013_107* ve *Yaz_2013_107* dönemleri verileri kullanılarak elde edilen havza matrisleri ile *Kontrol_M* havza matrisi hipsometrik eğrileri grafiksel analize tabi tutulabilir. Böylece, *Kontrol_M* havza matrisi ile yaz ve kış mevsimleri için oluşturulan kuyu dağılım kümelerinin dönemleri ne derece temsil edebileceği belirlenerek optimizasyonun etkinliği değerlendirilebilir.

3.2.7. Konumsal İstatistikler (*Kİ*)

Kontrol_M ve optimize edilen *KKD_M* havza matrislerinin ArcGIS yazılımının konumsal istatistik menüsünde bulunan; *Konumsal Medyan Merkezi (MdC)*, *Ağırlıklı Ortalama Merkez (MC_w)*, *Ağırlıklı Elipsoit Standart Sapma (SDE_w)* ve *Ağırlıklı Standart Mesafe (SD_w)* ölçütlerine göre *Kİ*'ler belirlenmiştir. *Kontrol_M* ve optimize edilen *KKD_M* konumsal istatistiklerinin birbirinden farkı *Tek Örneklem T Testi (TÖTT)* ve *Wilcoxon İşaret Sıra Testi (WİST)* ile değerlendirilmiştir (Sprenst ve Smeeton, 2001; Kesici ve Kocabaş, 1998; Kalağan ve Güzeller, 2010). Optimize edilen *KKD*'ler arasında alt sınırı veren, bilgi kaybına neden olmayacak minimum kuyu sayısına sahip optimal *KKD*'nin belirlenmesi amaçlanmıştır.

3.2.7.1. Konumsal Medyan Merkezi (*MdC*)

İki boyutlu bir uzayda tüm noktaların örnek çiftleri arasındaki öklid mesafelerine göre noktalar arasındaki mesafelerin toplamını en aza indirgeyen en merkezi gözlem noktasına *Konumsal Medyan Merkezi (MdC)* adı verilir. Eşitlik

3.21'de verilen denklem takımı ile ifade edilebilir (Esri, 2013; Wong ve Lee, 2005). Araştırmada, hesaplanan MdC istatistiği konumları kuyu dağılımlarına göre her bir gözlem kuyusuna erişilebilecek en kısa mesafeyi veren noktayı temsil etmektedir. Optimize edilen KKD 'lerin kuyu sayısına bağlı olarak havza matrisi üzerinde bu istatistiğin koordinat değerlerinin konumlandığı piksellerin temsil ettiği TSD değerleri saptanmıştır. Bu değerler ile havzadaki mevcut 107 kuyudan oluşan KD_{107} 'nin MdC koordinatının bulunduğu piksel TSD değerine göre değişimler incelenmiştir.

$$\begin{aligned}
 MdC &= (MdC_x, MdC_y), j = (i_x, i_y) \\
 d_{MD,j} &= \sqrt{(MdC_x - i_x)^2 + (MdC_y - i_y)^2} ; i = \{1, 2, 3, \dots, w^1\} \\
 d \min_i &= \underset{i=1}{\overset{w^1}{\mathbf{\hat{a}}}} \sqrt{((MdC_x - i_x)^2 + (MdC_y - i_y)^2) + \dots + ((MdC_x - w'_x)^2 + (MdC_y - w'_y)^2)}
 \end{aligned}
 \tag{3.21}$$

Burada;

w' : Havzadaki toplam kuyu sayısını,

$d_{MD,j}$: MdC ve j noktaları arasındaki öklid mesafesini,

j : Örnek çiftlerini,

i : I inci gözlem kuyusunu,

(x, y) : Koordinatları (m),

MdC_x, MdC_y : Konumsal Medyan Merkezi koordinatını (UTM, m),

$dmin_i$: MdC ile kuyular arasındaki en kısa mesafe toplamını göstermektedir.

3.2.7.2. Ağırlıklı Ortalama Merkez (MC_w)

Gözlem kuyularının koordinatları ve bu kuyuların taban suyu derinlik gözlemleri kullanılarak gözlem ağı dağılımı tek bir nokta ile ifade edilir. *Ağırlıklı*

Ortalama Merkez (MC_w) istatistiği, gözlem kuyularından elde edilen verilerin ve gözlem kuyularının havzadaki ortalama merkezidir. Eşitlik 3.22’de verilen denklem takımı ile ifade edilebilir (Esri, 2013; Wong ve Lee, 2005; Ayhan ve Çubukcu, 2010). *MdC* istatistiğinde olduğu gibi optimize edilen *KKD*’lerin kuyu sayısına bağlı olarak havza matrisi üzerinde *MC_w* istatistiğinin koordinat değerlerinin konumlandığı piksellerin temsil ettiği *TSD* değerleri saptanmıştır. Bu değerler ile havzadaki *KD_107*’nin *MC_w* koordinatının bulunduğu piksel *TSD* değerine göre değişimler incelenmiştir.

$$\bar{X}_w = \frac{\sum_{i=1}^{w'} g_i x_i}{\sum_{i=1}^{w'} g_i}, \quad \bar{Y}_w = \frac{\sum_{i=1}^{w'} g_i y_i}{\sum_{i=1}^{w'} g_i} \quad (3.22)$$

Burada;

w' : Havzadaki toplam kuyu sayısını,

(x_i, y_i) :Gözlem kuyuları koordinatlarını,

g_i : Gözlem kuyusu gözlenen değerini,

$MC_w (\bar{X}_w, \bar{Y}_w)$: Ağırlıklı ortalama merkez koordinatını (UTM, m)

i : i inci gözlem kuyusunu gösterir.

3.2.7.3. Ağırlıklı Elipsoit Standart Sapma (*SDE_w*)

Ağırlıklı Ortalama Merkezden, x ve y koordinatlarının ve *TSD* değerlerinin standart sapması, elipsoit standart sapmanın büyük ve küçük eksen uzunlukları ve elipsin yön açısı aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanabilir. Gözlem kuyuların ağırlıklı ortalama merkez etrafında elipsin hangi eksenini üzerine yayılım gösterdiği belirlenir (Wong ve Lee, 2005; Goodwin, 2014). *Ağırlıklı Elipsoit Standart Sapma (SDE_w)* istatistiği; kuyu dağılımı yoğunluğunun elipsin hangi eksenini üzerine yönelim gösterdiği hakkında önemli bilgiler verir. Araştırmada, *Kontrol_M* havza

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Ali Demir KESKİNER

matrisi kuyu dağılımı elipsine göre optimize edilen *KKD*'lerin kuyu sayısındaki azalmaya bağlı olarak kuyu dağılımlarının elipslerinin hangi eksenler üzerine yönelim gösterdikleri saptanır. Böylece optimize edilen *KKD*'lerin kuyu sayısındaki meydana gelen değişimin havza şeklini tanımlayıp tanımlayamadığı hususunda bilgi elde edinilebilir. *KD_107*'ye göre optimize edilen *KKD*'lerin havza üzerindeki yayılımı kıyaslanarak optimizasyonun etkinliği saptanabilir.

$$SDE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{w'} g_i (x_i - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^{w'} g_i}} \quad \begin{matrix} \ddot{u} \\ \vdots \\ \ddot{y} \\ \vdots \\ \ddot{b} \end{matrix} \quad (3.23)$$

$$SDE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{w'} g_i (y_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^{w'} g_i}} \quad \begin{matrix} \ddot{u} \\ \vdots \\ \ddot{y} \\ \vdots \\ \ddot{b} \end{matrix}$$

Elipsin yön açısı hesabı:

$$\tan q = \frac{A + B}{C} \quad \begin{matrix} \ddot{u} \\ \vdots \\ \ddot{y} \\ \vdots \\ \ddot{b} \end{matrix}$$

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{w'} g_i \bar{x}_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{w'} g_i \bar{x}_i)^2}{\sum_{i=1}^{w'} g_i}}{\sum_{i=1}^{w'} g_i} \quad \begin{matrix} \ddot{u} \\ \vdots \\ \ddot{y} \\ \vdots \\ \ddot{b} \end{matrix}$$

$$B = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{w'} g_i \bar{x}_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{w'} g_i \bar{x}_i)^2}{\sum_{i=1}^{w'} g_i} + 4 \frac{\sum_{i=1}^{w'} g_i \bar{x}_i \bar{y}_i - \frac{(\sum_{i=1}^{w'} g_i \bar{x}_i)(\sum_{i=1}^{w'} g_i \bar{y}_i)}{\sum_{i=1}^{w'} g_i}}{\sum_{i=1}^{w'} g_i}}{\sum_{i=1}^{w'} g_i}} \quad \begin{matrix} \ddot{u} \\ \vdots \\ \ddot{y} \\ \vdots \\ \ddot{b} \end{matrix} \quad (3.24)$$

$$C = 2 \frac{\sum_{i=1}^{w'} g_i \bar{x}_i \bar{y}_i - \frac{(\sum_{i=1}^{w'} g_i \bar{x}_i)(\sum_{i=1}^{w'} g_i \bar{y}_i)}{\sum_{i=1}^{w'} g_i}}{\sum_{i=1}^{w'} g_i} \quad \begin{matrix} \ddot{u} \\ \vdots \\ \ddot{y} \\ \vdots \\ \ddot{b} \end{matrix}$$

$$\begin{aligned}
s_x &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{w'} \frac{a_i^2}{e} y_i \sin \theta - x_i \cos \theta}{\sum_{i=1}^{w'} a_i^2} \frac{\sigma_x^2}{\theta}} \\
s_y &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{w'} \frac{a_i^2}{e} y_i \cos \theta - x_i \sin \theta}{\sum_{i=1}^{w'} a_i^2} \frac{\sigma_y^2}{\theta}}
\end{aligned}
\tag{3.25}$$

Burada:

w' : Havzadaki toplam kuyu sayısını,

(x_i, y_i) : Gözlem kuyuları koordinatlarını (m),

$WMC (\bar{X}_w, \bar{Y}_w)$: Ağırlıklı ortalama merkez koordinatını (m),

(SDE_x, SDE_y) : Ağırlıklı ortalama merkezden, x ve y yönünde elipsit standart sapma mesafelerini,

(\bar{x}_i, \bar{y}_i) : Ağırlıklı ortalama merkez koordinatından olan sapmayı,

(σ_x, σ_y) : x ve y ekseninin standart sapmasını,

i : i inci gözlem kuyusunu,

a_i : Gözlem kuyusu gözlenen değerini,

θ : Eğer tanjant pozitif ise, θ saat yönünde kuzey ile elipsin büyük eksen arasındaki yaptığı açı değerine eşit olup, tanjant negatif ise tam tersidir.

3.2.7.4. Ağırlıklı Standart Mesafe (SD_w)

Standart sapmanın konumsal eşiti standart mesafe olup, ağırlıklı ortalama merkezden sapmanın ölçüsüdür. *Ağırlıklı Standart Mesafe* (SD_w); ağırlıklı ortalama merkez koordinatlarını merkez kabul eden, yarıçapı ağırlıklı standart

sapma mesafesi olan bir daire alanı ile gösterilir. Eşitlik 3.26'da verilen denklem takımı ile ifade edilebilir (Esri, 2013; Wong ve Lee, 2005). Araştırmada kullanılan SD_w istatistiği yardımıyla, SDE_w istatistiğinde olduğu gibi, optimize edilen KKD 'lerin kuyu sayılarındaki değişime göre havza üzerinde nasıl dağılım gösterdiği belirlenebilir. Optimize edilen KKD 'lerin kuyu sayısındaki meydana gelen değişimin havza şeklini tanımlayıp tanımlayamadığı saptanabilir. Böylece KD_{107} 'ye göre optimize edilen KKD 'lerin havza üzerindeki yayılımı kıyaslanarak optimizasyonun etkinliği değerlendirilebilir.

$$SD_w = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{w'} \hat{a}_i g_i (x_i - \bar{X}_w)^2 + \sum_{i=1}^{w'} \hat{a}_i g_i (y_i - \bar{Y}_w)^2}{\sum_{i=1}^{w'} \hat{a}_i g_i}} \quad (3.26)$$

Burada;

SD_w : Ağırlıklı standart mesafesini (m),

w' : Havzadaki toplam kuyu sayısını,

(x_i, y_i) : Gözlem kuyuları koordinatlarını,

g_i : Gözlem kuyusu gözlenen değerini,

$WMC (\bar{X}_w, \bar{Y}_w)$: Ağırlıklı ortalama merkez koordinatını (metre),

i : I inci gözlem kuyusudur.

3.2.8. Geleneksel İstatistik Analizler

Analizlerin tamamında $Kontrol_M$ ve optimize edilen KKD_M havza matrisleri TSD veri setleri kullanılmıştır. Parametrik test varsayımlarının karşılandığı veri gruplarında parametrik istatistik yöntemlerle (Baykul, 1996; Landau ve Everitt 2004) analizler yapılır. Parametrik test varsayımlarının karşılanmadığı veri gruplarında ise, parametrik olmayan istatistik yöntemler (Sprenst ve Smeeton, 2001; Kesici ve Kocabaş, 1998; Kalağan ve Güzeller, 2010) uygulanmaktadır. Bu araştırmada istatistiksel analizler $SPSS$ paket programı ile

gerçekleştirilmiştir. Parametrik yöntemlerle; ikiden fazla grup ortalamasının varyans analizi, grupların ortalamalara göre birbirinden farkının saptanması ve *TSD* veri setlerinin ortalamalarının birbirinden farkı belirlenmiştir. Parametrik olmayan yöntemlerle ise; ikiden fazla grup medyanlarının varyans analizi, grupların medyanlara göre birbirinden farkının saptanması ve *TSD* veri setlerinin medyanlarının birbirinden farkı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu analizler yardımıyla optimize edilen *KKD*'ler arasında alt sınırı veren, bilgi kaybına neden olmayacak minimum kuyu sayısına sahip optimal *KKD*'nin belirlenmesi amaçlanmıştır.

3.2.8.1. Konumsal İstatistik Analizler

Mevcut 107 kuyunun 12 döneme ait verisi kullanılarak hesaplanan ve kontrol olarak kabul edilen *Kontrol_M* havza matrisi değerleri ile optimize edilen *KKD_M* havza matrislerinin konumsal istatistiklerinin tanımlayıcı istatistikleri belirlenmiştir. *Kolmogorov-Smirnov* testi ile bu istatistiklerin normallik testleri yapılmıştır. *Kontrol_M* ve optimize edilen *KKD_M* konumsal istatistiklerinin birbirinden farklı olup olmadığı normal dağılıma uymayan istatistik grupları için *Wilcoxon İşaret Sıra Testi* ile normal dağılıma uyan istatistikler ise *Tek Örneklem T Testi* ile analiz edilmiştir. Böylece, konumsal istatistiklerin geleneksel istatistik analizi yapılarak optimize edilen *KKD*'ler arasında alt sınırı veren, bilgi kaybına neden olmayacak minimum kuyu sayısına sahip optimal *KKD*'nin belirlenmesi amaçlanmıştır.

3.2.8.2. *Kontrol_M* ve *KKD_M* Havza Matrislerinin Geleneksel İstatistik Analizleri

Kontrol_M havza matrisi *TSD* verileri ile optimize edilen *KKD_M* havza matrisi verilerinin tanımlayıcı istatistikleri belirlenmiştir. Analizlerde, parametrik ve parametrik olmayan istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. *Kontrol_M* ve *KKD_M* ortalamalarının farklılığı *Tek Örneklem T Testi* ile medyanların farklılığı

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Ali Demir KESKİNER

ise *Wilcoxon İşaret Sıra Testi* ile analiz edilmiştir (Çimen, 2016). Grupların birbirinden farkının istatistiksel olarak önemli olup olmadığı ise ikiden fazla grup ortalamasının varyans analizi (*ANOVA*) ve *Kruskal Wallis H* testi ile belirlenmiştir. Varyans analizi sonucunda varyansın heterojenliği ortaya konur ise, hangi grupların *Kontrol_M* havza matrisinden farklı olup olmadığı (Kayri, 2009) *Post Hoc* testi ile değerlendirilmesi gerekmektedir. *Kruskal Wallis H* testi (Çelik ve ark, 2014) sonucunda gruplar arasındaki varyansların farklı olduğuna karar verilir ise, hangi *KKD_M*'lerin *Kontrol_M* den farklı olup olmadığı *Mann-Whitney U* testi ile saptanır. Böylece, *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrislerinin geleneksel istatistik analizi yapılarak optimize edilen *KKD*'lerin optimal alt sınırının tespit edilebilmesi amaçlanmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Gözlem Noktaları Kombinasyon Sonuçları

Araştırmanın başlangıcında; Akarsu Sulama Birliği sulama alanında bulunan 107 adet taban suyu gözlem kuyusunun 1, 2, 5, 10, 15, 25, 30,...,100 ve 106'lı kombinasyon alt kümeleri oluşturulmuştur. Bu alt kümelerden [C(107,1)'li kombinasyon hariç] rastgele olacak şekilde 1000'er adedi, yazılım ara yüzü Ek Şekil 1'de gösterilen bilgisayar programı ile seçilmiştir. Analizler, her bir kombinasyon için seçilen bin adet kuyu setinde yapılmıştır. Analizlerin ilerleyen aşamasında, C(107,2), C(107,5), C(107,10), C(107,15), C(107,20), C(107,25) ve C(107,30)'lu kombinasyonların 1000 adet alt kümeye ihtiyaç olmadan her farklı *KKD*'nin optimize edilebileceği bulunmuştur. Optimize edilen C(107,1)'li *KKD*'nin (*Simülasyonun Ceza Puanı* (CP_k) ya da *Toplam Hatası* M_k+STD_k) istatistikleri hesaplanmış ve bu istatistikler küçükten büyüğe doğru artan sırada dizilmiştir. Bu sıralamada, ilk değer en küçük hatayı veren kuyuyu, son değer ise en büyük hatayı veren kuyuyu göstermiştir. Bu sıralamaya uyularak kuyular arasında 1'li, 2'li, '5'li, 10'lu,...,100 ve 106'lı kombinasyon alt kümeleri oluşturularak *KKD*'ler optimize edilmiştir.

4.2. Ters Uzaklık Enterpolasyon Tekniği Sonuçları

Her grid merkezine en yakın 12 kuyu kullanılarak grid merkez koordinatlarının bulunduğu piksel için taban suyu derinliği (*TSD*) ters uzaklık yöntemi (*TUY*) ile hesaplanmıştır. Tahminde kullanılan kuyuların azalmasına paralel olarak kuyuların aralarındaki uzaklığın artması; bilgi kaybı olarak tanımlanan (*Toplam Hata*= M_k+STD_k) *Ceza Puanının* büyümesine neden olmuştur (Çizelge 4.1). Ancak, *TUY* ile yapılan *TSD* hesaplamalarında optimal kuyu mesafesinin ne olacağı konusunda bir bilgi elde etme olanağı yoktur. Sistemdeki kuyu sayısının azaltılması sonucunda kuyu aralıklarının artmasının ne tür bir olumsuz etki yarattığı ortaya konulamamıştır. Ancak, ceza puanlarındaki artış

üzerine kuyu aralıklarının da etkili olduğu söylenebilir. Bu sonuç, ters uzaklık yönteminin temel prensibi ile de paralellik arz etmektedir. Örneğin optimize edilen *KKD*'ler arasında optimum *KKD_67*'nin ardışık kuyu aralığı incelendiğinde; ardışık en yakın iki kuyu 59 ve 57 ID'li kuyular olup aralarında 254 metre uzaklık bulunmaktadır. Ardışık en uzak iki kuyu ise 102 ve 24 ID'li kuyulardır ve aralarındaki uzaklık 3246 metredir. Dolayısıyla; optimize edilen kuyular arasında *TUY* ile yapılan hesaplamalarda kuyular arasındaki optimal uzaklığın ne olacağı konusunda kesin bir yargıya varma olanağı elde edilememiştir.

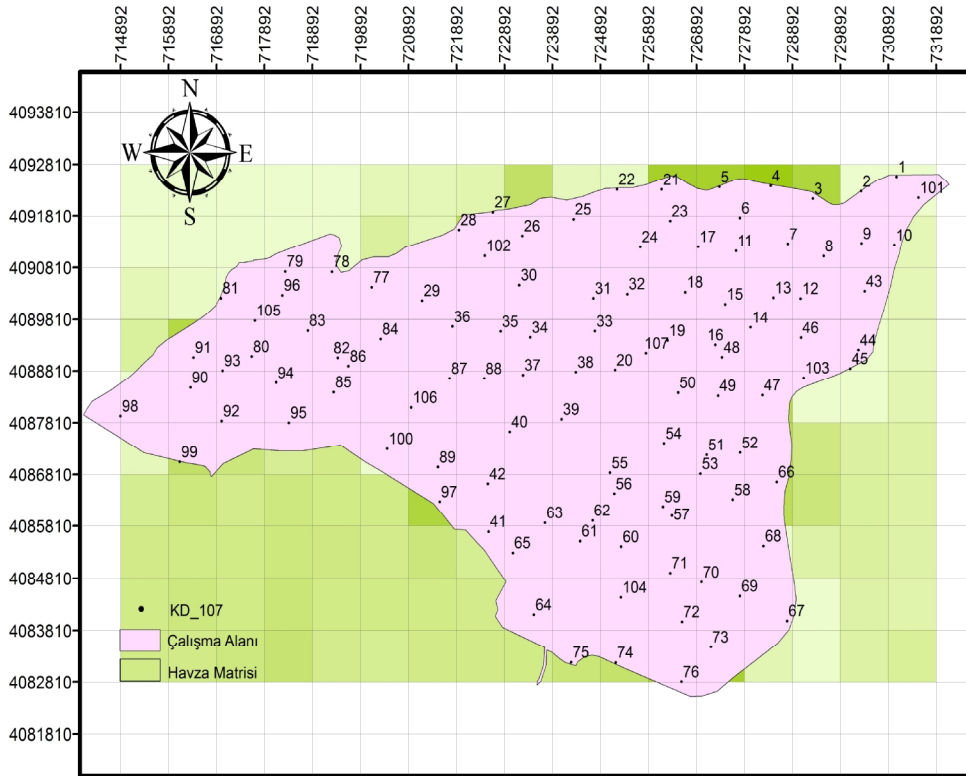
Çizelge 4.1. Havzadaki kuyu sayısına bağlı Ceza Puanı (CP_k) değişimi

| SN | Havzadaki Kuyu Sayısı | CP_k (m) | SN | Havzadaki Kuyu Sayısı | CP_k (m) |
|----|-----------------------|------------|----|-----------------------|------------|
| 1 | 106 | 0.0927 | 13 | 52 | 12.1694 |
| 2 | 105 | 0.2048 | 14 | 47 | 14.6653 |
| 3 | 102 | 0.6216 | 15 | 42 | 16.1856 |
| 4 | 97 | 1.4665 | 16 | 37 | 17.4203 |
| 5 | 92 | 2.4177 | 17 | 32 | 19.9482 |
| 6 | 87 | 3.1940 | 18 | 27 | 24.2593 |
| 7 | 82 | 4.0269 | 19 | 22 | 28.6211 |
| 8 | 77 | 5.4234 | 20 | 17 | 32.8155 |
| 9 | 72 | 6.7929 | 21 | 12 | 40.3821 |
| 10 | 67 | 7.7900 | 22 | 7 | 100.5160 |
| 11 | 62 | 9.3291 | 23 | 1 | 181.7696 |
| 12 | 57 | 10.6966 | | | |

4.3. Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemi (*GTOY*) İle Taban Suyu Derinliği Kombinasyon Kuyu Dağılımlarının (*KKD*) Optimizasyon Sonuçları

Optimize edilen $C(107,1)$ 'li *KKD*'nin simülasyon ceza puanı veya $M_k + STD_k$ istatistikleri küçükten büyüğe doğru artan sırada dizilerek kuyular arasında 1'li, 2'li, '5'li, 10'lu,...,100 ve 106'lı kombinasyon alt kümeleri oluşturulmuş ve optimize edilecek *KKD*'ler belirlenmiştir. Optimizasyon algoritması kombinasyon kuyu dağılımı *KKD_106* için örnek olarak çözümlenmiştir. *KKD_106* için optimizasyon amaç fonksiyonunun çözümlenmesi sonucunda en küçük *Ceza Puanını* veren *KKD_106* kümesi; 48 ID numaralı (Şekil 4.1), arazide 50 numaralı *TS* gözlem kuyusu ile adlandırılan kuyunun gözlem

ağından çıkarılmasıyla elde edilen *KKD_106* olduğu bulunmuştur. Sonuçlar bu çözümlmeye göre yorumlanmış olup *KKD_106*'nın optimizasyon aşamaları aşağıda alt başlıklar halinde verilmiştir.

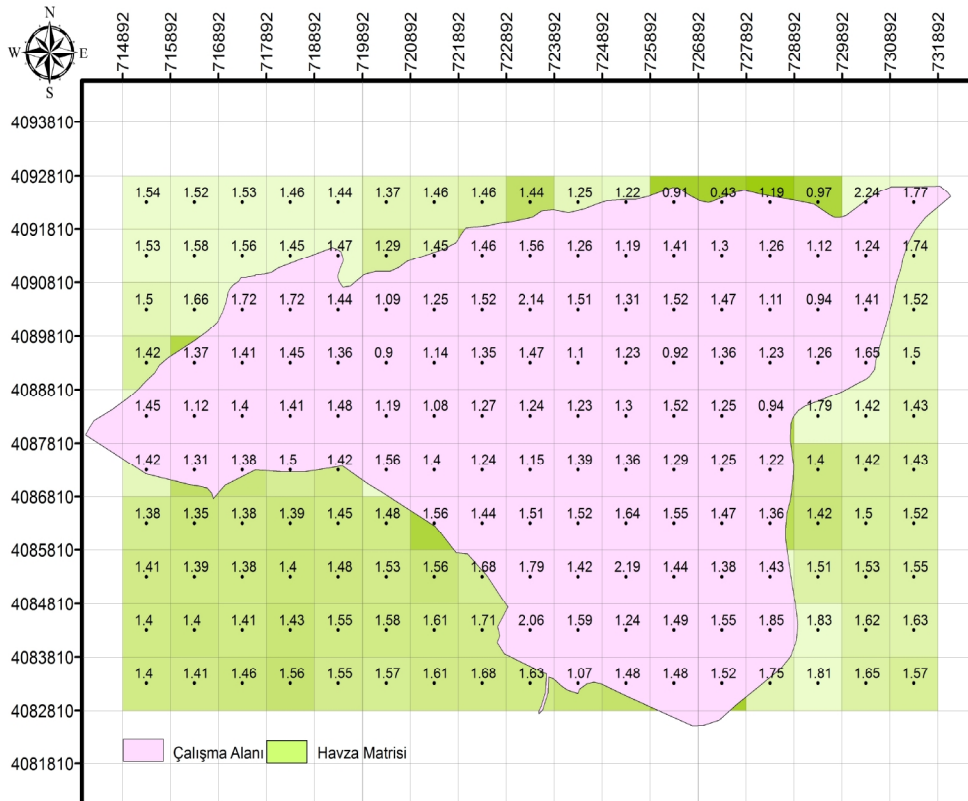


Şekil 4.1. Çalışma alanında ID numaraları ile tanımlanan mevcut TSD gözlem seti (*KD_107*) dağılımı

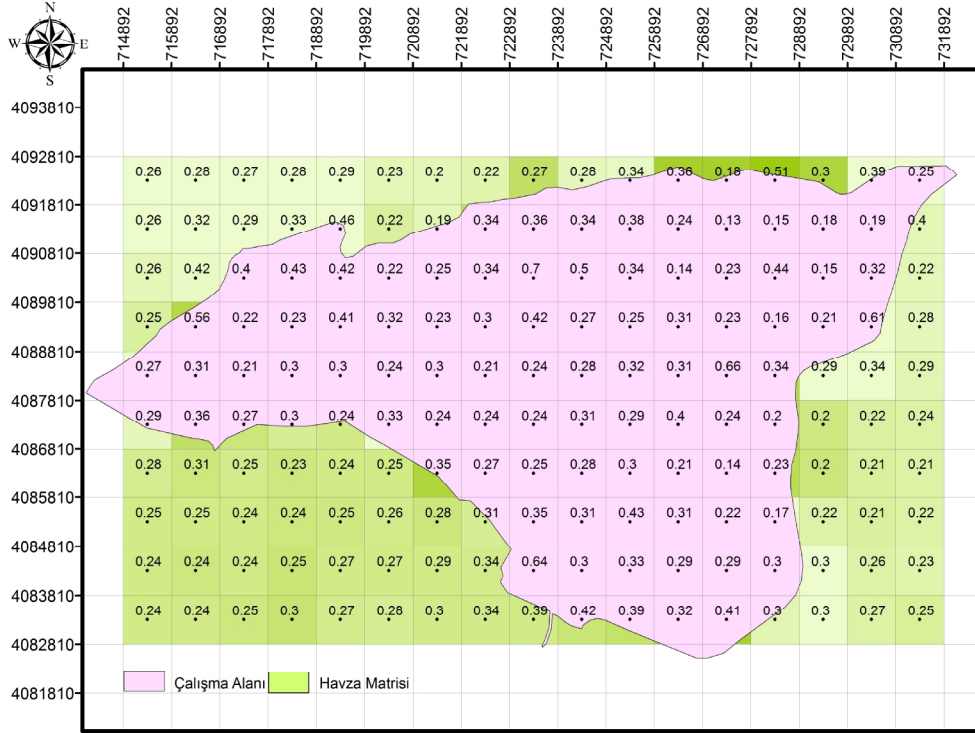
4.3.1. Kontrol_M ve Kontrol_STD Havza Matrislerinin Oluşturulması

KD_107 olarak adlandırılan havzadaki mevcut 107 kuyudan oluşan Kuyu Dağılım (*KD*) kümesinin koordinat değerleri (Şekil 4.1) esas alınarak bütün hesaplamalarda kullanılan havza matrisi 1000x1000 m çözünürlükte Eşitlik 3.3 yardımıyla üretilmiştir. Havza matrisi; 10x17 boyutunda toplam 170 adet grid ile tanımlanarak Eşitlik 3.4 yardımı ile grid merkezlerine koordinatlar atanmıştır. Havza matrisi grid merkez koordinatlarının bulunduğu noktanın temsil ettiği TSD

değerleri her grid merkezine en yakın KD_{107} 'ye ait 12 kuyu kullanılarak TUY ile (Eşitlik 3.2) kestirilmiştir. Bu kestirimler, bir diğer ifade ile tahminler ya da hesaplamalar, diğer 11 farklı döneme ait KD_{107} 'ler için tekrarlanarak, 12 döneme ait 12 adet 10×17 boyutunda TSD havza matrisi veya haritası oluşturulmuştur. Haritalanan 12 döneme ait havza matrislerinin aynı satır ve aynı sütundaki her piksele atanan TSD değerleri kullanılarak 12 dönemin ortalama (M) ve standart sapma (STD) matrisleri hesaplanmıştır. Sayıldığı sıraya göre; Eşitlik 3.6 ve Eşitlik 3.7 yardımı ile $Kontrol_M_{107}$ ($Kontrol_M$) ve $Kontrol_STD_{107}$ ($Kontrol_STD$) olarak isimlendirilen havza matrisleri oluşturularak Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Kontrol ortalama havza matrisi ($Kontrol_M$) raster haritası

Şekil 4.3. Kontrol standart sapma havza matrisi (*Kontrol_STD*) raster haritası

KD_107 havza matrislerinin 12 dönem ortalamasını ifade eden ve mevsimsel etkinin ortalamasını yansıtan *Kontrol_M* havza matrisi “kontrol” olarak kabul edilmiştir. İstatistik test ölçütlerinin hesaplanmasında, frekans, hipsometrik, konumsal ve klasik istatistik analizlerde *Kontrol_M* havza matrisi optimize edilen *KKD*’lerin *KKD_M* havza matrisleri ile işleme alınmıştır. Böylece, optimize edilen *KKD*’ler arasında alt sınırı veren bilgi kaybına neden olmayacak minimum kuyu sayısına sahip optimal *KKD* belirlenmiştir.

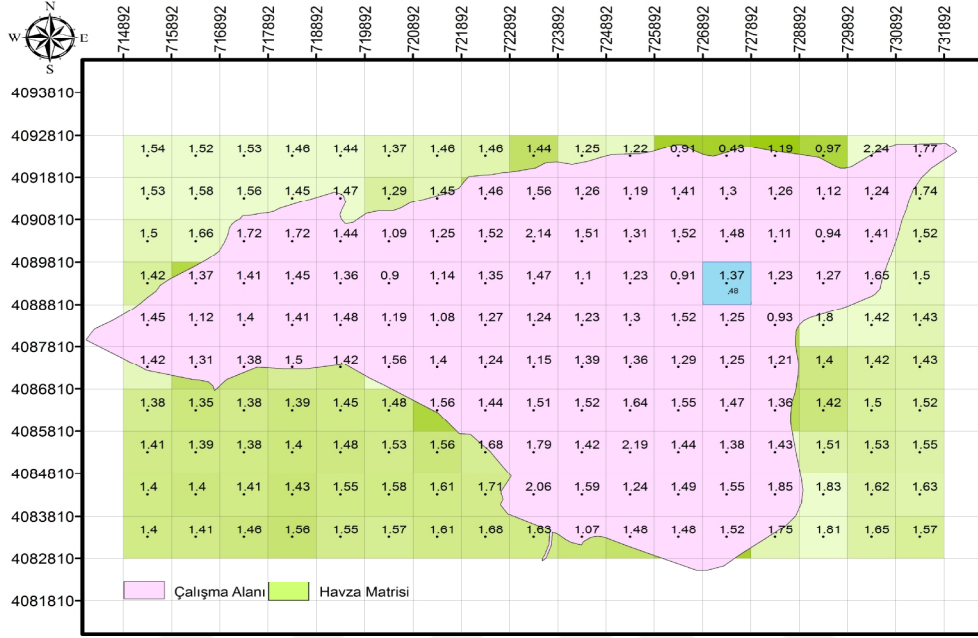
4.3.2. *KKD_M* ve *KKD_STD* Havza Matrislerinin Oluşturulması

Şekil 4.1’de verilen *KD_107* olarak adlandırılan havzadaki mevcut 107 kuyudan oluşan *Kuyu Dağılım (KD)* kümesinden (mevcut gözlem setinden) bir kuyu çıkarılması gerektiğinde, gözlemden çıkarıldığında anlamlı derecede bilgi kaybına neden olmayacak, yani önemsiz diye adlandırabileceğimiz kuyunun

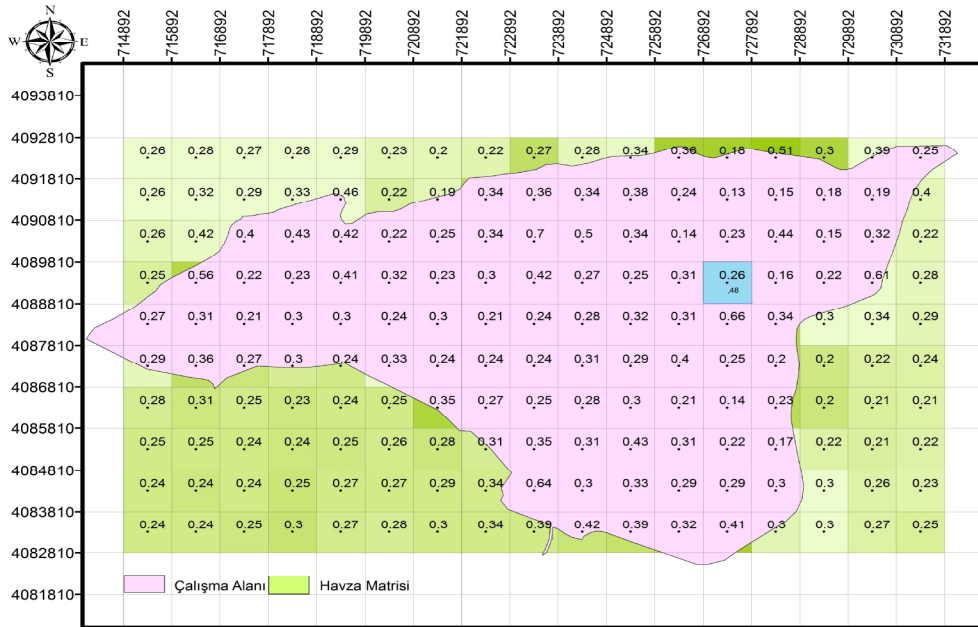
belirlenmesi bu çalışmanın ana hedefleri arasındadır. Bu hedefe, *KKD*'lerin belirlenmesi suretiyle ulaşılmıştır. Bu amaçla; mevcut 107 kuyunun 1'li alt kümesi olan $C(107,1)=\{\{1\},\{2\},\{3\},\dots,\{107\}\}$ adet alt küme elde edilmiştir. Mevcut 107 kuyudan kombinasyon alt kümesinin her bir elemanı çıkarılarak 107 adet *KKD* seti bulunmuştur. Havzada, hesaplamalar için kalan kuyu sayısı her farklı *KKD* için 106 adet olmuştur. Kombinasyon kuyu dağılımı *KKD_106* olarak ifade edilmiştir. Her dönem için *KKD_106*'yı temsil eden 107 adet *TSD* havza matrisi hesaplanmıştır. Bu matrisler, havzanın 1x1 km çözünürlükte raster haritalarıdır. Toplamda ise -12 dönem için- 1284 adet *TSD* havza matrisi elde edilmiştir. Bu haritaların aynı satır ve aynı sütundaki her piksele atanan *TSD* değerleri ile; 12 dönemin *M* ve *STD*'sini temsil eden 107 adet *KKD_M_106* (Eşitlik 3.8) ve 107 adet *KKD_STD_106* (Eşitlik 3.9) havza matrisi elde edilmiştir. Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te gösterilen bu iki havza matrisine ait minimum $M+STD$ istatistiği veya Ceza Puanına (CP_k) sahip kuyu dağılım kümesi optimize edilen *KKD_106*'dır. Bu küme 48 ID numaralı (Şekil 4.1), arazide 50 numaralı *TS* gözlem kuyusu ile adlandırılan kuyunun gözlem ağından çıkarıldığı *KKD_106* kümesidir. Optimize edilen bu kümenin öznelik bilgileri Çizelge 4.2'de (Ek Çizelge 1) verilmiştir.

Çizelge 4.2. Optimize edilen *KKD_106 TSD* kümesinin öznelik bilgileri

| | |
|---|--|
| Kombinasyon | $C(107,1)$ |
| Simülasyon Sayısı (Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyu ID'si | 48 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_106 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106,107 |
| $CP_k(m)=M+STD$ (m) | 0.0927 |



Şekil 4.4. KKD_M_106 ortalama havza matrisi raster haritası



Şekil 4.5. KKD_STD_106 standart sapma havza matrisi raster haritası

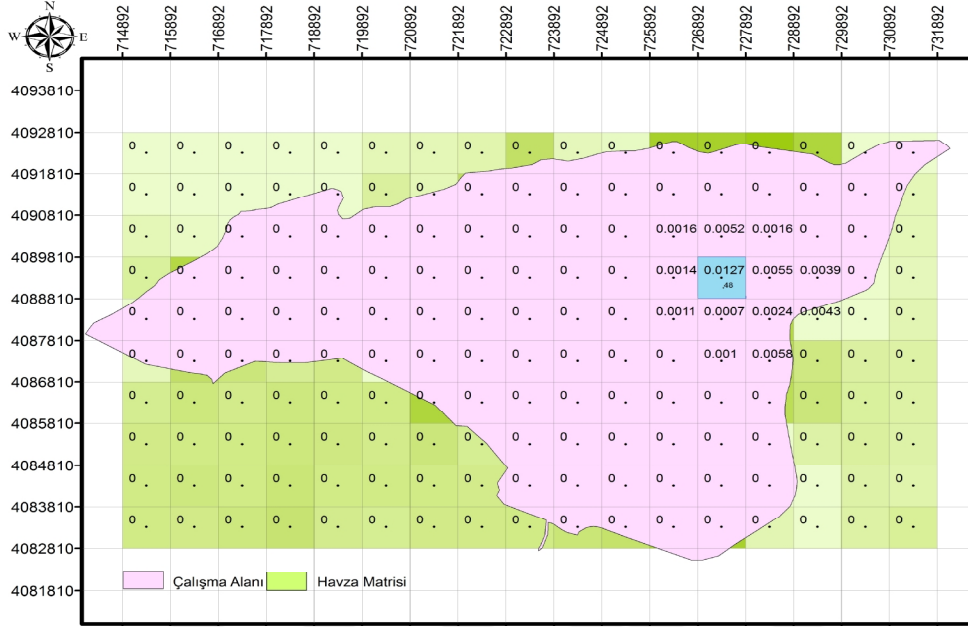
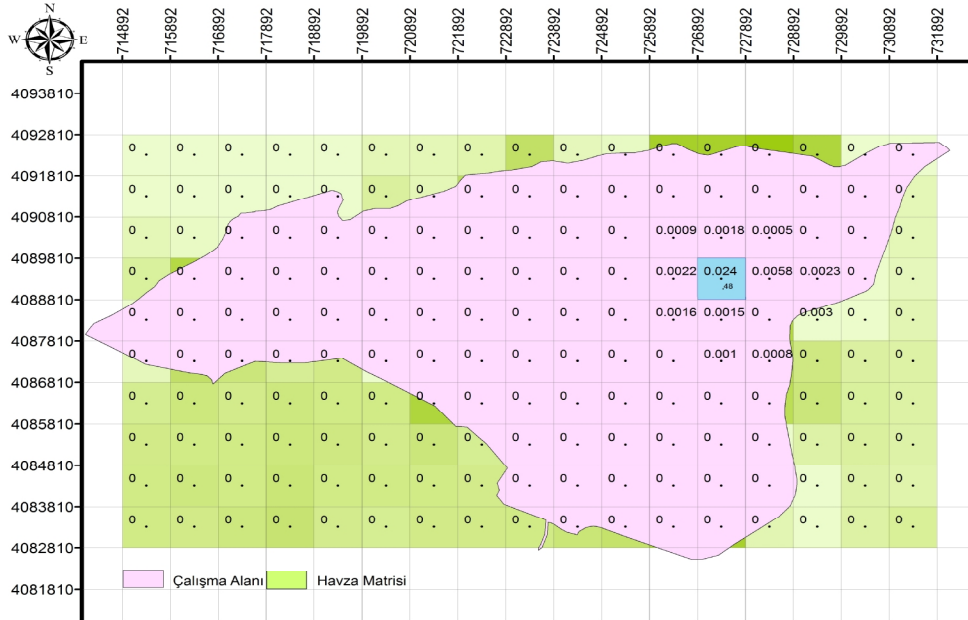
Havzadan 48 ID numaralı kuyunun çıkarılarak optimize edilen *KKD_106* kümesinin; *KKD_M_106* ve *KKD_STD_106* havza matrisi verileri ile *Kontrol_M* ve *Kontrol_STD* havza matrisi verilerinin tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çizelge 4.3'de görüldüğü üzere; zamandan arındırılmış 12 dönemi temsil eden havza matrisleri tanımlayıcı istatistikleri arasında anlamlı bir farkın olmadığı anlaşılmıştır. Gözlemden çıkarıldığında anlamlı derecede bilgi kaybına neden olmayacak, önemsiz diye adlandırabileceğimiz kuyunun 48 ID numaralı kuyu olduğu açık bir şekilde görülmektedir.

Çizelge 4.3. Optimize edilen *KKD_106* kontrol havza matrisleri tanımlayıcı istatistikleri

| Havza Matrisleri | Örnek Sayısı | Ortalama | Medyan | Mod | Standart Sapma | Varyans | Değişim Katsayısı | Çarpıklık |
|------------------|--------------|----------|--------|--------|----------------|---------|-------------------|-----------|
| Kontrol_M_107 | 170 | 1.4345 | 1.4388 | 0.4300 | 0.2277 | 0.0518 | 15.8726 | -0.0666 |
| KKD_M_106 | 170 | 1.4346 | 1.4388 | 0.4300 | 0.2278 | 0.0519 | 15.8784 | -0.0684 |
| Kontrol_STD_107 | 170 | 0.2922 | 0.2776 | 0.1300 | 0.0917 | 0.0084 | 31.3700 | 1.7358 |
| KKD_STD_106 | 170 | 0.2924 | 0.2776 | 0.1300 | 0.0916 | 0.0084 | 31.3091 | 1.7420 |

4.3.3. Ortalama Hata ($Fark_M$) ve Standart Sapma Hata ($Fark_STD$) Havza Matrislerinin Oluşturulması

Hesaplanan 107 adet *KKD_M_106* ve *KKD_STD_106* matrisleri kontrol olarak kabul edilen *Kontrol_M_107* ve *Kontrol_STD_107* matrislerinden çıkarılarak aynı piksellerin mutlak farkları bulunmuştur. Böylece $C(107,1)$ kombinasyon alt kümelerinin kontrol matrislerinden her piksel için sapmaları belirlenmiştir. Bu bağlamda; 107 adet Eşitlik 3.10 ile tanımlanan ortalama hata matrisi ($Fark_M_k$) ve 107 adet Eşitlik 3.11 ile tanımlanan standart sapma hata matrisi ($Fark_STD_k$) elde edilmiştir. Bu hata matrislerinden 48 ID numaralı kuyunun çıkarılarak optimize edilen *KKD_106* kümesinin; $Fark_M_106$ (Şekil 4.6) ve $Fark_STD_106$ (Şekil 4.7) havza matrisleridir.

Şekil 4.6. *Fark_M_106* ortalama hata havza matrisi raster haritasıŞekil 4.7. *Fark_STD_106* standart sapma hata havza matrisi raster haritası

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de KKD_M_106 ve KKD_STD_106 matrisleri ile kontrol olarak kabul edilen $Kontrol_M_107$ ve $Kontrol_STD_107$ matrisleri piksellerinin mutlak farkları alınması sonucu hesaplanan değerler gösterilmektedir. Elde edilen $Fark_M_106$ ve $Fark_STD_106$ hata matrisleri piksel değerlerinin, hesaplamalara dahil edilmeyen 48 ID numaralı kuyunun konumlandığı komşu pikseller hariç diğer bütün piksellerde sıfır olduğu da görülecektir. Bu kuyunun hesaplamalara dahil edilmemesi sonucu kestirimlerde etkilediği komşu gridlerde meydana getirdiği tahmin hatalarından anlaşılmaktadır. Hesaplamalarda kuyular arasındaki uzaklığa bağlı olarak 48 ID numaralı kuyunun tahminlere etkisinin olmadığı piksellerin tahmin hatası ise görüldüğü gibi sıfırdır. Çünkü, bu değerler $Kontrol_M_107$ ve $Kontrol_STD_107$ havza matrisleri piksel değerleri ile aynıdır. Bu konumlarda matris değerleri hesaplanırken aynı kuyular kullanılarak işlemler yapıldığından piksel değerleri farkı (hatası) sıfır olarak bulunmuştur.

4.3.4. Ceza Puanının (CP_k) Hesaplanması ve Kombinasyon Kuyu Dağılımlarının (KKD) Optimizasyonu

$Fark_M_k$ ve $Fark_STD_k$ haritalarının Şekil 3.7 ‘de verilen havza matrisinde “1” rakamı ile ifade edilen 110 adet grid verisi toplanmıştır. Toplam 107 adet KKD_106 için; 107 adet M_k ve 107 adet STD_k değeri hesaplanmıştır. Her farklı KKD_106 ‘ya ait M_k ve STD_k değerleri birbiri ile toplanarak her farklı KKD_106 için 107 adet bilgi kaybının bir göstergesi olan simülasyon *Ceza Puanları* bulunmuştur. $C(107,1)$ kombinasyon alt kümelerinin mevcut 107 kuyudan çıkarılması sonucu elde edilen her farklı KKD_106 için hesaplanan CP_k ’ler minimum hatayı veren kuyudan en büyük hata veren kuyuya doğru sıralanmıştır (Çizelge 4.4). En küçük CP_k ’nü veren KKD_106 kümesi 48 ID numaralı (Şekil 4.1 ve Çizelge 4.2), TS gözlem kuyusunun gözlem ağından çıkarıldığı KKD_106 olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.4. $C(107,1)$ alt kümelerinin Ceza Puanına (CP_k) göre sıralanması

| SN | Kuyu ID | Kuyu Adı | CP_k (m) | SN | Kuyu ID | Kuyu Adı | CP_k (m) | SN | Kuyu ID | Kuyu Adı | CP_k (m) |
|----------|-----------|-----------|---------------|----|---------|----------|------------|------------|-----------|-----------|---------------|
| 1 | 48 | 50 | 0.0927 | 37 | 93 | 102 | 0.3378 | 73 | 10 | 10 | 0.4999 |
| 2 | 1 | 1 | 0.1121 | 38 | 97 | 121 | 0.3385 | 74 | 100 | 121B | 0.5375 |
| 3 | 76 | 83 | 0.1221 | 39 | 35 | 37 | 0.3393 | 75 | 65 | 67 | 0.5426 |
| 4 | 14 | 14 | 0.1346 | 40 | 87 | 96 | 0.3405 | 76 | 39 | 41 | 0.5497 |
| 5 | 27 | 27 | 0.1460 | 41 | 15 | 15 | 0.3415 | 77 | 4 | 4 | 0.5540 |
| 6 | 107 | L8 | 0.1626 | 42 | 94 | 103 | 0.3476 | 78 | 61 | 63 | 0.5607 |
| 7 | 41 | 43 | 0.1643 | 43 | 54 | 56 | 0.3494 | 79 | 49 | 51 | 0.5710 |
| 8 | 6 | 6 | 0.1772 | 44 | 42 | 44 | 0.3566 | 80 | 12 | 12 | 0.5719 |
| 9 | 45 | 47 | 0.1791 | 45 | 98 | 102A | 0.3570 | 81 | 67 | 69 | 0.5766 |
| 10 | 32 | 33 | 0.1804 | 46 | 99 | 121A | 0.3575 | 82 | 81 | 90 | 0.5932 |
| 11 | 26 | 26 | 0.1811 | 47 | 82 | 91 | 0.3617 | 83 | 3 | 3 | 0.6140 |
| 12 | 11 | 11 | 0.1829 | 48 | 55 | 57 | 0.3638 | 84 | 59 | 61 | 0.6211 |
| 13 | 92 | 101 | 0.1843 | 49 | 36 | 38 | 0.3673 | 85 | 91 | 100 | 0.6422 |
| 14 | 29 | 29 | 0.1894 | 50 | 34 | 35 | 0.3722 | 86 | 104 | 74A | 0.6431 |
| 15 | 86 | 95 | 0.1980 | 51 | 56 | 58 | 0.3756 | 87 | 33 | 34 | 0.6451 |
| 16 | 66 | 68 | 0.2043 | 52 | 46 | 48 | 0.3846 | 88 | 77 | 86 | 0.6536 |
| 17 | 37 | 39 | 0.2075 | 53 | 102 | 30A | 0.3882 | 89 | 21 | 21 | 0.6582 |
| 18 | 83 | 92 | 0.2161 | 54 | 7 | 7 | 0.4179 | 90 | 31 | 32 | 0.6888 |
| 19 | 16 | 16 | 0.2255 | 55 | 57 | 59 | 0.4235 | 91 | 38 | 40 | 0.7356 |
| 20 | 43 | 45 | 0.2322 | 56 | 106 | 98A | 0.4307 | 92 | 84 | 93 | 0.7643 |
| 21 | 62 | 64 | 0.2330 | 57 | 105 | 90A | 0.4308 | 93 | 44 | 46 | 0.7671 |
| 22 | 23 | 23 | 0.2421 | 58 | 24 | 24 | 0.4314 | 94 | 96 | 105 | 0.7676 |
| 23 | 53 | 55 | 0.2661 | 59 | 28 | 28 | 0.4384 | 95 | 70 | 72 | 0.7773 |
| 24 | 72 | 74 | 0.2735 | 60 | 17 | 17 | 0.4417 | 96 | 19 | 19 | 0.8342 |
| 25 | 22 | 22 | 0.2792 | 61 | 88 | 97 | 0.4428 | 97 | 90 | 99 | 0.8499 |
| 26 | 71 | 73 | 0.2865 | 62 | 52 | 54 | 0.4442 | 98 | 47 | 49 | 0.9089 |
| 27 | 89 | 98 | 0.2884 | 63 | 101 | 1A | 0.4499 | 99 | 5 | 5 | 0.9469 |
| 28 | 74 | 76 | 0.3032 | 64 | 25 | 25 | 0.4580 | 100 | 40 | 42 | 0.9581 |
| 29 | 79 | 88 | 0.3109 | 65 | 95 | 104 | 0.4597 | 101 | 78 | 87 | 1.0532 |
| 30 | 73 | 75 | 0.3111 | 66 | 58 | 60 | 0.4598 | 102 | 103 | 47A | 1.0816 |
| 31 | 63 | 65 | 0.3162 | 67 | 20 | 20 | 0.4609 | 103 | 75 | 77 | 1.1651 |
| 32 | 51 | 53 | 0.3192 | 68 | 69 | 71 | 0.4619 | 104 | 2 | 2 | 1.1998 |
| 33 | 8 | 8 | 0.3232 | 69 | 13 | 13 | 0.4680 | 105 | 60 | 62 | 1.3315 |
| 34 | 18 | 18 | 0.3234 | 70 | 80 | 89 | 0.4748 | 106 | 64 | 66 | 1.6919 |
| 35 | 68 | 70 | 0.3256 | 71 | 9 | 9 | 0.4797 | 107 | 30 | 30 | 1.8621 |
| 36 | 85 | 94 | 0.3276 | 72 | 50 | 52 | 0.4856 | | | | |

Çizelge 4.4’de görüldüğü gibi C(107,1) kombinasyonu için optimize edilen *KKD_106* gözlem kümesi; *Kontrol_M* matrisine en yakın tahminlerin yapıldığı 48 ID numaralı kuyunun olmadığı 106 kuyuyla teşkil edilen gözlem ağıdır. Havzada *TS* gözlem kuyuları arasında 48 ID numaralı kuyu en önemsiz, 30 ID numaralı kuyunun ise en önemli kuyu olduğu bulunmuştur. Yapılan bu analizlerden anlaşılacağı üzere, bilgi kaybını temsil eden CP_k değerini en büyük yapan 30 ID numaralı drenaj gözlem kuyusu *TSD* ile ilgili yapılacak çalışmalarda bir başka ifade ile gözlemlerde mutlaka havza matrisinde yer almalıdır (Şekil 4.1).

Bundan sonraki aşamalarda, sistemden daha fazla gözlem kuyusunun atılması gerektiğinde hangi kuyuların atılması gerektiği ve gözlem ağının kaç kuyu ile sınırlandırılması gerektiği araştırılmıştır. Bu amaçla yapılan analizlerde daha öncede açıklandığı gibi 1000’er adet tesadüfi seçilen C(107,2), C(107,5), C(107,10), C(107,15), C(107,20), C(107,25) ve C(107,30) alt kümelerin tamamı için amaç fonksiyonu çözüm algoritması Ek Şekil 2’de yazılım ara yüzü verilen bilgisayar programı ile aşamalı olarak uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar ise Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Tesadüfi oluşturulan *KKD*’lerin öz nitelik bilgileri

| Kombinasyon (C) | KKD | Simülasyon Sayısı | Tahminde Kullanılmayan Havzadan Çıkarılan Kuyu ID | CP_k (m) |
|-----------------|---------|-------------------|---|------------|
| C(107,1) | KKD_106 | 107 | 48 | 0.0927 |
| C(107,2) | KKD_105 | 1000 | 101,1 | 0.2435 |
| C(107,5) | KKD_102 | 1000 | 92,88,74,41,87 | 0.9730 |
| C(107,10) | KKD_97 | 1000 | 46,76,16,72,61,41,14,97,42,74 | 2.4105 |
| C(107,15) | KKD_92 | 1000 | 92,99,45,14,17,89,6,68,79,7,87,67,34,57,71 | 3.8727 |
| C(107,20) | KKD_87 | 1000 | 14,76,105,68,70,59,18,85,4,89,80,69,87,16,24,63,33,62,45,1 | 5.0738 |
| C(107,25) | KKD_82 | 1000 | 88,57,97,34,68,62,69,104,102,95,22,74,59,65,70,27,66,79,37,92,76,35,32,3,14 | 6.6962 |
| C(107,30) | KKD_77 | 1000 | 5,29,23,66,37,85,59,101,86,65,88,103,43,53,42,19,89,27,105,32,98,74,61,28,94,69,12,14,52,83 | 9.0250 |

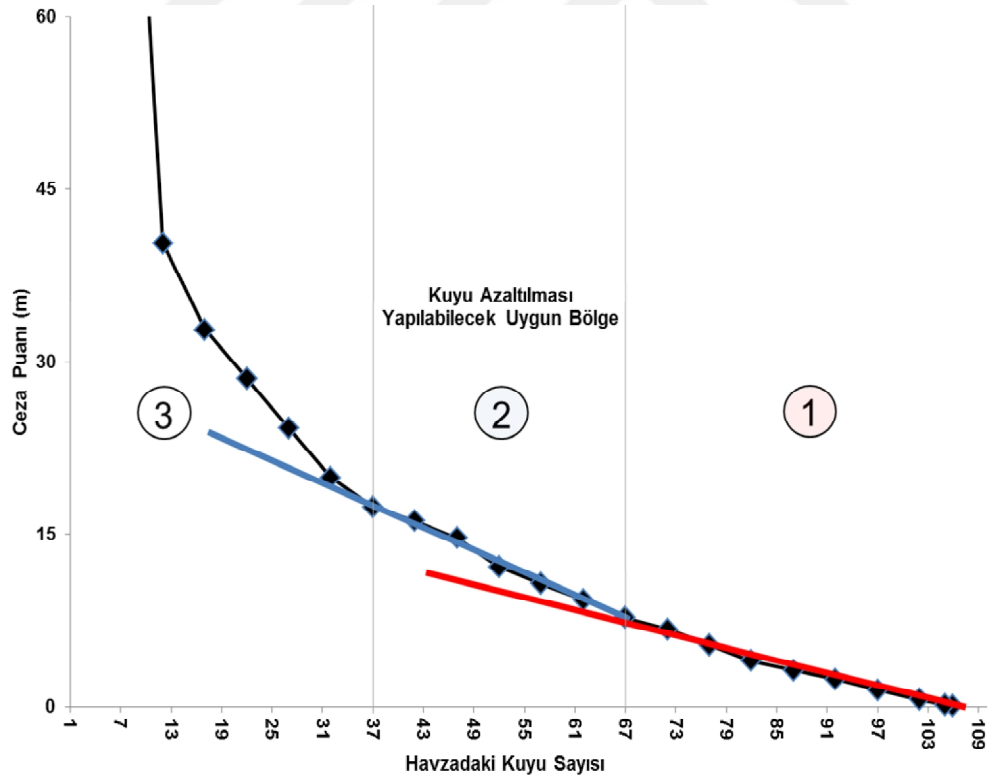
Çizelge 4.5 incelendiğinde; havzadaki kuyu sayısının azalmasına paralel olarak bilgi kaybının arttığı görülmüştür. Sonuçların karşılaştırılması amacıyla; Çizelge 4.4’de verilen C(107,1) kombinasyonu alt kümelerinin mevcut 107 kuyudan çıkarılması sonucu elde edilen *KKD_106*’ların CP_k ’leri minimum hatayı veren kuyudan büyük hata veren kuyuya doğru sıralanmıştır. Bu sıralamaya uygun; 1’li, 2’li, 5’li, 10’lu, 15’li, 25’li ve 30’lu oluşturulan alt kümeler yeniden çözümlenerek sonuçlar Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Çizelge 4.4’de verilen Ceza Puanlarına (CP_k) göre oluşturulan *KKD*’lerin öz nitelik bilgileri

| C | KKD | Simülasyon Sayısı | Tahminde Kullanılmayan Havzadan Çıkarılan Kuyu ID’si | CP_k (m) |
|-----------|---------|-------------------|--|------------|
| C(107,1) | KKD_106 | 1 | 48 | 0.0927 |
| C(107,2) | KKD_105 | 1 | 48,1 | 0.2048 |
| C(107,5) | KKD_102 | 1 | 48,1,76,14,27 | 0.6216 |
| C(107,10) | KKD_97 | 1 | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32 | 1.4665 |
| C(107,15) | KKD_92 | 1 | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32, 26,11,92,29,86 | 2.4177 |
| C(107,20) | KKD_87 | 1 | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32, 26,11,92,29,86,66,37,83,16,43 | 3.1940 |
| C(107,25) | KKD_82 | 1 | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32, 26,11,92,29,86,66,37,83,16,43, 62,23,53,72,22 | 4.0269 |
| C(107,30) | KKD_77 | 1 | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32, 26,11,92,29,86,66,37,83,16,43, 62,23,53,72,22,71,89,74,79,73 | 5.4234 |

Çizelge 4.5 ve 4.6 birlikte değerlendirildiğinde; başka alt küme alternatifi olmayan C(107,1) *KKD* hariç, C(107,30)’e kadar tesadüfi seçilen alt kümelerle oluşturulan *KKD*’lerin CP_k ’leri minimum yapmadığı anlaşılmıştır. Çizelge 4.4’de verilen CP_k ’lerin küçük hata değerinden büyük hata değerine göre sıralanmasına uygun yapılacak alt kümelerin tesadüfi oluşturulan *KKD*’lerden daha iyi bir gözlem ağı dağılımı oluşturduğu görülmüştür (Çizelge 4.6). Bu nedenle kombinasyonlardan tesadüfi seçilen 1000 adet alt kümenin simülasyonunu

yapmaktansa, Çizelge 4.4’de verilen sonuçlara göre çözüm algoritmasının uygulanmasına karar verilmiştir. Bu değerlendirmeye göre; Akarsu Sulama Birliği sulama havzasında bulunan 107 adet drenaj gözlem kuyusundan oluşan gözlem ağının 30’lu kuyu kombinasyonundan sonra 1000 adet simülasyonun çözümlenmesine gerek olmadığı anlaşılmıştır. Elde edilen bu sonuçtan yararlanılarak, Çizelge 4.4’de verilen $C(107,1)$ kombinasyon alt kümeleri kendi içerisinde CP_k ’lere göre Çizelge 4.6’da gösterildiği gibi büyüklük sırasına uygun alt kümeler oluşturulmaya devam edilmiştir. Elde edilen 35’li, 40’lı, 45’li,...100 ve 106’lı alt kümeler bir kez simüle edilerek optimize edilen 23 farklı KKD ’nin öz nitelik bilgileri Ek Çizelge 1-23’de verilmiştir. Çizelge 4.1’de verilen her farklı KKD ’ye karşılık gelen bilgi kaybını veren *Ceza Puanı* (CP_k) değeri ile havzadaki kuyu sayısı Şekil 4.8a’da karşılıklı olarak grafiklenmiştir.

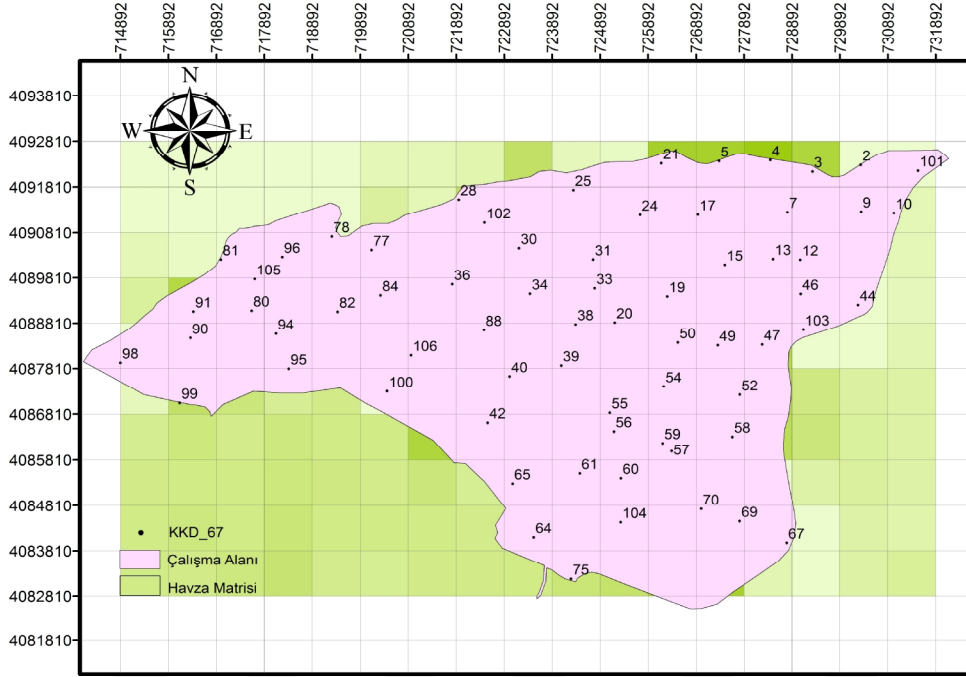


Şekil 4.8a. Havza matrisindeki kuyu sayısına bağlı bilgi kaybı

Şekil 4.8a incelendiğinde mevcut drenaj gözlem ağının ceza puanı en düşüktür. Bu sonuç, beklenen bir durum olup doğaldır. Havzadaki gözlem kuyu sayısının azalmasına bağlı olarak ceza puanının doğrusal olarak artış gösterdiği (Şekil 4.8a'da bir nolu bölge); bu artışın kuyu sayısının 37-67 arasında olduğu kesimlerde (iki nolu bölge) kuyu sayısındaki azalmaya paralel olarak hız kazandığı; havzada kalan kuyu sayısının 37 kuyudan daha az olduğu koşullarda ise eğrisel bir tavır izlediği belirlenmiştir. Değerlendirmeler sonucunda, tahminlerde kullanılan (havzada bulunan) kuyu sayısının azalmasıyla doğal olarak havzaya ait bilgi kaybını veren *Ceza Puanı* değerinin büyüdüğü görülmüştür. Kuyu sayısındaki azalmayla gelişen ceza puanındaki artış, yani bilgi kaybı, beklenen bir durumdur. Zira, sistemden çıkarılan her kuyunun haritalarda sunduğu bilgi kaybolmakta, bu bilgi diğer kuyuların verilerinden elde edilmeye çalışılmaktadır.

Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemine (GTOY) ile optimize edilen 23 farklı *KKD* kullanılarak optimal *KKD* bulunmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, Şekil 4.8a geliştirilmiştir. Yukarıda özetlendiği üzere gözlem ağında yer alan kuyu sayısına göre ceza puanı grafiğinde üç farklı bölge oluşmuştur. Bu bölgelerin ayrıntılı analizi, gözlem ağında yer alması gereken kuyu sayısına karar vermede önem arz etmektedir:

1. Birinci Bölge: Optimize edilen *KKD*'ler arasında kuyu sayısındaki azalmaya bağlı ceza puanlarının doğrusal olarak gidiş gösterdiği ilk bölge birinci bölge olarak adlandırılmıştır. Bu bölgede eğimin farklılaştığı noktaya tesadüf eden optimal *KKD*'nin kuyu sayısının 67 olduğu tespit edilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere optimize edilen *KKD_67*'den sonra kuyu sayısındaki azalmaya bağlı ceza puanlarının birim değişimi (eğimi) artmıştır. Araştırma alanında lokasyon da dikkate alınmak kaydıyla, 67 gözlem kuyusu olacak şekilde (Şekil 4.8b ve Çizelge 4.7) kuyu sayısı azaltıldığında sistemde ciddi anlamda bir bilgi kaybı olmayacağı anlaşılmaktadır. Ancak, kuyu sayısının daha da azaltılması, bilgi kaybının şiddetini arttırmaktadır. Uygulamada, bu sayının son derece anlamlı olduğu açıktır.



Şekil 4.8b. GTOY ile optimize edilen KKD_67 TSD kümesinin havzadaki dağılımı

Çizelge 4.7. Optimize edilen KKD_67 TSD kümesinin öznelilik bilgileri

| Kombinasyon | C(107,40) |
|---|---|
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68,85,93,97,35,87 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen KKD_67 TSD Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,7,9,10,12,13,15,17,19,20,21,24,25,28,30,31,33,34,36,38,39,40,42,44,46,47,49,50,52,54,55,56,57,58,59,60,61,64,65,67,69,70,75,77,78,80,81,82,84,88,90,91,94,95,96,98,99,100,101,102,103,104,105,106 |
| $CP_k(m)=M+STD(m)$ | 7.7900 |

2. İkinci Bölge: Ceza puanlarındaki sabit birim değişiminin birinci bölgeden farklı doğrusal gidiş gösterdiği bölge 2. bölge olarak adlandırılmıştır. Bu bölgede ceza puanlarının artış hızı, birinci bölgeye göre daha büyük olmuştur. Şekil 4.8a'da görüldüğü üzere eğim artmıştır. Bu bölgede sistemden çıkarılan her

bir kuyunun bilgi kaybına ciddi katkısı olduğu anlaşılmaktadır. Bu bölgeye tesadüf eden optimal *KKD*'nin kuyu sayısı ise 37 bulunmuştur.

3. Üçüncü Bölge: Kuyu sayısına bağlı ceza puanlarının doğrusallığını yitirdiği, eğrisel davranışın hakim olduğu ve daha çok parabolik bir gidişin olduğu bölge 3. bölge olarak adlandırılmıştır. Birim ceza puanlarının 2. derece veya daha büyük üstel değerlerle değişim gösterdiği anlaşılmıştır. Bu bölgeye düşen optimize edilen *KKD*'lerin kuyu sayısında meydana gelen azalmanın bilgi kaybında parabolik şekilde sıçramaya neden olduğu görülmüştür. Bu nedenle, 3. bölgeye düşen optimize edilen *KKD*'lerin *Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemine (GTOY)* göre optimizasyonu temsil etmesinin mümkün olmayacağına karar verilmiştir. Bir başka ifade ile, havzada drenaj amaçlı çalışmalarda taban suyu gözlem ağında 37 kuyudan daha az kuyunun olmasına asla müsaade edilmemelidir. Çizelge 4.7'de verilen *KKD_67* kuyu setinde yer alan kuyuların dağılımları Şekil 4.8b'de verilmiştir. Şekil 4.8b'de verilen gözlem ağı kullanılarak taban suyu izleme çalışmalarına devam edildiğinde elde edilecek bilgi ile, 107 adet kuyudan oluşan mevcut gözlem ağında yapılacak gözlemlerin vereceği bilgilerin yaklaşık olarak birbirlerine yakın olacağı unutulmamalıdır. Bu noktadan hareketle personel, zaman veya mali olanaksızlıklar nedeniyle gözlem ağında bir azaltılma yapılması zorunlu olduğunda Şekil 4.8b'de verilen ve 67 kuyudan oluşan kuyu setinde yer alan kuyularda (Çizelge 4.7 ve Ek Çizelge 10) gözlem yapılması yeterli olacaktır. Bu koşullarda bile, gözlem ağında %40'a yakın oranda bir tasarruf sağlanmış olmaktadır. Daha fazla tasarruf edilerek kuyu sayısının 37'ye kadar düşürülmesi imkan dahilinde olmasına karşın (%65 tasarruf), azaltılan her kuyunun bilgi kaybına önemli oranda katkı sağlayacağı unutulmamalıdır. Bu bulgular; TS gözlem kuyu sayısının azaltılmasına yönelik Parasyris ve ark (2016) tarafından yapılan farklı kombinasyon kuyu dağılımlarının kullanıldığı optimizasyon çalışmasıyla örtüşmüştür.

Sonuç olarak *Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemine* göre kuyu sayısına bağlı ceza puanlarının doğrusal olduğu 1. ve 2. bölgelerdeki eğim değişimlerindeki

kuyu sayıları optimizasyon noktaları olarak değerlendirilmiştir. Kuyu sayısına bağlı birim ceza puanı değişiminin parabolik olduğu 3. bölgedeki *KKD*'lerin optimizasyonu temsil edemeyeceği anlaşılmıştır. *Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemine* göre 23 adet *KKD* arasında *KKD_67* havzadaki mevcut 107 kuyudan oluşan gözlem setini temsil eden optimal *KKD* olarak bulunmuştur. *KKD_37* ise ikinci optimizasyon noktası olarak değerlendirilmiştir. Havzada yapılacak çalışmalarda *KKD_37*'den sonra optimize edilen *KKD*'lerin istenilen bilgileri veremeyeceği öngörülmüştür. *Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemine* göre; *KKD_67* ve *KKD_37* aralığında seçilen *KKD*'ler ile çalışmaların yürütülmesinin uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Ancak, optimal *KKD*'nin tespit edilmesinde başka yöntemlerin dikkate alınmasının ne tür yararları olacağı da araştırılmıştır. Bu nedenle optimal *KKD*'nin alt sınırının veya aralığının belirlenmesinde frekans analizi, hipsometrik eğriler, konumsal ve klasik istatistik analizlerin kullanılıp kullanılmayacağı hususları da araştırmaya dahil edilmiştir. Bu tekniklerin etkinlikleri ve analiz sonuçları izleyen kısımlarda sunulmuş ve irdelenmiştir.

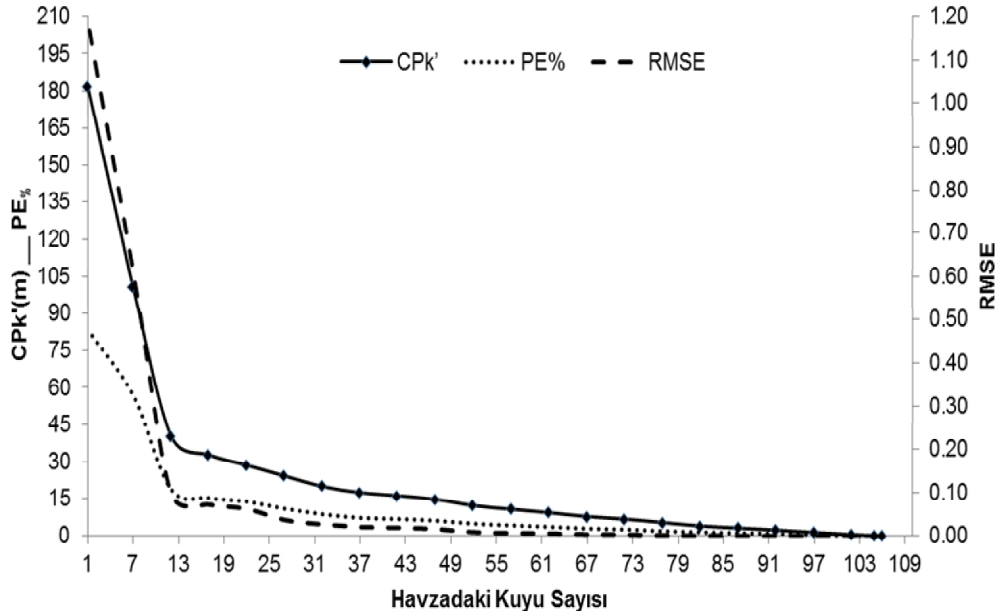
4.4. Kuyu Sayısındaki Azalmaya Bağlı Bilgi Kaybının Belirlenmesinde Uygulanan Yardımcı İstatistik Test Ölçütleri Sonuçları

Değindiği üzere yöntemin esası; havzadaki mevcut 107 kuyu *TSD* değerlerinin 12 dönem ortalaması olan ve mevsimsel etkinin ortalamasını ifade eden *Kontrol_M_107*'den, diğer *KKD_M*'lerin farkının en aza indirilmesidir. Test ölçütlerinin hesaplanmasında; 12 döneme ait *KD_107* havza matrisi verileri ile hesaplanan *Kontrol_M_107* havza matrisi pikselleri *TSD* değerleri bütün hesaplamalarda referans alınmıştır. Optimize edilen her farklı *KKD_M* havza matrisi piksel *TSD* değerleri ile *Kontrol_M_107* değerleri kullanılarak işlemler gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar sonucunda; optimize edilen 23 farklı *KKD*'nin *Ceza Puanları* (CP_k), $PE\%$ ve *RMSE* test ölçütleri değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Optimize edilen *KKD*'lerin *Ceza Puanlarının*; $PE\%$ ve *RMSE* test ölçütlerine karşı optimize edilen *KKD*'nin belirlenmesindeki etkinliğinin ne olacağı

incelenmiştir. Havzadaki kuyu sayısına göre elde edilen test ölçütleri değerlerinin optimize edilen KKD 'yi belirleyebilme etkinliklerinin kıyaslanması adına CP_k , $PE_{\%}$ ve $RMSE$ istatistikleri karşılıklı olarak grafikleştirilmiştir (Şekil 4.9).

Çizelge 4.8. KKD M havza matrisleri istatistik test ölçütleri

| SN | Havzadaki Kuyu Sayısı | CP_k (m) | $PE_{\%}$ | RMSE | SN | Havzadaki Kuyu Sayısı | CP_k (m) | $PE_{\%}$ | RMSE |
|----|-----------------------|---------------|------------|---------------|----|-----------------------|----------------|------------|---------------|
| 1 | 106 | 0.0927 | 0.0 | 0.0000 | 13 | 52 | 12.1694 | 5.0 | 0.0090 |
| 2 | 105 | 0.2048 | 0.1 | 0.0000 | 14 | 47 | 14.6653 | 6.2 | 0.0162 |
| 3 | 102 | 0.6216 | 0.2 | 0.0001 | 15 | 42 | 16.1856 | 6.8 | 0.0191 |
| 4 | 97 | 1.4665 | 0.5 | 0.0003 | 16 | 37 | 17.4203 | 7.3 | 0.0209 |
| 5 | 92 | 2.4177 | 1.0 | 0.0007 | 17 | 32 | 19.9482 | 8.7 | 0.0268 |
| 6 | 87 | 3.1940 | 1.2 | 0.0008 | 18 | 27 | 24.2593 | 10.9 | 0.0370 |
| 7 | 82 | 4.0269 | 1.5 | 0.0012 | 19 | 22 | 28.6211 | 13.8 | 0.0620 |
| 8 | 77 | 5.4234 | 2.0 | 0.0018 | 20 | 17 | 32.8155 | 15.2 | 0.0719 |
| 9 | 72 | 6.7929 | 2.7 | 0.0035 | 21 | 12 | 40.3821 | 18.8 | 0.0981 |
| 10 | 67 | 7.7900 | 3.0 | 0.0040 | 22 | 7 | 100.5160 | 56.7 | 0.6110 |
| 11 | 62 | 9.3291 | 3.7 | 0.0060 | 23 | 1 | 181.7696 | 83.5 | 1.1889 |
| 12 | 57 | 10.6966 | 4.3 | 0.0068 | | | | | |



Şekil 4.9. Havza matrisindeki kuyu sayısına bağlı istatistik test ölçütleri

Şekil 4.9 görsel olarak incelendiğinde; dikkate alınan 3 farklı istatistik (CP_k , $PE\%$ ve $RMSE$) sonucunun da havzada bulunan kuyu sayısına bağlı olarak benzer şekilde tepki verdiği görülmüştür. Bu nedenle, eğrilerin birbirinden anlamlı bir farkının olmadığı sonucuna varılmıştır. Optimize edilen KKD 'ler arasında optimal kuyu sayısı Şekil 4.8a'da olduğu gibi 37 (KKD_{37}) ile 67 (KKD_{67}) aralığına tesadüf etmiştir. Bu çalışmada ön plana çıkarılan ve ceza puanı olarak ifade edilen CP_k istatistiğinin, grid tabanlı optimizasyon yönteminde optimize edilen KKD 'lerin saptanması bakımından doğru bir test istatistiği olduğu sonucuna varılmıştır.

4.5. Frekans Analizi Sonuçları

Şekil 4.8a ve Şekil 4.9'da görüldüğü gibi havza matrisindeki KKD kuyu sayısına bağlı CP_k , $PE\%$ ve $RMSE$ istatistiklerine göre optimize edilen KKD 'ler arasında alt sınırı veren, bilgi kaybına neden olmayacak en az kuyu sayısına sahip optimal KKD belirlenememiştir. Frekans analiziyle; optimize edilen KKD 'lerin optimal alt sınırı belirlenmeye çalışılmıştır. Frekans analizi için 12 dönemlik tüm veriler kullanılarak zaman etkisinin giderildiği optimize edilen KKD 'lerin $Kontrol_M$ ve KKD_M havza matrisleri TSD setleri kullanılmıştır. Kontrol olarak seçilen 107 kuyudan elde edilen 110 elemanlı $Kontrol_M$ havza matrisi TSD setinin ve her farklı kombinasyon için optimize edilen KKD 'lerin KKD_M havza matrisleri TSD setleri ile frekans analizi gerçekleştirilmiştir. $Kontrol_M$ ve optimize edilen KKD_M taban suyu derinliği setlerinin çalışma alanı içerisinde kalan 110 adet (örnek sayısı) TSD değerinin olasılık dağılımları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda iki TSD setinin olasılık dağılımının benzerliği araştırılmıştır. Olasılık dağılımının benzerliğinden yararlanılarak optimize edilen KKD 'nin optimal alt sınırı belirlenmeye çalışılmıştır. On iki dönemlik tüm veriler kullanılarak mevsimsel etkinin ortalamasının temsil edildiği optimize edilen KKD_M taban suyu derinliği setlerinin olasılık dağılımları %87 oranında $LogLojistik$ olasılık dağılımı ile temsil edilmiştir. $LogLojistik$ olasılık dağılımı ile

temsil edilen *Kontrol_M* taban suyu derinliği setleri ile aynı dağılımla temsil edilerek kuyu dağılımlarının örtüştüğü görülmüştür (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrisleri olasılık dağılımları

| Kuyu Dağılımları | Örnek Sayısı | Havzadan Çıkarılan Kuyu Sayısı | Kuyu Sayısı | Olasılık Dağılımı |
|------------------|--------------|--------------------------------|-------------|-------------------|
| Kontrol_M_107 | 110 | 0 | 107 | LogLojistik |
| KKD_M_106 | 110 | 1 | 106 | LogLojistik |
| KKD_M_105 | 110 | 2 | 105 | LogLojistik |
| KKD_M_102 | 110 | 5 | 102 | LogLojistik |
| KKD_M_97 | 110 | 10 | 97 | LogLojistik |
| KKD_M_92 | 110 | 15 | 92 | LogLojistik |
| KKD_M_87 | 110 | 20 | 87 | LogLojistik |
| KKD_M_82 | 110 | 25 | 82 | LogLojistik |
| KKD_M_77 | 110 | 30 | 77 | LogLojistik |
| KKD_M_72 | 110 | 35 | 72 | LogLojistik |
| KKD_M_67 | 110 | 40 | 67 | LogLojistik |
| KKD_M_62 | 110 | 45 | 62 | LogLojistik |
| KKD_M_57 | 110 | 50 | 57 | LogLojistik |
| KKD_M_52 | 110 | 55 | 52 | LogLojistik |
| KKD_M_47 | 110 | 60 | 47 | LogLojistik |
| KKD_M_42 | 110 | 65 | 42 | LogLojistik |
| KKD_M_37 | 110 | 70 | 37 | LogLojistik |
| KKD_M_32 | 110 | 75 | 32 | LogLojistik |
| KKD_M_27 | 110 | 80 | 27 | LogLojistik |
| KKD_M_22 | 110 | 85 | 22 | LogLojistik |
| KKD_M_17 | 110 | 90 | 17 | LogLojistik |
| KKD_M_12 | 110 | 95 | 12 | Normal |
| KKD_M_7 | 110 | 100 | 7 | GenelBeta |
| KKD_M_1 | 110 | 106 | 1 | Tanımsız |

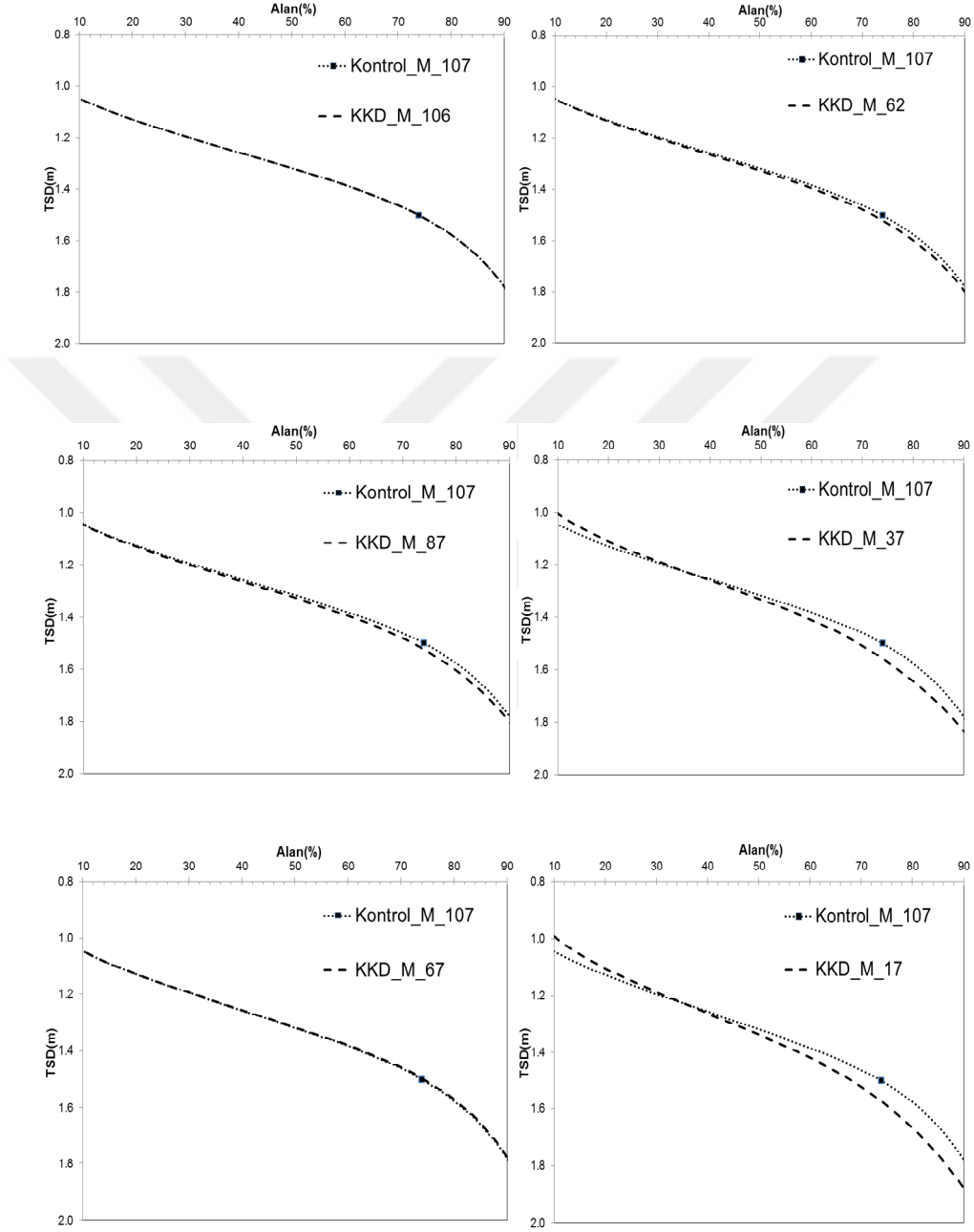
$C(107,95)$ ve $C(107,100)$ kombinasyonlarından elde edilen optimize edilen *KKD_12* ve *KKD_7* kuyu dağılımlarının temsil ettiği *KKD_M_12* ve *KKD_M_7*

havza matrisi setleri sırasıyla *Normal* ve *GenelBeta* olasılık dağılımları ile temsil edilmiştir. Bu *TSD* setleri örnek kümelerinin *Kontrol_M* havza matrisi *TSD* setlerinin farklı olduğu sonucuna varılmıştır. C(107,106) ise havzada sadece bir tek kuyu kalması ve tahminlerin sadece bu kuyunun *TSD* değeriyle yapılmasından dolayı bütün piksellere aynı değer atanmıştır. Güvenilir bir frekans analizinde rastgele en az 15 örnek olması tercih edildiğinden (WSDT, 2006) *KKD_M_1* analizden çıkarılmıştır. Frekans analizinden elde edilen bulgulara göre; optimize edilen *KKD*'lerin olasılık dağılımının değiştiği C(107,90) kombinasyonunun optimize edilen 17 elemanlı *KKD_17*'nin havzada bulunması gereken gözlem kuyularının alt sınırı olarak kabul edilebileceği sonucu çıkarılmıştır. Ancak, Çizelge 4.9'da görüldüğü gibi farklı kuyu sayılarına sahip *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrislerinin frekans analizleri havza sınırı içerisinde bulunan 110 adet örnek yapılmıştır. Bu örnekler kuyu sayılarının azaltılmasıyla her farklı *KKD*' için oluşan mevcut kuyu setleriyle yapılan kestirimler sonucu elde edilmiştir. Dolayısıyla 12 dönem ortalamalarını temsil eden farklı kuyu dağılımları ile elde edilen 110 adet örnek yapılan frekans analizinin varyansları azalttığı olasıdır. Kuyu sayısının azalmasına rağmen aynı örnek sayısı ile frekans analizinin yapılması, dağılımların birbirine benzemesine ve optimal alt sınırın 17 kuyuyla temsil edilmesine neden olduğu düşünülmektedir.

4.6. Taban Suyu Derinliği (*TSD*) Hipsometrik Eğrilerinin Grafiksiz Analiz

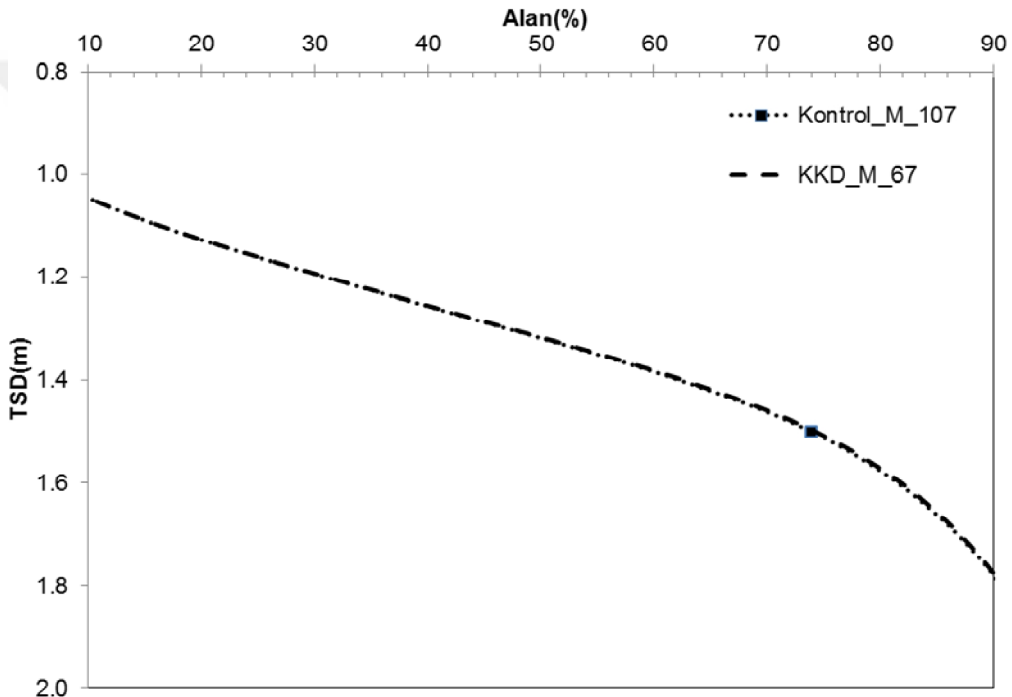
Sonuçları

Kontrol_M (*Kontrol_M_107*) havza matrisi ile optimal *KKD*'lerin *KKD_M* havza matrisleri değerlerinin hipsometrik eğrileri Ek Şekil 3-25'de gösterilmiştir. *TSD* hipsometrik eğrilerinin *Kontrol_M* havza matrisi hipsometrik eğrisinden kuyu sayısındaki azalmaya paralel homojen şekilde uzaklaşmaya başlaması *KKD_M_62* havza matrisi hipsometrik eğrisinden sonra olmuştur (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. *KKD_M* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrilerinin *Kontrol_M_107* havza matrisine göre değişimi

Burada belirlenen ve 62 olan kuyu sayısının Şekil 4.8a'da işaretlenen *GTOY* ile belirlenen optimal 37-67 kuyu aralığındaki bölge içerisine düşmesi dikkat çekicidir. Ancak, güvende kalabilmek için 67 elemanlı *KKD_67* kümesi hipsometrik analiz ile optimize edilen *KKD* olarak seçilmiştir. *KKD_67* kümesinin öz nitelik bilgileri ve *KKD_M_67* havza matrisine göre çizilen hipsometrik eğri sayıldığı sıraya göre Çizelge 4.7 ve Şekil 4.11'de (Ek Şekil 12) gösterilmiştir.



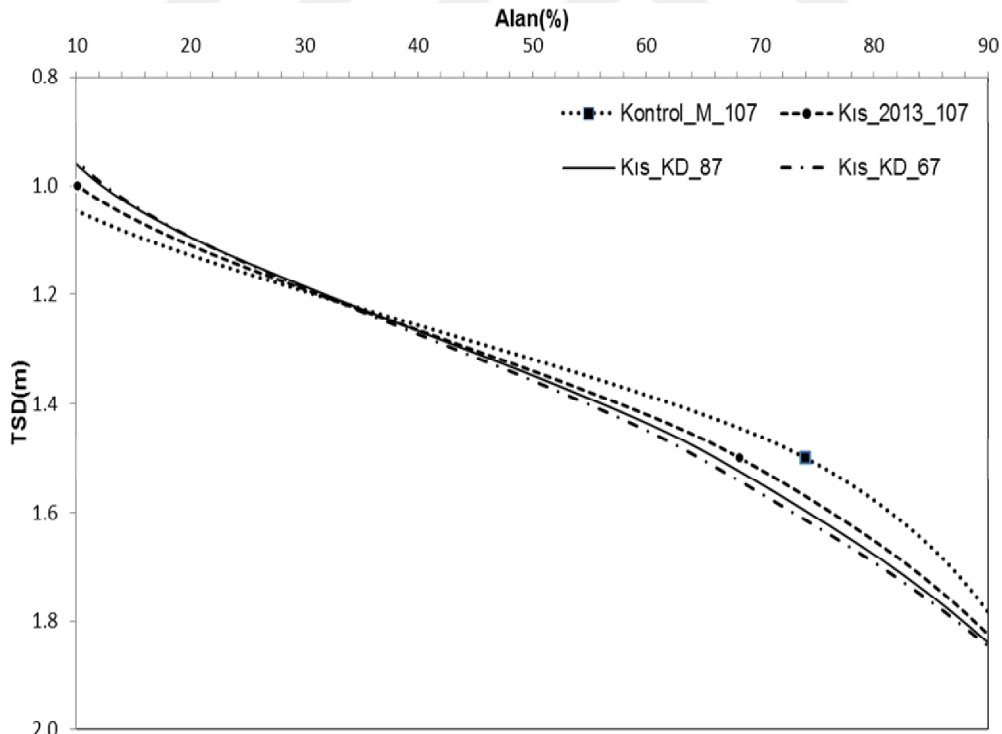
Şekil 4.11. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_67* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri

Sonuç olarak; *Kontrol_M* havza matrisi ile optimize edilen *KKD*'lerin *KKD_M* havza matrislerinin *TSD* hipsometrik eğrileri görsel olarak karşılaştırılmıştır. Optimal *KKD*'lerin alt sınırının tespitinde frekans analizine göre daha fazla kuyu sayısından oluşan *KKD* kümesinin optimize edildiği belirlenmiştir. *GTOY* ve istatistik test ölçütleri sonuçlarının hipsometrik analiz sonuçlarıyla örtüştüğü bulunmuştur. Bu sonuç, hipsometrik eğri yönteminin kuyu sayısının azaltılmasında karar vericilere önemli bilgiler sunduğuna işaret etmektedir. Bu

sonucun doğrulanması için derinlemesine analiz yapılmıştır. Bu amaçla, araştırma alanındaki kış ve yaz dönemi taban suyu gözlemleri dikkate alınarak bu dönemlerin hipsometrik eğrilerinin kıyaslanması yoluna gidilmiştir; elde edilen sonuçlar izleyen bölümlerde sunulmuştur.

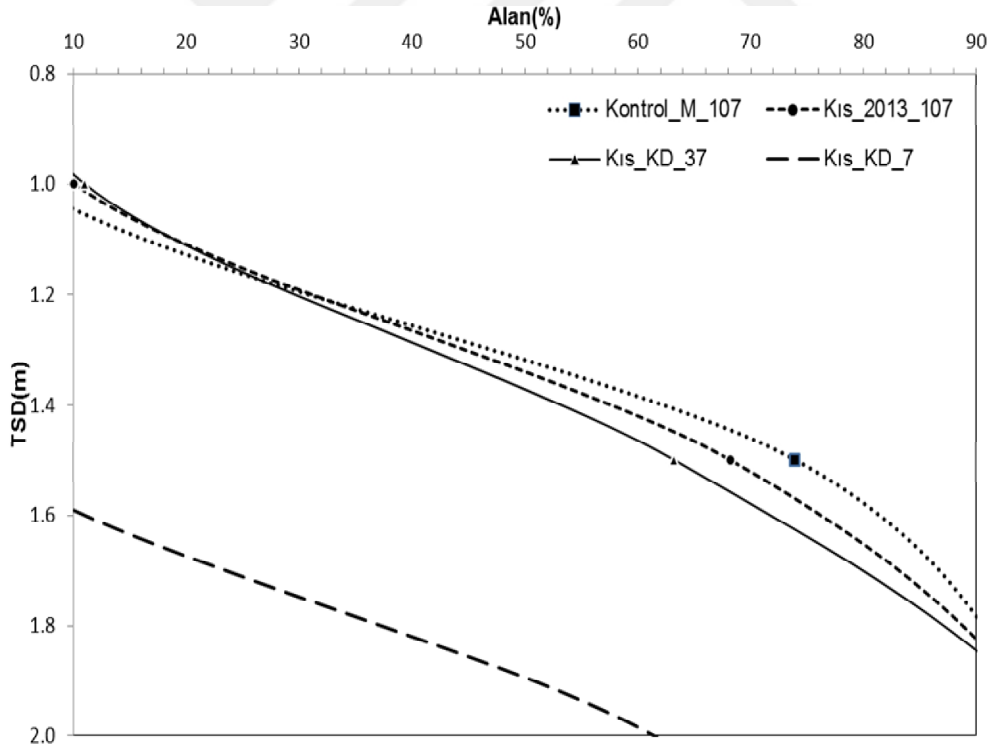
4.6.1. Kış Dönemi Taban Suyu Derinliği (TSD) Hipsometrik Eğrilerinin Grafikselsel Analiz Sonuçları

Optimizasyonun etkinliği bakımından *Kontrol_M* havza matrisinin kış dönemini temsil yeteneği incelenmiştir. Kış mevsimi kuyu dağılım (*KD*) kümesinin havza matrisleri hipsometrik eğrileri *Kontrol_M_107* havza matrisi hipsometrik eğrisi ile grafikselsel olarak Şekil 4.12(a) ve Şekil 4.12(b)'de görüldüğü üzere karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.12(a). *Kontrol_M* ve 2013 yılı kış mevsimi farklı kuyu dağılımları TSD değerlerinin hipsometrik eğrileri

Şekil 4.12(a) incelendiğinde, 3 yıl 12 dönem ortalamasını temsil eden *Kontrol_M_107* hipsometrik eğrisi taban suyu seviyeleri *Kış_2013_107* eğrisine benzer davranış göstermiştir. Oluşan farklılığın sebebinin ise *Kontrol_M_107* hipsometrik eğrisinin 12 dönem ortalamalarından elde edilmesi sonucu varyansları azaltmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. *Kış_KD_67* kuyu dağılımı hipsometrik eğrisi ise tüm havzada *Kış_KD_87* hipsometrik eğrisine benzer davranış sergilemiştir. *Kontrol_M_107* ve *Kış_2013_107* eğrisine göre kuyu sayılarındaki bu ölçütlerdeki azalmanın hipsometrik eğriler arasında aşırı farklılık oluşturmadığı anlaşılmıştır. *Kış_KD_87* ve *Kış_KD_67* kuyu dağılım kümelerinin optimizasyonun etkinliği bakımından *Kış_2013_107* hipsometrik eğrisini temsil ettiği bulunmuştur.

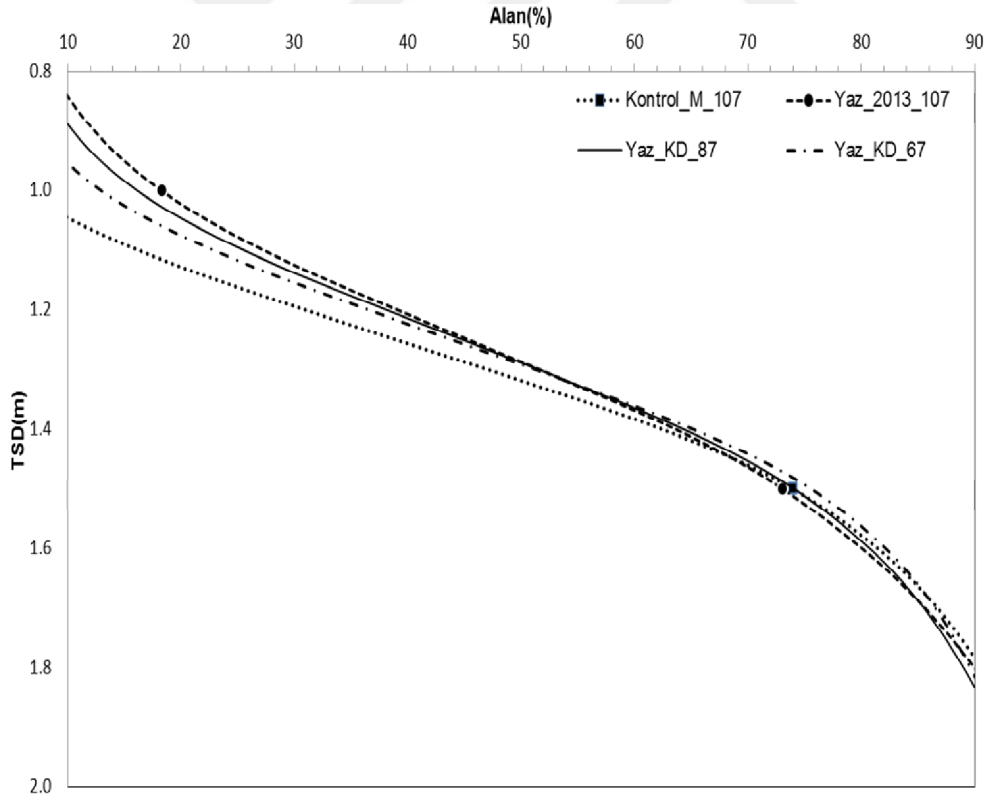


Şekil 4.12(b). (Devam)

Şekil 4.12(b) incelendiğinde; *Kış_KD_37* hipsometrik eğrisi *Kontrol_M_107* ve *Kış_2013_107* hipsometrik eğrilerinden çok fazla olmamakla birlikte farklı davranış göstermiştir. Kuyu sayısındaki azalmaya paralel olarak *Kış_KD_7* hipsometrik eğrisinin ise *Kontrol_M_107* ve *Kış_2013_107* eğrilerini temsil yeteneğini tamamen kaybettiği görülmüştür.

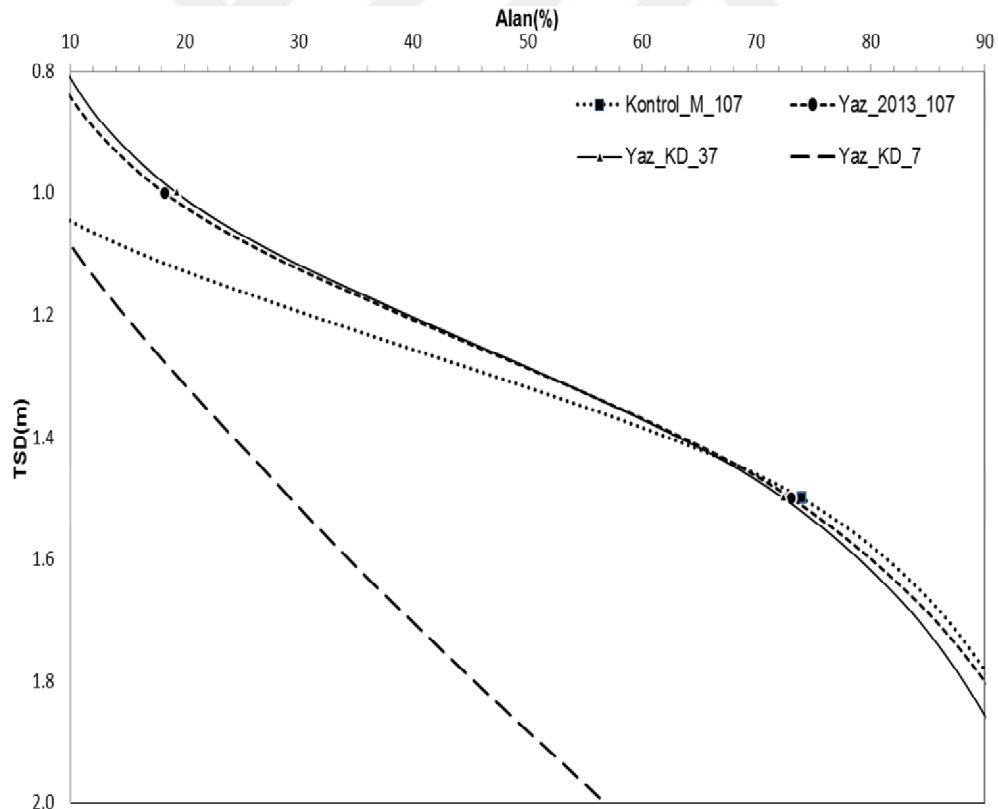
4.6.2. Yaz Dönemi Taban Suyu Derinliği (TSD) Hipsometrik Eğrilerinin Grafiksiz Analiz Sonuçları

Optimizasyonun etkinliği bakımından *Kontrol_M* havza matrisinin yaz dönemini temsil yeteneği incelenmiştir. Hipsometrik eğriler grafiksel olarak Şekil 4.13(a) ve Şekil 4.13(b)'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.13(a). *Kontrol_M* ve 2013 yılı yaz mevsimi farklı kuyu dağılımları TSD değerlerinin hipsometrik eğrileri

Şekil 4.13(a) incelendiğinde, sulama mevsimindeki *TS* seviyelerinin arttığı göze çarpmaktadır. *Kontrol_M_107* hipsometrik eğrisi *TS* yüksekliği, *Yaz_2013_107* hipsometrik eğrisinden aşırı olmamakla birlikte farklı davranış sergilemiştir. Sulama mevsimi olması nedeniyle insan faktörünün bu farklılaşmaya en büyük etken olduğu düşünülmüştür. *Kontrol_M_107* hipsometrik eğrisinin 12 dönem *TS* ortalamalarını temsil etmesi, sulama gibi ortalama bozacak dış tesirlerden daha çok etkilenmesine neden olmuştur. Ancak, *Yaz_KD_87* ve *Yaz_KD_67*'ye ait hipsometrik eğrilerin *Yaz_2013_107* hipsometrik eğrisine oldukça benzer oldukları görülmüştür. Bu durum optimizasyonun etkinliği açısından olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.13(b). (Devam)

Şekil 4.13(b) incelendiğinde, kuyu sayısındaki azalmaya rağmen *Yaz_KD_37* hipsometrik eğrisi *Yaz_2013_107* hipsometrik eğrisi ile benzer davranış göstermiştir. *Yaz_KD_7* hipsometrik eğrisi ise *Yaz_2013_107* hipsometrik eğrisine benzememiştir. Bu ölçütteki kuyu sayısındaki azalmanın *Yaz_2013_107* hipsometrik eğrisini temsil edemeyeceği anlaşılmıştır.

Elde edilen tüm bulgular; *Kontrol_M* havza matrisi hipsometrik eğrisinin, *Kış_2013_107* ve *Yaz_2013_107* hipsometrik eğrileriyle uyum gösterdiğine işaret etmektedir. *Kontrol_M* havza matrisi ile yaz ve kış dönemleri referans alınarak yapılan hipsometrik analizde ise optimize edilen *KKD_87*, *KKD_67* ve *KKD_37*'nin *KD_107*'yi temsil edebilecek kuyu dağılım kümeleri olabileceği anlaşılmıştır. Bu ölçütlerdeki kuyu sayısındaki azalma optimizasyonun etkinliği açısından olumlu bulunmuştur. Optimize edilen kuyu dağılım kümelerinin optimal alt sınırının belirlenmesi ise daha da önem kazanmıştır.

4.7. Konumsal İstatistik (Kİ) Analiz Sonuçları

TSD hipsometrik eğrileri yardımı ile optimal *KKD*'lerin alt sınırının Şekil 4.11'de gösterilen *KKD_M_67* havza matrisinin elde edildiği optimize edilen *KKD_67* olduğu saptanmıştır. Ancak, bu sonucun istatistiksel çözümlenmelerle örtüşüp örtüşmediğini belirleyebilmek için *Kİ*'den faydalanılmıştır (Menteşe ve Okuyucu, 2013).

Araştırmada kullanılan *Konumsal İstatistiklerden* elde edilen sonuçlar şu şekilde tanımlanarak analizler gerçekleştirilmiştir. *Konumsal Medyan Merkezi (MdC)* ve *Ağırlıklı Ortalama Merkez (MCw)* istatistikleri; *KKD* kuyu sayısına göre havza matrisi üzerinde konumlandığı piksellerin *TSD* değerlerini, *Ağırlıklı Elipsoit Standart Sapma (SDEw)*; elipsin saat yönünde kuzey ile yaptığı açığı ve *Ağırlıklı Standart Mesafe (SDw)*; ağırlıklı ortalama merkezden olan sapmayı ifade eden konumsal istatistiklerdir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Kontrol *M* ve *KKD M* havza matrisleri konumsal istatistikleri

| Kuyu Dağılımları | Örnek Sayısı | MdC* Konumu TSD (m) | MCw** Konumu TSD (m) | SDEw*** (Derece) | SDw**** (m) |
|------------------|--------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|----------------|
| Kontrol_M_107 | 107 | 1.23 | 1.23 | 86.61 | 4734.52 |
| KKD_M_106 | 106 | 1.23 | 1.23 | 86.70 | 4747.51 |
| KKD_M_105 | 105 | 1.23 | 1.23 | 88.31 | 4698.46 |
| KKD_M_102 | 102 | 1.23 | 1.23 | 87.50 | 4697.66 |
| KKD_M_97 | 97 | 1.24 | 1.24 | 88.68 | 4732.92 |
| KKD_M_92 | 92 | 1.24 | 1.24 | 88.32 | 4731.24 |
| KKD_M_87 | 87 | 1.24 | 1.24 | 88.21 | 4732.95 |
| KKD_M_82 | 82 | 1.24 | 1.24 | 88.20 | 4790.73 |
| KKD_M_77 | 77 | 1.24 | 1.24 | 85.82 | 4771.81 |
| KKD_M_72 | 72 | 1.24 | 1.24 | 85.69 | 4822.49 |
| KKD_M_67 | 67 | 1.24 | 1.24 | 85.39 | 4838.77 |
| KKD_M_62 | 62 | 1.23 | 1.23 | 85.55 | 4781.20 |
| KKD_M_57 | 57 | 1.32 | 1.32 | 85.06 | 4777.49 |
| KKD_M_52 | 52 | 1.29 | 1.24 | 85.13 | 4875.71 |
| KKD_M_47 | 47 | 1.29 | 1.29 | 83.96 | 4890.20 |
| KKD_M_42 | 42 | 1.32 | 1.32 | 87.90 | 4830.00 |
| KKD_M_37 | 37 | 1.23 | 1.23 | 84.69 | 4862.20 |
| KKD_M_32 | 32 | 1.21 | 1.21 | 92.96 | 4844.31 |
| KKD_M_27 | 27 | 0.98 | 0.98 | 96.66 | 5021.87 |
| KKD_M_22 | 22 | 0.96 | 0.96 | 87.62 | 4545.00 |
| KKD_M_17 | 17 | 0.96 | 0.96 | 86.21 | 4896.67 |
| KKD_M_12 | 12 | 1.27 | 1.27 | 72.40 | 4745.98 |
| KKD_M_7 | 7 | 2.20 | 2.19 | 59.16 | 4640.21 |
| KKD_M_1 | 1 | Tanımsız | Tanımsız | Tanımsız | Tanımsız |

*MdC: Konumsal Medyan Merkezi, **MCw: Ağırlıklı Ortalama Merkez, ***SDEw: Ağırlıklı Elipsoit Standart Sapma, ****SDw: Ağırlıklı Standart Mesafe

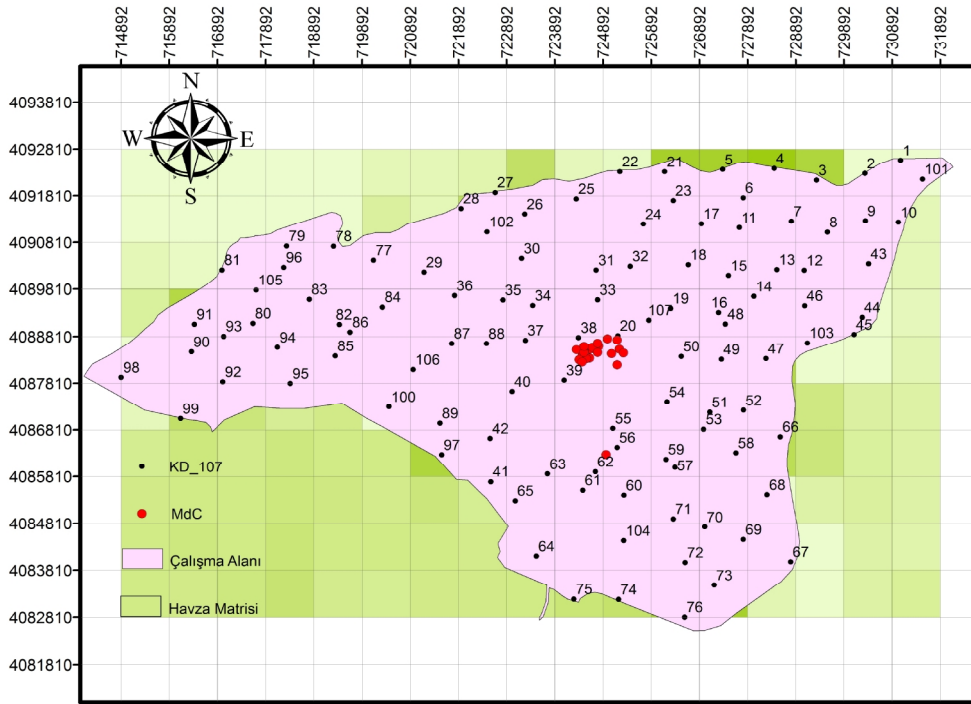
Frekans analizi ve hipsometrik eğrilerin değerlendirilmesinde *KKD_M* havza matrislerinin işleme alınan örnek sayısı 110 iken *Konumsal İstatistik (KI)* analizlerde örnek sayıları optimize edilen *KKD* kuyu sayısı kadar olmuştur. Örneğin; *KKD_67*'de; 67 adet kuyunun bulunduğu piksellerin *TSD* değerleri işleme alınan örnek sayılarını vermiştir (Çizelge 4.10). Diğer bir ifadeyle; *KI* analizler; optimize edilen her *KKD* için *KKD_M* havza matrisleri piksellerinde konumlanan optimize edilen *KKD* kuyuları ile gerçekleştirilmiştir. Bu optimize edilen *KKD* kuyularının bulunduğu pikselin temsil ettiği ağırlık (*TSD*) ve koordinat değerleri ile analizler yapılmıştır. Bunun nedeni; optimize edilen her kombinasyona

ait 110 elemanlı *KKD* havza matrisinin konumsal istatistik analizlerde konumsal farklılığı yansıtamamış olmasındandır. Aynı koordinat değerlerine sahip her farklı *KKD*'nin *KKD_M* havza matrisleri farklı *TSD* ile temsil edilse bile konumsal istatistikler analiz edildiğinde anlamlı bir fark oluşturmadığı görülmüştür. Bu nedenle *Kİ* analizler, optimize edilen her *KKD* için *KKD_M* havza matrisinde bulunan 110 elemanlı havza matrisi *TSD* ve koordinat değerleri ile yapılamamıştır. Optimize edilen *KKD*'leri temsil eden kuyuların *KKD_M* havza matrisinde konumlandığı pikselin *TSD* ve koordinat değerleri ile gerçekleştirilmiştir. Optimize edilen *KKD*'leri temsil eden kuyuların *KKD_M* havza matrisinde konumlandığı pikselin *TSD* ve koordinat değerleri ile yapılan *Kİ* analizler daha gerçekçi sonuçlar vermiştir. Örneğin; 110 elemanlı *Kontrol_M_107* ile 110 elemanlı *KKD_M_12* havza matrislerinin *SDEw* elipsinin büyük ekseninin kuzey ile yaptığı açılar sayıldığı sıraya göre 89.2° ve 89.7°'dir. Görüldüğü üzere; ağırlıkların konumsal olarak bir fark yaratmaması, 12 adet kuyunun verileri kullanarak yapılan bir haritanın 107 kuyu ile oluşturulan bir haritadan *SDEw* açısız değerinde fark oluşturmamıştır. Bunun nedeni; her iki havza matrisinde de 110 koordinat ve 110 *TSD* değeri ile *SDEw* açıları belirlenmiştir. Konumsal bir fark olmadan aynı koordinat değerleriyle sadece ağırlıkların etkisine bağlı analiz yapılması, *Kİ*'lerin anlamını yitirmesine neden olmuştur. Oysa, 110 pikselden oluşan *KKD_M_12* havza matrisinin optimize edilen *KKD_12* kuyularının bulunduğu piksellerdeki *TSD* ve koordinat değerleri seçilerek analiz yapıldığında elde edilen *SDEw* açısı Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi 72.40° 'dir. Bu istatistik 110 pikselin içerisinde *KKD_M_12* havza matrisini oluşturan *KKD_12*'nin 12 piksel *TSD* ve koordinat değeriyle yapılan *Kİ* analizi sonucudur. Optimize edilen *KKD_12*'nin oluşturduğu kuyuların bulunduğu piksellerdeki *TSD* ve koordinat değerleriyle yapılan *Kİ* analizin daha gerçekçi sonuçlar verdiği görülmüştür. *Kontrol_M_107* ve optimize edilen *KKD*'lerin *KKD_M* havza matrislerine ait *MdC*, *MCw*, *SDEw* ve *SDw* Konumsal İstatistiklerinin elde edildiği haritalar *ArcGIS* yardımıyla çizilerek Ek Şekil 26-48'de gösterilmiştir. Bu istatistiklerin kuyu sayılarındaki azalma ile

birlikte değişimleri ise Çizelge 4.10'da verilmiştir. Bu değişimlerin *Kontrol_M_107* havza matrisi $K\hat{P}$ 'lerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı geleneksel istatistik analiz bölümünde açıklanmıştır. $K\hat{P}$ 'lerin görsel değerlendirilmesi ise aşağıda alt başlıklar halinde verilmiştir.

4.7.1. Konumsal Medyan Merkezi (MdC) İstatistiği Sonuçları

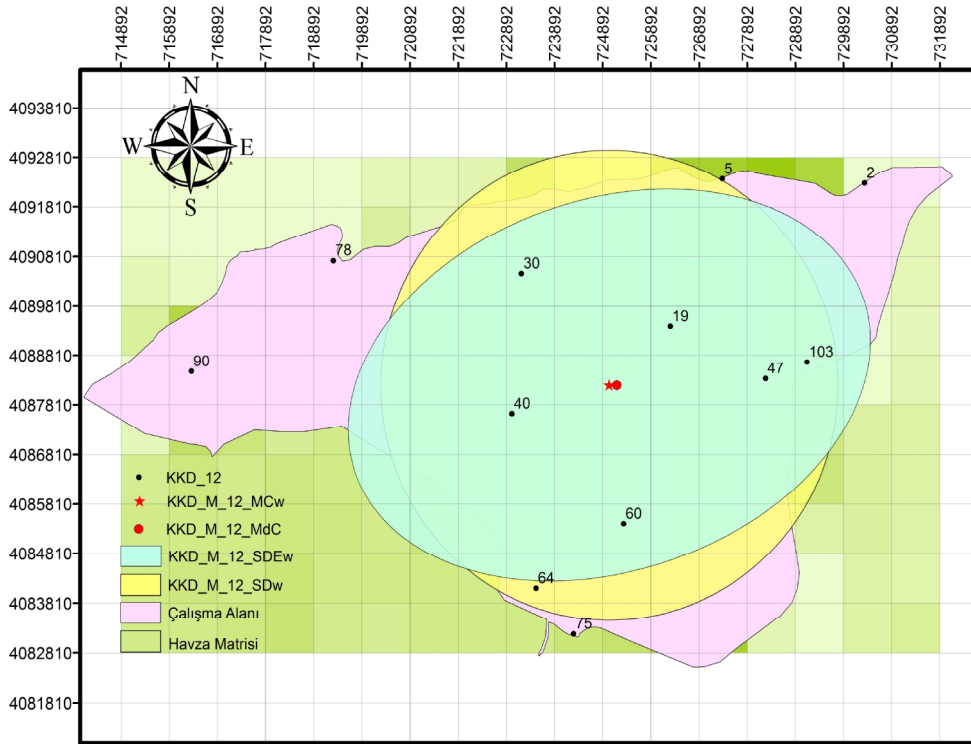
Kontrol_M ve *KKD_M* havza matrislerinin tüm noktaların örnek çiftleri arasındaki öklid mesafelerine göre noktalar arasındaki mesafelerin toplamını en aza indirgeyen MdC koordinatları hesaplanmıştır (Şekil 4.14).



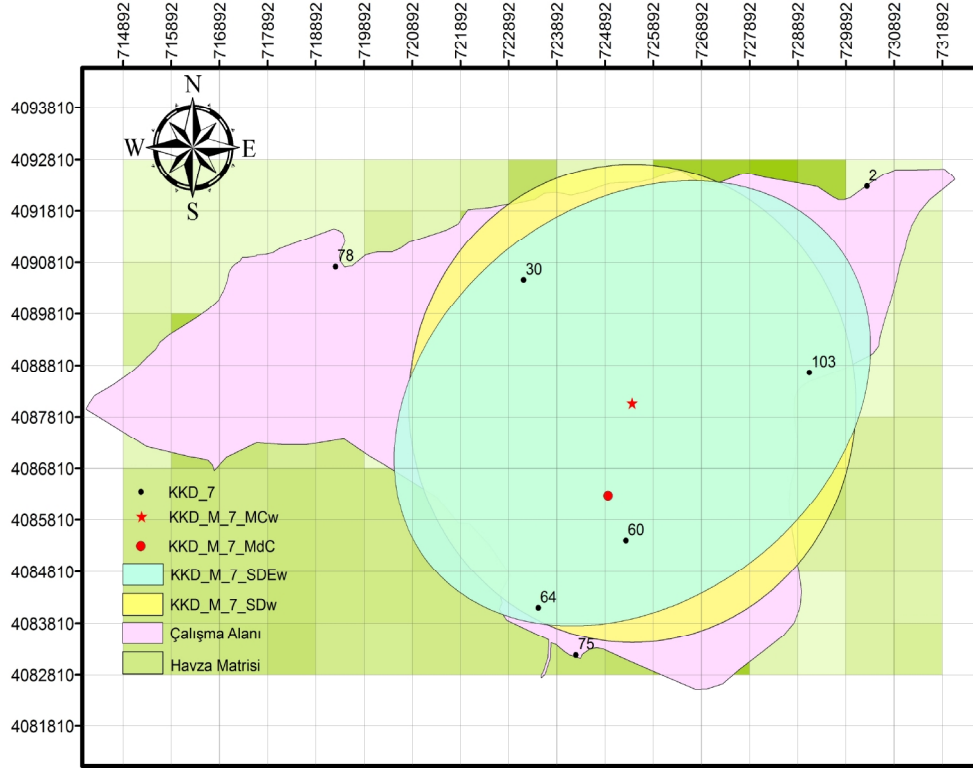
Şekil 4.14. *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrisleri MdC konumsal istatistikleri

Kontrol_M ve *KKD_M* havza matrisleri MdC konumları; Şekil 4.14'de en alt katman *Kontrol_M_107* havza matrisi MdC istatistiği olmak üzere *KKD_7* havza matrisine doğru aynı havza matrisi üzerinde gösterilmiştir. MdC istatistikleri *KKD_M_107* havza matrisinden *KKD_M_62* havza matrisi dahil (*KKD_106*,

KKD_105, KKD_102, KKD_97, KKD_92, KKD_87, KKD_82, KKD_77, KKD_72, KKD_67 ve KKD_62) aralığında herhangi bir sapma olmadan aynı piksel üzerinde konumlanmıştır (Ek Şekil 26-37). Bu istatistiklerin konumsal olarak farklı pikseller üzerinde dağılım göstermemesinin bu aralıkta *Kontrol_M_107* havza matrisi kuyu dağılımlarından anlamlı bir farkının olmadığını göstergesi olarak değerlendirilmiştir (Wong ve Lee, 2005). *KKD_M_62* matrisinden sonra ise *MdC* konumsal istatistiği kuyu dağılımlarında *Kontrol_M_107* havza matrisine göre sapmalar başlamış, homojenlik kaybolmuştur. En büyük sapmaların sayıldığı sıraya göre Şekil 4.15 (Ek Şekil 47) ve Şekil 4.16'de (Ek Şekil 48) görüldüğü gibi optimize edilen *KKD_12* ve *KKD_7* kuyu dağılımlarında olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.15. *KKD_M_12* havza matrisine ait Konumsal İstatistiklerin gösterimi

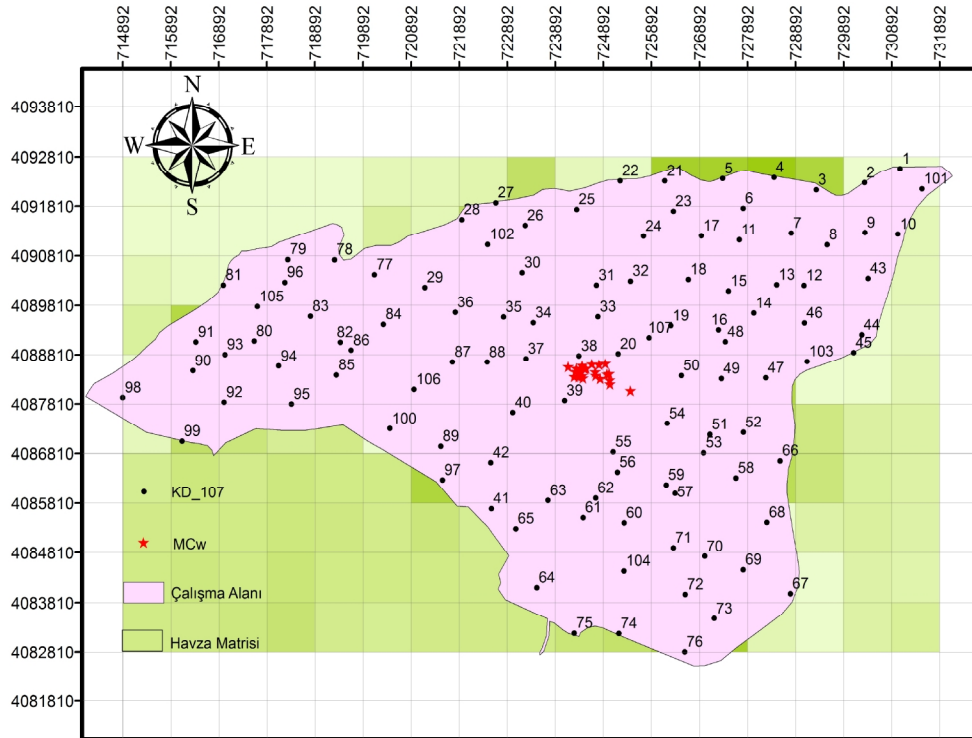


Şekil 4.16. KKD_M_7 havza matrisine ait Konumsal İstatistiklerin gösterimi

Görsel olarak yapılan bu değerlendirmelerde *MdC* konumsal istatistiğinin optimize edilen *KKD*'nin alt sınırının tespit edilmesinde faydalanılması gereken güçlü bir istatistik olduğuna karar verilmiştir. Elde edilen bulguların *GTOY*, *İstatistik Test Ölçütleri* ve *Hipsometrik Analiz* sonuçlarıyla uyum gösterdiği bulunmuştur. Optimize edilen *KKD_67*'nin havzada bulunması gereken gözlem kuyularının alt sınırını temsil edilebileceği sonucu çıkarılmıştır. Ancak, kuyu sayısındaki azalmanın optimize edilen *KKD* kümelerinde meydana gelen *MdC* istatistiklerinin değişimleri geleneksel istatistik yöntemlerle de analiz edilmiştir. Bu analizlerde, havzadaki mevcut 107 kuyudan oluşan *KD_107*'nin *MdC* koordinatının bulunduğu piksel *TSD* değerine göre gerçekleştirilmiştir. Görsel olarak yapılan bu değerlendirmenin geleneksel istatistik analizlerle örtüşüp örtüşmediği izleyen kısımlarda açıklanmıştır.

4.7.2. Ağırlıklı Ortalama Merkez (MC_w) İstatistiği Sonuçları

MC_w istatistiği; gözlem kuyularından elde edilen TSD değerlerinin (ağırlıklar) ve gözlem kuyularının havzadaki ortalama merkezidir. Bu nedenle, bu istatistiğin gösterdiği konumdaki pikselin TS değeri havzanın temsil değeri olarak alınabilir. Bu istatistik kullanılarak $Kontrol_M$ ve KKD_M havza matrisi koordinatları ve TSD değerleri tek bir nokta ile ifade edilebilmektedir (Goodwin, 2014). Yapılan haritalamalar sonucunda; MdC ve MC_w Konumsal İstatistikleri benzer sonuçlar vermiştir. TSD ağırlığının, MC_w istatistiği üzerinde anlamlı olmadığı bulunmuştur. Ancak, MC_w istatistiğinin MdC istatistiğine göre havza üzerinde daha homojen bir dağılım sergilediği görülmüştür (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. $Kontrol_M$ ve KKD_M havza matrisleri MC_w konumsal istatistikleri

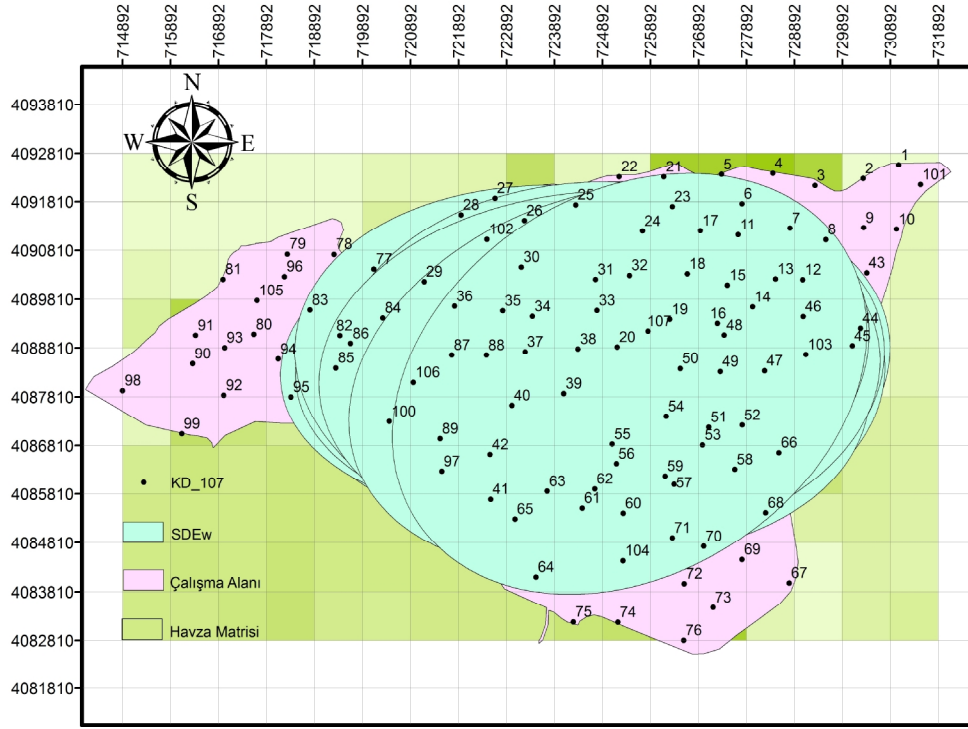
KKD_M_107 havza matrisinden *KKD_M_62* havza matrisi dahil *MdC* ve *MCw Konumsal İstatistikleri* aynı piksel üzerinde konumlanmıştır (Ek Şekil 26-37). Bu nedenle *KD_107-KKD_62* aralığında *Kontrol_M_107* havza matrisi kuyu dağılımı ve *TS* derinliklerinin farklı olmadığı bulunmuştur. *KKD_M_62* matrisinden sonra ise aynı *MdC* istatistiğinde olduğu gibi, *MCw Konumsal İstatistiklerinde* sapmalar başlamıştır (Ek Şekil 38-48). En büyük sapmalar Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'de gösterilen optimize edilen *KKD_12* ve *KKD_7* kuyu dağılımlarında olmuştur. *MCw* istatistiği ile *MdC* istatistiği sonuçlarının birbiri ile örtüştüğü görülmüştür.

4.7.3. Ağırlıklı Elipsoit Standart Sapma (*SDEw*) İstatistiği Sonuçları

Ağırlıklı Elipsoit Standart Sapma (*SDEw*) istatistiği; kuyu dağılımı yoğunluğunun elipsin hangi eksenine yönelim gösterdiği hakkında önemli bilgiler verir. Optimize edilen *KKD*'lerin çalışma alanındaki *TSD* ve koordinat değerlerine göre kuyu dağılımının ağırlıklı ortalama merkez etrafında elipsin hangi eksenine yayılım gösterdiği bütün *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrisleri için belirlenmiştir (Ek Şekil 26-48). Böylece, optimize edilen *KKD*'lerin kuyu sayılarındaki değişimin mevcut 107 kuyudan oluşan kuyu dağılım kümesine göre (*KD_107*) havza üzerinde ağırlıklı ortalama merkez etrafında elipsin hangi eksenine yayılım gösterdiği tespit edilebilmiştir (Şekil 4.18).

Şekil 4.18, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16 birlikte incelendiğinde; *KKD_12* ve *KKD_7* hariç diğer bütün *KKD_M* havza matrisleri *SDEw* elipsinin büyük ekseninin kuyu yoğunluğunun fazla olduğu doğu-batı istikametinde konumlandığı ve havza şekline uyduğu görülmüştür (Ayhan ve Çubukcu, 2010). Optimize edilen *KKD*'lerin havza ağırlık merkezi ve sınırları ifade edecek şekilde konumlanmasının optimize edilen *KKD* kümelerinin *SDEw* elipslerinin birbirine benzemesine neden olmuştur. Bu nedenle, *SDEw* istatistiğinin *KKD*'nin optimal alt sınırını belirlemede etkin çözümlene yapamadığı görülmüştür. Ancak, bu istatistik yardımıyla optimize

edilen *KKD*'lerin havzadaki dağılımının havza şekline benzeyip benzemediğinin tanımlanabileceği anlaşılmıştır.

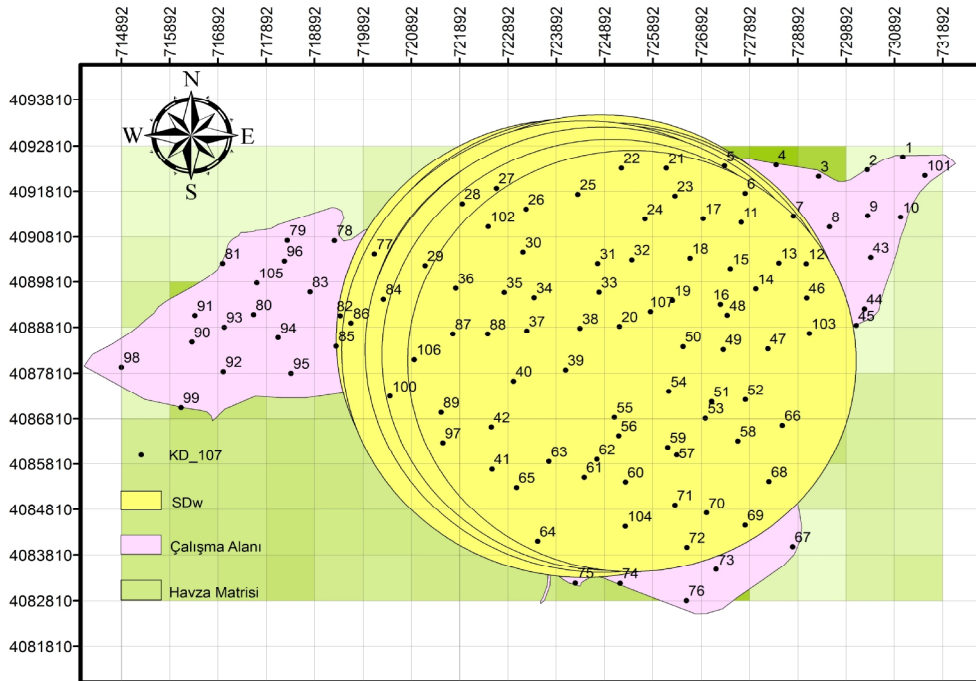


Şekil 4.18. *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrisleri *SDEw* konumsal istatistikleri

4.7.4. Ağırlıklı Standart Mesafe (SD_w) İstatistiği Sonuçları

Ağırlıklı Standart Mesafe (SD_w); ağırlıklı ortalama merkez koordinatlarını merkez kabul eden, yarıçapı ağırlıklı standart sapma mesafesi olan bir daire alanı ile gösterilir. Optimize edilen *KKD*'lerin kuyu sayılarındaki değişimin mevcut 107 kuyudan oluşan kuyu dağılım kümesine göre (*KD_107*) havza üzerinde nasıl dağılım gösterdiği standart mesafe daireleri ile belirlenebilir. Kuyu sayısındaki meydana gelen değişimin havza şeklini tanımlayıp tanımlayamadığı saptanabilir. *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrislerinin SD_w istatistiğinin standart mesafe daireleri Şekil 4.19' da verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere SD_w istatistiğinin ağırlıklı ortalama merkezden sapmalarının aynı bölgede yoğunlaştığı anlaşılmaktadır (Ek Şekil 26-48). *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrisleri SD_w

'leri *KKD*'lerin kuyu sayısındaki azalmasına paralel *SDE_w* istatistiğine benzer şekilde doğu yönünde, havzanın en geniş ve kuyu sayısının fazla olduğu kesimine yönelmiştir. Özellikle doğu istikametinde en büyük yönelim; optimize edilen *KKD_12* (Şekil 4.15) ve *KKD_7* (Şekil 4.16)'de oluşmasına rağmen, *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrislerinin *SD_w* istatistiklerinin görsel olarak anlamlı bir fark oluşturmadığı anlaşılmıştır. *KKD_M* havza matrisleri *KKD*'lerinin kuyu sayısının azalmasına rağmen havza ağırlık merkezini ve sınırları ifade edecek şekilde homojen yayıldığı görülmüştür (Yakar, 2011). *SD_w* istatistiğinin *KKD*'nin optimal alt sınırını belirlemede *SDE_w* istatistiğinde olduğu gibi etkin çözümleme yapamamıştır. Ancak, optimize edilen *KKD*'lerin havzadaki dağılımının havza şekline benzeyip benzemediği tanımlanabilmiştir. Bu istatistik yardımıyla, optimize edilen *KKD*'lerin havza üzerindeki kuyu dağılımının *KD_107*'ye göre havza üzerindeki yayılımı kıyaslanarak optimizasyonun etkinliğinin saptanabileceği sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.19. *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrisleri *SD_w* konumsal istatistikleri

4.8. Geleneksel İstatistik Analiz Sonuçları

4.8.1. Konumsal İstatistiklerin Geleneksel İstatistik Analizi Sonuçları

Optimize edilen *KKD_M*'lerin havza matrisi piksellerindeki *TSD* değerlerinin ve konumlarının, *Kontrol_M_107* havza matrisi piksellerindeki *TS* derinlikleri ve konumlarını temsil edip edemeyeceği geleneksel istatistik analizler sonucunda anlamlı bir şekilde açıklanabilmektedir.

4.8.1.1. Tanımlayıcı İstatistik Analizi Sonuçları

Çizelge 4.10'da verilen kuyu dağılımları havza matrisleri konumsal istatistiklerinin tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 4.11'de sunulmuştur.

Çizelge 4.11. *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrisleri konumsal istatistiklerinin (*Kİ*) tanımlayıcı istatistikleri

| Kİ | Örnek Sayısı | Ortalama | Medyan | Mod | Standart Sapma | Varyans | Değişim Katsayısı | Çarpıklık | Min | Max |
|------|--------------|----------|--------|--------|----------------|---------|-------------------|-----------|--------|--------|
| MdC | 23 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 0.2 | 0.1 | 18.3 | 3.2 | 1.0 | 2.2 |
| MCw | 23 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 0.2 | 0.1 | 18.2 | 3.2 | 1.0 | 2.2 |
| SDEw | 23 | 85.5 | 86.6 | 59.2 | 7.1 | 50.3 | 8.3 | -2.6 | 59.2 | 96.7 |
| SDw | 23 | 4783.0 | 4777.5 | 4545.0 | 98.0 | 9606.0 | 2.0 | 0.0 | 4545.0 | 5021.9 |

Çizelge 4.11 incelendiğinde; *MdC* ve *MCw* istatistiklerinin tamamının birbirine çok yakın olduğu görülecektir. Optimize edilen *KKD*'lerin gözlem ağı dağılımının havza morfolojisini koruduğu görülmüştür. Bu durum, yöntemin havza ana şeklini bozmadan optimizasyon yaptığının göstergesidir. Çünkü bu iki istatistiğin matematiği incelendiğinde ağırlık merkezinin esas alındığı görülecektir. Her iki istatistiğin değişim katsayısının %18'lerde olması ise optimize edilen *KKD*'lerde kuyu sayısının azalmasıyla bu iki istatistiğin ortalama etrafından uzaklaştığını göstermiştir. Diğer bir ifadeyle; kuyu sayısındaki azalmayla *MdC* ve

MC_w istatistiklerinin konumlandığı piksellerdeki TS derinliklerinin değişimi yansıtılmıştır.

SDE_w istatistiği değişim katsayısı %8 dir. Bu istatistiğin elipsinin kuzeyle büyük eksen arasındaki açının ortalamadan fazla uzaklaşmadığını, kuyu sayısındaki azalmadan daha az etkilenen bir istatistik olduğunu göstermiştir. Bu durum, optimize edilen KKD 'lerin alt sınırını belirlemede SDE_w istatistiğinin uygun olmayacağı anlamına gelmektedir. Çünkü; kuyu sayısındaki azalmayla birlikte bilgi kaybı da artmaktadır. Yöntem açısından olumlu durum ise KKD 'lerdeki kuyu sayısının azalmasına rağmen kuyuların dağılımının havza morfolojisine uygun biçimde homojen bir dağılım göstererek optimize edilmiş olduğunu belirtmektedir. Bu istatistik, optimize edilen kuyu dağılımlarının KD_{107} kuyu dağılım kümesine benzer olacak şekilde konumlandığına işaret etmektedir.

SD_w konumsal istatistiği değişim katsayısı %2 bulunmuştur. Bu istatistiğin kuyu sayısındaki azalmaya bağlı ağırlıklı ortalama merkezden uzaklaşma oranında çok az bir sapma olduğunu göstermiştir. Kuyu sayısındaki azalmaya rağmen standart mesafe dairelerinin çapları büyük oranda değişim göstermemiştir. Sapmalar, aynı bölgede yoğunlaşmıştır. SDE_w istatistiğinde olduğu gibi, bu istatistik kuyu sayısındaki azalmaya paralel bilgi kaybını yeterince açıklayamamıştır. Ancak, KKD 'lerdeki kuyu sayısının azalmasına rağmen bu istatistiğin de fazla değişmemesi; kuyuların havza morfolojisine uygun, homojen bir dağılım göstererek optimize edildiği anlaşılmıştır.

4.8.1.2. Medyan ve Ortalamaların Karşılaştırılmasından Elde Edilen Sonuçlar

Araştırmada, 23 farklı kombinasyon kuyu dağılımına göre optimizasyon yapılmıştır. Dolayısıyla optimize edilen her KKD için kuyu sayısına bağlı bilgi kayıpları oluşmuştur. Mevcut 107 kuyu seti ile gözlem yapılması, en ideal yaklaşım olmasına karşın 23 adet KKD arasında KD_{107} 'ye benzeyen KKD optimal alt sınırı veren KKD sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Uygulamada bu

konu sıkça irdelenmekte ve çözüm aranmaktadır. Optimize edilen 23 adet *KKD*'nin optimal alt sınırını bulmak için her farklı *KKD_M* havza matrisi ve *Kontrol_M_107* havza matrisinin *Konumsal İstatistiklerinin* her birinin 23 adet örnek kümesini temsil edip edemeyeceği belirlenmiştir. Analizlerde hangi test yönteminin kullanılması gerektiğini belirlemek için Çizelge 4.10'da verilen *Konumsal İstatistiklerin* hangi dağılımlardan geldiğinin bilinmesi gerekir (Çimen, 2016). Bu amaçla bir çalışma yapılarak elde edilen sonuçlar Çizelge 4.12'de sunulmuştur. *MdC*, *MCw* ve *SDEw* istatistiklerinin $\alpha=0.05$ önem düzeyinde *Z* olasılıklarının 0.05'den küçük olduğu belirlenmiş olup, bu sonuca göre istatistiklerin %95 olasılıkla normal dağılıma uymadığı anlaşılmıştır. *SDw* istatistiğinin ise örnek kümesinin *Z* olasılıkları 0.05'den büyük olduğu için %95 olasılıkla normal dağılıma uyduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.12. *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrisleri konumsal istatistiklerinin normallik testi

| Konumsal İstatistikler | MdC | MCw | SDEw | SDw |
|----------------------------------|------|------|------|------|
| Örnek Sayısı | 23 | 23 | 23 | 23 |
| Kolmogorov-Smirnov Z İstatistiği | 1.65 | 1.63 | 1.57 | 0.60 |
| Z Olasılığı | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.87 |

Optimize edilen *KKD*'ler arasında *KKD_107*'ye benzeyen optimal alt sınırı veren *KKD*'yi bulabilmek için *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrisleri *Konumsal İstatistiklerin* örnek kümeleri medyan ve ortalama değerleri parametrik ve parametrik olmayan istatistiksel yöntemlerle $\alpha=0.05$ önem düzeyinde incelenmiştir. Normal dağılıma uyan *SDw* istatistiği parametrik **Tek Örneklem T Testi (TÖTT)** ile *MdC*, *MCw* ve *SDEw* konumsal istatistikleri ise normal dağılıma uymadığı için parametrik olmayan **Wilcoxon İşaret Sıra Testi (WİST)** ile analiz edilmiştir (Çimen, 2016). Elde edilen analiz sonuçları Çizelge 4.13'de sunulmuştur.

Çizelge 4.13. *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrisleri konumsal istatistikleri *WİST* ve *TÖTT* sonuçları

| SN | İstatistik Testler | *WİST Olasılığı | | | **TÖTT Olasılığı |
|----|--------------------|--------------------|--------------|--------------|---------------------|
| | | MdC | MCw | SDEw | SDw |
| | Kuyu Dağılımları | | | | |
| 1 | Kontrol_M_107 | 0.262 | 0.281 | 0.910 | 0.027 |
| 2 | KKD_M_106 | 0.262 | 0.281 | 0.808 | 0.096 |
| 3 | KKD_M_105 | 0.262 | 0.281 | 0.007 | 0.000 |
| 4 | KKD_M_102 | 0.262 | 0.281 | 0.072 | 0.000 |
| 5 | KKD_M_97 | 0.896 | 0.668 | 0.004 | 0.023 |
| 6 | KKD_M_92 | 0.896 | 0.668 | 0.007 | 0.019 |
| 7 | KKD_M_87 | 0.896 | 0.668 | 0.012 | 0.023 |
| 8 | KKD_M_82 | 0.896 | 0.668 | 0.013 | 0.710 |
| 9 | KKD_M_77 | 0.896 | 0.668 | 0.149 | 0.588 |
| 10 | KKD_M_72 | 0.896 | 0.668 | 0.108 | 0.067 |
| 11 | KKD_M_67 | 0.896 | 0.668 | 0.046 | 0.012 |
| 12 | KKD_M_62 | 0.262 | 0.281 | 0.072 | 0.929 |
| 13 | KKD_M_57 | 0.001 | 0.001 | 0.017 | 0.789 |
| 14 | KKD_M_52 | 0.002 | 0.668 | 0.022 | 0.000 |
| 15 | KKD_M_47 | 0.002 | 0.001 | 0.006 | 0.000 |
| 16 | KKD_M_42 | 0.001 | 0.001 | 0.036 | 0.031 |
| 17 | KKD_M_37 | 0.262 | 0.281 | 0.010 | 0.001 |
| 18 | KKD_M_32 | 0.030 | 0.030 | 0.000 | 0.007 |
| 19 | KKD_M_27 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 20 | KKD_M_22 | 0.000 | 0.000 | 0.058 | 0.000 |
| 21 | KKD_M_17 | 0.000 | 0.000 | 0.426 | 0.000 |
| 22 | KKD_M_12 | 0.025 | 0.021 | 0.000 | 0.083 |
| 23 | KKD_M_7 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

*WİST: Wilcoxon İşaret Sıra Testi, ** TÖTT: Tek Örneklem T Testi, *MdC: Konumsal Medyan Merkezi, **MCw: Ağırlıklı Ortalama Merkez, ***SDEw: Ağırlıklı Elipsoit Standart Sapma, ****SDw: Ağırlıklı Standart Mesafe

Yapılan konumsal ve geleneksel istatistik analiz sonuçlarına göre; *MdC* ve *MCw* istatistikleri medyan değerlerinin %95 olasılıkla *Kontrol_M_107-KKD_M_62* aralığında havza matrisi örnek kümesi medyan değerini temsil ettiği görülmüştür. Kuyuların azaltılmasına rağmen kuyu dağılımlarının ağırlık merkezlerinin korunduğu bulunmuştur. Elde edilen bulgular, görsel yapılan konumsal istatistik sonuçları ile örtüşmüştür. *KKD_M_62* havza matrisinden sonraki *KKD_M* konumsal istatistikleri medyan değerlerinin örnek kümeyi temsil edebilme bakımından açıklayıcı bulunmamıştır. *SDEw* ve *SDw* konumsal

4.8.2. *Kontrol_M* ve *KKD_M* Havza Matrisleri Geleneksel İstatistik Analizi Sonuçları

Geleneksel istatistik analizler; *Kontrol_M_107* ve *KKD_M* havza matrisleri *TSD* verileri ile gerçekleştirilmiştir. Optimize edilen *KKD*'lerin 12 dönem ortalamasını temsil eden *KKD_M* havza matrisleri *TSD* değerleri ile yine 12 dönem ortalamasını temsil eden *Kontrol_M_107* havza matrisi *TSD* değerlerinin istatistiksel olarak farklı olup olmadığı belirlenmiştir.

Optimize edilen 23 *KKD* arasında *KD_107*'ye benzeyen optimal alt sınırı veren *KKD*'yi bulabilmek için *KKD_M* havza matrisleri *TSD* değerlerinin *Kontrol_M* havza matrisi örnek kümesinden gelip gelmediği parametrik ve parametrik olmayan istatistiksel yöntemler birlikte kullanılarak çözümlenmiştir. Bu iki farklı istatistiksel yöntemin kullanılmasının nedeni; her biri 110 örnekten oluşan *Kontrol_M* ve optimize edilen 23 adet *KKD_M* havza matrisi verilerinin Çizelge 4.9 'da görüldüğü gibi *KKD_M_12* dışında normal dağılıma uymaması ve Çizelge 4.14'de gösterilen $\alpha=0.05$ önem düzeyinde *Levene Testi* (Kayri, 2009) sonucunda 24 adet grubun 2640 örneğinin varyanslarının homojen olmamasından kaynaklanmıştır. Ancak, merkezi limit teoremine göre veri sayısının artmasıyla dağılımın normal dağılıma yaklaşacağı varsayımı ve her *KKD_M*' in 110 adet örnek sayısına sahip olması analizlerde parametrik testlerin de kullanılabilmesine işaret etmiştir. Örnek kümelerinin parametrik test varsayımlarının tamamını karşılayamamış olmasından analizlerin doğruluğu açısından istatistik analizler parametrik ve parametrik olmayan yöntemlerle sürdürülmüştür.

Çizelge 4.14. *Kontrol_M* ve optimize edilen 23 adet *KKD_M* havza matrisi verilerinin varyansların homojenliği analizi

| Örnek Sayısı | Serbestlik Derecesi | Serbestlik Derecesi | Levene İstatistiği | Levene Olasılığı |
|--------------|---------------------|---------------------|--------------------|------------------|
| 24 | 23 | 2616 | 8.64 | 0.00 |

4.8.2.1. Tanımlayıcı İstatistik Analizi Sonuçları

İstatistiksel analizlerin ilk aşamasında *Kontrol_M_107* ve *KKD_M* havza matrislerinin tanımlayıcı istatistikleri belirlenmiş ve Çizelge 4.15’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.15. *Kontrol_M_107* ve optimize edilen 23 adet *KKD*’nin *KKD_M* havza matrisleri *TSD (m)* değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri

| Kuyu Dağılımları | Örnek Sayısı | Ortalama | Medyan | Mod | Standart Sapma | Varyans | Değişim Katsayısı | Çarpıklık | Minimum | Maksimum |
|-----------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Kontrol_M_107</i> | 110 | 1.40 | 1.41 | 0.43 | 0.27 | 0.07 | 19.06 | 0.25 | 0.43 | 2.24 |
| <i>KKD_M_106</i> | 110 | 1.40 | 1.41 | 0.43 | 0.27 | 0.07 | 19.07 | 0.25 | 0.43 | 2.24 |
| <i>KKD_M_105</i> | 110 | 1.40 | 1.41 | 0.43 | 0.27 | 0.07 | 19.14 | 0.26 | 0.43 | 2.25 |
| <i>KKD_M_102</i> | 110 | 1.40 | 1.41 | 0.43 | 0.27 | 0.07 | 19.15 | 0.26 | 0.43 | 2.25 |
| <i>KKD_M_97</i> | 110 | 1.40 | 1.41 | 0.43 | 0.27 | 0.07 | 19.25 | 0.25 | 0.43 | 2.25 |
| <i>KKD_M_92</i> | 110 | 1.40 | 1.42 | 0.43 | 0.27 | 0.07 | 19.26 | 0.23 | 0.43 | 2.25 |
| <i>KKD_M_87</i> | 110 | 1.40 | 1.42 | 0.43 | 0.27 | 0.07 | 19.38 | 0.23 | 0.43 | 2.25 |
| <i>KKD_M_82</i> | 110 | 1.40 | 1.41 | 0.43 | 0.28 | 0.08 | 19.65 | 0.22 | 0.43 | 2.25 |
| <i>KKD_M_77</i> | 110 | 1.40 | 1.40 | 0.43 | 0.28 | 0.08 | 19.92 | 0.23 | 0.43 | 2.25 |
| <i>KKD_M_72</i> | 110 | 1.40 | 1.41 | 0.43 | 0.28 | 0.08 | 20.22 | 0.26 | 0.43 | 2.25 |
| <i>KKD_M_67</i> | 110 | 1.40 | 1.39 | 0.43 | 0.28 | 0.08 | 20.38 | 0.34 | 0.43 | 2.25 |
| <i>KKD_M_62</i> | 110 | 1.39 | 1.38 | 0.43 | 0.29 | 0.08 | 20.75 | 0.34 | 0.43 | 2.25 |
| <i>KKD_M_57</i> | 110 | 1.40 | 1.38 | 0.43 | 0.29 | 0.09 | 20.96 | 0.32 | 0.43 | 2.25 |
| <i>KKD_M_52</i> | 110 | 1.41 | 1.39 | 0.42 | 0.30 | 0.09 | 21.53 | 0.31 | 0.42 | 2.27 |
| <i>KKD_M_47</i> | 110 | 1.40 | 1.38 | 0.42 | 0.31 | 0.10 | 22.47 | 0.27 | 0.42 | 2.28 |
| <i>KKD_M_42</i> | 110 | 1.40 | 1.39 | 0.42 | 0.32 | 0.10 | 22.53 | 0.27 | 0.42 | 2.31 |
| <i>KKD_M_37</i> | 110 | 1.39 | 1.38 | 0.42 | 0.32 | 0.10 | 23.01 | 0.31 | 0.42 | 2.31 |
| <i>KKD_M_32</i> | 110 | 1.36 | 1.33 | 0.42 | 0.32 | 0.10 | 23.47 | 0.52 | 0.42 | 2.31 |
| <i>KKD_M_27</i> | 110 | 1.37 | 1.33 | 0.42 | 0.33 | 0.11 | 24.20 | 0.45 | 0.42 | 2.31 |
| <i>KKD_M_22</i> | 110 | 1.34 | 1.27 | 0.42 | 0.33 | 0.11 | 24.77 | 0.73 | 0.42 | 2.31 |
| <i>KKD_M_17</i> | 110 | 1.39 | 1.32 | 0.42 | 0.35 | 0.12 | 25.27 | 0.52 | 0.42 | 2.38 |
| <i>KKD_M_12</i> | 110 | 1.51 | 1.54 | 0.41 | 0.36 | 0.13 | 24.19 | -0.03 | 0.41 | 2.42 |
| <i>KKD_M_7</i> | 110 | 2.09 | 2.15 | 1.05 | 0.24 | 0.06 | 11.34 | -1.11 | 1.05 | 2.45 |
| <i>KKD_M_1</i> | 110 | 2.46 | 2.46 | 2.46 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 2.46 | 2.46 |

Çizelge 4.15 incelendiğinde; havzadaki kuyu sayısı azaldıkça *Kontrol_M_107* havza matrisi tanımlayıcı istatistiklerinden uzaklaştığı görülmektedir. *Kontrol_M_107* havza matrisi *TSD* değerlerinden en büyük sapmaların *KKD_M_17* havza matrisi *TSD* değerleri tanımlayıcı istatistikleriyle başladığı görülmüştür. Bu görsel farklılaşmanın istatistiksel olarak anlamlı olup olmayacağını belirlemek için; parametrik *Tek Örneklem T Testi* ve *Wilcoxon İşaret Sıra Testi* ile *KKD_M* havza matrisleri ortalama ve medyanlarının *Kontrol_M* havza matrisi ortalama ve medyanından farklı olup olmadığı incelenmiştir. *KKD_M* havza matrislerinin ortalamalarının birbirinden farklı olup olmadığı parametrik *Varyans Analizi* ve parametrik olmayan *Kruskal-Wallis H* testleriyle değerlendirilmiştir. *KKD_M* havza matrislerinin birbirinden farklı olup olmadığı ise parametrik testlerde grupların çoklu karşılaştırmalarda kullanılan *Post Hoc* testi ile analiz edilmiştir. Parametrik olmayan testlerde çoklu karşılaştırmalarda ise *Kontrol_M* havza matrisinden diğer *KKD_M* havza matrislerinin farklı olup olmadığı *Mann-Whitney U Testi* ile çözümlenmiştir.

Araştırmada, *Kontrol_M_107* ve optimize edilen 23 adet *KKD*'nin *KKD_M* havza matrisleri *TSD* değerlerinin oluşturulmasında kullanılan 2011-2012-2013 yıllarına ait *TSD* setleri tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 4.16'da verilmiştir. Böylelikle, 12 dönem *TSD* ortalamaları alınarak hesaplanan havza matrisleri ile gözlenen değerlerin ortalamaları alınarak elde edilen tanımlayıcı istatistikler kıyaslanabilmiştir.

Çizelge 4.16 incelendiğinde; *Kontrol_M_107* havza matrisi ortalama ve medyan değerlerinin 3 yıl ortalamasının birbirine yakın çıktığı görülmüştür. Değişim katsayısı baz alınarak diğer istatistikler kıyaslandığında ise veri setleri arasında homojen bir yapı görülmemiştir. Bunun nedeninin *Kontrol_M_107* havza matrisi değerlerinin 12 dönem ortalamasını temsil etmesinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Dolayısıyla 12 dönem ortalaması ile çalışmanın istatistiklerde varyansı azalttığı bulunmuştur.

Çizelge 4.16. 2011-2012-2013 yıllarına ait TSD setleri tanımlayıcı istatistikleri

| Yıllar | Dönem | Örnek Sayısı | Ortalama | Medyan | Mod | Standart Sapma | Varyans | Değişim Katsayısı | Çarpıklık | Minimum | Maksimum |
|-------------------------|-------|--------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| 2011 | 1 | 107 | 1.44 | 1.52 | 1.26 | 0.52 | 0.27 | 36.00 | 0.09 | 0.23 | 3.01 |
| | 2 | 107 | 1.35 | 1.38 | 1.46 | 0.47 | 0.23 | 35.19 | 0.33 | 0.32 | 2.65 |
| | 3 | 107 | 1.25 | 1.27 | 1.18 | 0.46 | 0.21 | 37.14 | 0.00 | 0.21 | 2.38 |
| | 4 | 107 | 1.50 | 1.52 | 0.92 | 0.55 | 0.30 | 36.56 | 0.17 | 0.13 | 3.13 |
| 2011 Ortalaması | | 428 | 1.38 | 1.42 | 1.21 | 0.50 | 0.25 | 36.22 | 0.15 | 0.22 | 2.79 |
| 2012 | 1 | 107 | 0.90 | 0.84 | 0.41 | 0.42 | 0.17 | 46.47 | 0.36 | 0.01 | 1.99 |
| | 2 | 107 | 1.46 | 1.46 | 1.16 | 0.45 | 0.20 | 31.02 | 0.49 | 0.50 | 3.17 |
| | 3 | 107 | 1.32 | 1.35 | 1.20 | 0.55 | 0.30 | 41.28 | 0.13 | 0.10 | 2.82 |
| | 4 | 107 | 1.46 | 1.48 | 1.45 | 0.51 | 0.26 | 35.00 | 0.09 | 0.05 | 2.92 |
| 2012 Ortalaması | | 428 | 1.29 | 1.28 | 1.06 | 0.48 | 0.23 | 38.44 | 0.27 | 0.17 | 2.73 |
| 2013 | 1 | 107 | 1.40 | 1.38 | 1.52 | 0.53 | 0.28 | 37.58 | 0.71 | 0.36 | 3.20 |
| | 2 | 107 | 1.56 | 1.60 | 1.60 | 0.58 | 0.34 | 37.12 | 0.71 | 0.29 | 3.20 |
| | 3 | 107 | 1.33 | 1.33 | 1.00 | 0.57 | 0.33 | 43.29 | 0.71 | 0.24 | 3.20 |
| | 4 | 107 | 1.73 | 1.64 | 1.20 | 0.65 | 0.42 | 37.43 | 0.57 | 0.27 | 3.50 |
| 2013 Ortalaması | | 428 | 1.50 | 1.49 | 1.33 | 0.58 | 0.34 | 38.86 | 0.68 | 0.29 | 3.28 |
| 3 Yıl Ortalaması | | 1284 | 1.39 | 1.40 | 1.20 | 0.52 | 0.28 | 37.84 | 0.36 | 0.23 | 2.93 |

4.8.2.2. Ortalamaların Karşılaştırılmasından Elde Edilen Sonuçlar

Kontrol_M_107 havza matrisi ortalamasının diğer 23 adet optimize edilen *KKD*'lerin *KKD_M* havza matrisleri ortalamalarından farklı olup olmadığı $\alpha=0.05$ önem düzeyinde *Tek Örneklem T Testi* ile analiz edilmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. *Kontrol_M_107* = 1.40 ortalama değerinin optimize edilen *KKD_M* havza matrisleri ortalamalarından farklılığının testi

| SN | Kuyu Dağılımları | P | SN | Kuyu Dağılımları | P |
|----|----------------------|-------|----|------------------------|--------------|
| 1 | <i>Kontrol_M_107</i> | 0.999 | 13 | <i>KKD_M_57</i> | 0.977 |
| 2 | <i>KKD_M_106</i> | 0.997 | 14 | <i>KKD_M_52</i> | 0.805 |
| 3 | <i>KKD_M_105</i> | 0.975 | 15 | <i>KKD_M_47</i> | 0.912 |
| 4 | <i>KKD_M_102</i> | 0.937 | 16 | <i>KKD_M_42</i> | 0.928 |
| 5 | <i>KKD_M_97</i> | 0.894 | 17 | <i>KKD_M_37</i> | 0.852 |
| 6 | <i>KKD_M_92</i> | 0.804 | 18 | <i>KKD_M_32</i> | 0.180 |
| 7 | <i>KKD_M_87</i> | 0.806 | 19 | <i>KKD_M_27</i> | 0.434 |
| 8 | <i>KKD_M_82</i> | 0.881 | 20 | <i>KKD_M_22</i> | 0.048 |
| 9 | <i>KKD_M_77</i> | 0.856 | 21 | <i>KKD_M_17</i> | 0.746 |
| 10 | <i>KKD_M_72</i> | 0.893 | 22 | <i>KKD_M_12</i> | 0.002 |
| 11 | <i>KKD_M_67</i> | 0.924 | 23 | <i>KKD_M_7</i> | 0.000 |
| 12 | <i>KKD_62_M</i> | 0.857 | 24 | <i>KKD_M_1</i> | 0.000 |

Çizelge 4.17 incelendiğinde; havzadaki kuyu sayısının azalmasıyla *Kontrol_M_107* havza matrisi tanımlayıcı istatistiklerindeki değişimin istatistiksel olarak hangi *KKD* 'lerde olduğu belirlenmiştir. Analiz sonucunda; %95 olasılıkla *KKD_M_12*, *KKD_M_7* ve *KKD_M_1* taban suyu derinliği ortalamalarının *Kontrol_M_107* havza matrisi ortalamasından farklı olduğu sonucu çıkarılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılması sonucu optimal alt sınırın *KKD_17* olması gerektiği bulunmuştur. Ancak, frekans analizinde yapılan değerlendirmelerin ortalamaların karşılaştırılması içinde geçerli olduğu düşünülmektedir. Çünkü, frekans analizine tabi tutulan veriler ile ortalamaların elde edildiği veriler aynıdır. Bu iki analiz sonucu birleştirildiğinde; kuyu sayılarının azaltılmasıyla her farklı *KKD*' için oluşan mevcut kuyu setleriyle yapılan kestirimlerle girdlere atanan 110 adet örnekle yapılan analizler farklılıklar yansıtamamıştır. Dolayısıyla bu veriler kullanılarak yapılan analizlerde varyansların azaldığı daha açık bir şekilde anlaşılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılması sonucu optimal alt sınırın *KKD_17* ile temsil edilebileceğinin bulunmasına rağmen, bu sonuca temkinli yaklaşılması gerektiği düşünülmektedir.

4.8.2.3. Medyan Değerleri Karşılaştırma Sonuçları

Tek Örneklem T Testinin parametrik olmayan karşılığı *Wilcoxon İşaret Sıra Testi*dir. *Kontrol_M_107* havza matrisi medyan değerinin diğer 23 adet optimize edilen *KKD*'lerin *KKD_M* havza matrisleri medyanlarından farklı olup olmadığı *Wilcoxon İşaret Sıra Testi* ile belirlenmiştir. Analizler, $\alpha=0.05$ önem düzeyinde sürdürülerek sonuçlar Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. *Kontrol_M_107* = 1.41 medyan değerinin optimize edilen *KKD_M* havza matrislerinin medyanlarından farklılığının testi

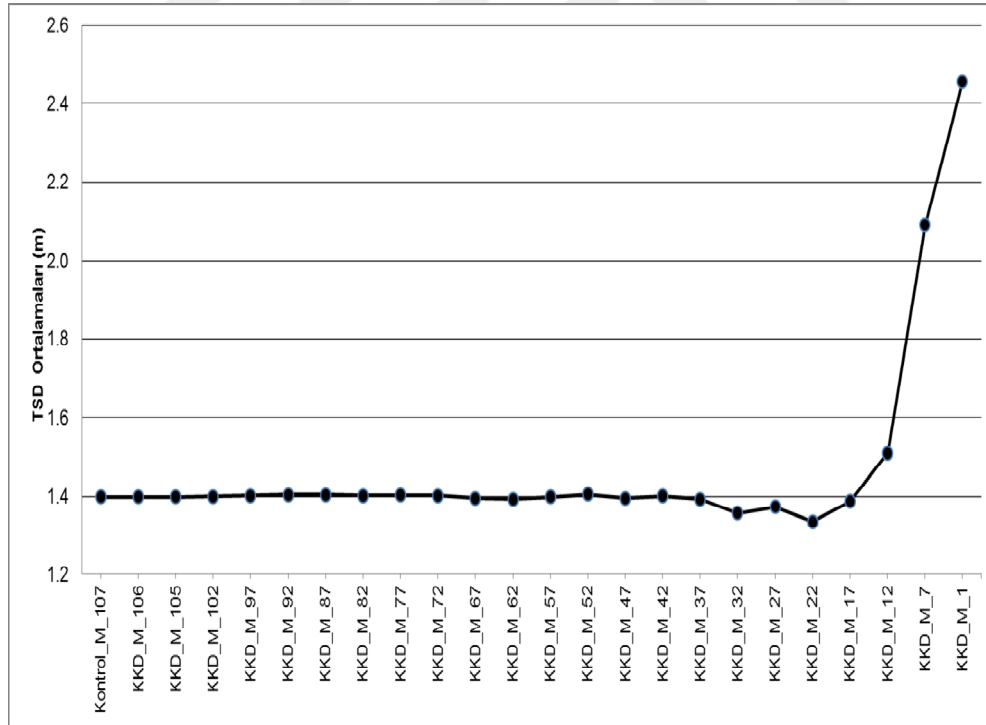
| SN | Kuyu Dağılımları | P | SN | Kuyu Dağılımları | P |
|----|------------------|-------|----|------------------|--------------|
| 1 | Kontrol_M_107 | 0.327 | 13 | KKD_M_57 | 0.296 |
| 2 | KKD_M_106 | 0.327 | 14 | KKD_M_52 | 0.468 |
| 3 | KKD_M_105 | 0.327 | 15 | KKD_M_47 | 0.317 |
| 4 | KKD_M_102 | 0.361 | 16 | KKD_M_42 | 0.422 |
| 5 | KKD_M_97 | 0.395 | 17 | KKD_M_37 | 0.258 |
| 6 | KKD_M_92 | 0.520 | 18 | KKD_M_32 | 0.050 |
| 7 | KKD_M_87 | 0.532 | 19 | KKD_M_27 | 0.070 |
| 8 | KKD_M_82 | 0.477 | 20 | KKD_M_22 | 0.002 |
| 9 | KKD_M_77 | 0.459 | 21 | KKD_M_17 | 0.187 |
| 10 | KKD_M_72 | 0.411 | 22 | KKD_M_12 | 0.011 |
| 11 | KKD_M_67 | 0.193 | 23 | KKD_M_7 | 0.000 |
| 12 | KKD_M_62 | 0.191 | 24 | KKD_M_1 | 0.000 |

Medyan değerlerini karşılaştırarak analiz yapan *Wilcoxon İşaret Sıra Testi* sonuçlarına göre %95 olasılıkla *KKD_M_22*, *KKD_M_12*, *KKD_M_7* ve *KKD_M_1* havza matrisleri *TSD* medyan değerlerinin *Kontrol_M_107* havza matrisi medyan değerinden farklı olduğu bulunmuştur. Medyanların karşılaştırılması sonucu optimal alt sınırın *KKD_27* olması gerektiği bulunmuştur. Ancak, frekans analizi, ortalamaların ve medyanların karşılaştırılması sonuçlarının

benzer olduğuna dikkat çekmek gerekmektedir. Çünkü; frekans analizi, ortalamaların ve medyanların karşılaştırılması için kullanılan veriler aynıdır. Bilindiği üzere; havza sınırı içerisindeki gridler 110 adet *TSD* örneği ile temsil edilmektedir. Bu örnekler kuyu sayılarının azaltılmasıyla her farklı *KKD*' için oluşan mevcut kuyu setleriyle yapılan kestirimler sonucu elde edilmiştir. Bu nedenle kuyu sayısındaki azalmaya rağmen aynı örnek sayısına sahip kuyu dağılımlarının farklılıkları yansıtamamış olduğu düşünülmektedir.

4.8.2.4. Parametrik Varyans Analizi Sonuçları

Kontrol_M_107 havza matrisi ve diğer 23 adet optimize edilen *KKD*'lerin *KKD_M* havza matrisleri *TSD* ortalamalarının (Şekil 4.21) birbirinden farklı olup olmadığı varyans analizi ile tespit edilmiştir.



Şekil 4.21. *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrisleri *TSD* ortalamaları

İşlemlere öncelikle varyans analiz yapılarak toplam 24 farklı grup ortalamasının birbirinden farklı olup olmadığı incelenmiştir. Her grup diğer gruplarla karşılaştırılarak varyans analiz gerçekleştirilmiştir (Erol, 2006). Çizelge 4.19’da görüldüğü üzere gruplara ait ortalamalarda en az birinin anlamlı derecede farklı olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.19. *Kontrol_M* ve optimize edilen 23 adet *KKD_M* havza matrisi verilerinin varyans analizi

| | Karalar Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F İstatistiği | F Olasılığı |
|---------------|--------------------|------------------------|-----------------------|---------------|-------------|
| Gruplar Arası | 163.84 | 23 | 7.12 | 84.78 | 0.00 |
| Gruplar İçi | 219.81 | 2616 | 0.08 | | |
| Toplam | 383.65 | 2639 | | | |

Hangi grupların farklı olup olmadığı ise Post Hoc (Kayri, 2009) testi ile belirlenmiştir. *Post Hoc* testinin ilk aşamasında; grup varyanslarının homojen olup olmadığı araştırılır. Varyanslarının homojenliği parametrik istatistik yöntemlerin varsayımlarının incelenmesinde hesaplanarak Çizelge 4.14’de daha önce verilmiştir. Levene testi ile grup varyanslarının homojen olmadığı bulunmuştur. Ancak, grupların çoklu karşılaştırılmasının yapıldığı *Post Hoc* testinde çoklu karşılaştırmalar homojen varyanslar ve homojen olmayan varyanslar için geçerli yöntemlerin tamamı ile analiz edilmiştir. Çoklu karşılaştırmanın yapıldığı Çizelge 4.20’de *LSD* yöntemi hariç diğer bütün yöntemlerde *Kontrol_M_107* havza matrisinden *KKD_M_7* ve *KKD_M_1* matrisleri *TSD* ortalamalarının %95 olasılıkla anlamlı derecede farklı olduğu bulunmuştur. *LSD* yönteminde diğer yöntemlerden farklı olarak ilaveten *KKD_M_12* havza matrisi ortalamasının da *Kontrol_M_107* havza matrisinden farklı olduğu hesaplanmıştır. *Post Hoc* testinde havza matrisleri ortalamalarının örnek çiftlerinin çoklu karşılaştırılması sonucu optimal alt sınırın *KKD_17* olması gerektiği bulunmuştur. Ancak, frekans analizi, ortalamaların, medyanların ve örnek çiftleri ortalamalarının çoklu karşılaştırılması sonuçlarının benzer olduğuna tekrar vurgu yapmak gereklidir. Nitekim, kuyu

sayılarının azaltılmasıyla her farklı *KKD*' için oluşan mevcut kuyu setleriyle yapılan kestirimler sonucu elde edilen, aynı sayıdaki örnekler kuyu dağılımlarının farklılıklarını ortaya koyamamaktadır.

Çizelge 4.20. *Kontrol M_107* ve *KKD M* havza matrisleri ortalamalarının örnek çiftlerinin çoklu karşılaştırılması

| KKD_M | Homojen Varyanslar | | | Homejen Olmayan Varyanslar | | |
|----------------|--------------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|
| | Scheffe | LSD | Sidak | Tamhane | Dunnnett T3 | Games-Howell |
| KKD_M_106 | 1.000 | 0.997 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_105 | 1.000 | 0.983 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_102 | 1.000 | 0.958 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_97 | 1.000 | 0.929 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_92 | 1.000 | 0.869 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_87 | 1.000 | 0.870 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_82 | 1.000 | 0.919 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_77 | 1.000 | 0.900 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_72 | 1.000 | 0.925 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_67 | 1.000 | 0.948 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_62 | 1.000 | 0.900 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_57 | 1.000 | 0.983 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_52 | 1.000 | 0.854 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_47 | 1.000 | 0.934 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_42 | 1.000 | 0.943 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_37 | 1.000 | 0.885 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_32 | 1.000 | 0.295 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_27 | 1.000 | 0.525 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_22 | 1.000 | 0.108 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.997 |
| KKD_M_17 | 1.000 | 0.782 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| KKD_M_12 | 0.998 | 0.005 | 0.740 | 0.957 | 0.929 | 0.632 |
| <i>KKD_M_7</i> | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| <i>KKD_M_1</i> | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Post Hoc testi ile grup ortalamalarına göre kümeleme yapılarak hangi *KKD_M*' in birbirinden farklı olup olmadığı belirlenmiştir. Homojen alt gruplar belirlenirken *Scheffe* yöntemi hariç diğer bütün yöntemlerde *Kontrol_M_107* havza matrisinden *KKD_M_12*, *KKD_M_7* ve *KKD_M_1* matrisleri *TSD* ortalamalarının %95 olasılıkla anlamlı derecede farklı olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. *Kontrol_M* ve *KKD_M* havza matrisleri homojen alt kümelerinin gruplandırılması

| Kuyu Dağılımları | Student- Newman- Keuls P=0.971 | Duncan P=0.162 | Scheffe P=0.666 | Tukey HSD P=0.984 |
|------------------|---|-------------------|--------------------|----------------------|
| | Ortalamalar | Ortalamalar | Ortalamalar | Ortalamalar |
| KKD_M_22 | 1.34 | 1.34 | 1.34 | 1.34 |
| KKD_M_32 | 1.36 | 1.36 | 1.36 | 1.36 |
| KKD_M_27 | 1.37 | 1.37 | 1.37 | 1.37 |
| KKD_M_17 | 1.39 | 1.39 | 1.39 | 1.39 |
| KKD_M_37 | 1.39 | 1.39 | 1.39 | 1.39 |
| KKD_M_62 | 1.39 | 1.39 | 1.39 | 1.39 |
| KKD_M_47 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 |
| KKD_M_67 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 |
| Kontrol_M_107 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 |
| KKD_M_106 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 |
| KKD_M_105 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 |
| KKD_M_57 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 |
| KKD_M_102 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 |
| KKD_M_42 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 |
| KKD_M_97 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 |
| KKD_M_72 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 |
| KKD_M_82 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 |
| KKD_M_77 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 |
| KKD_M_87 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 |
| KKD_M_92 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 |
| KKD_M_52 | 1.41 | 1.41 | 1.41 | 1.41 |
| KKD_M_12 | | | 1.51 | |
| KKD_M_7 | | | | |
| KKD_M_1 | | | | |

Ancak, *Scheffe* yönteminde *KKD_M_12* havza matrisi ortalamasının *Kontrol_M_107* havza matrisinden farklı olmadığı hesaplanmış ve kümeye dahil edilmiştir. *Post Hoc* testi ile kuyu dağılımlarının grup ortalamalarına göre kümeleme yapılmasıyla optimize edilen *KKD*'nin optimal alt sınırının *KKD_17* olması gerektiği bulunmuştur. Ancak, frekans analizi, ortalamaların, medyanların, örnek çiftleri ortalamalarının çoklu karşılaştırılması ve homojen alt kümelerinin gruplandırılması sonuçları örtüşmüştür. Her farklı *KKD*' için oluşan mevcut kuyu

setleriyle yapılan kestirimler sonucu elde edilen aynı sayıdaki örnekler kuyu dağılımlarının farklılıklarını yansıtamamaktadır.

4.8.2.5. Parametrik Olmayan Varyans Analizi Sonuçları

Varyans analizinin parametrik olmayan karşılığı olan *Kruskal-Wallis H* testi ile *Kontrol_M_107* ve *KKD_M* havza matrisi grup medyanlarının birbirinden farklı olup olmadığı incelenmiştir (Çelik ve ark., 2014). *Kruskal-Wallis H* testi sonucunda; 23 serbestlik derecesinde Ki-kare test istatistiği 581.4 değeri ile gruplardan en az birinin medyanının %95 olasılıkla çok anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur. Hangi grupların medyan değerlerinin *Kontrol_M_107*'den farklı olup olmadığı ise *Mann-Whitney U* testi ile belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. *Kontrol_M_107* ile *KKD_M* havza matrisleri örnek çiftleri medyanlarının testi

| SN | KKD_M | P | SN | KKD_M | P |
|----|-----------|-------|----|-----------------|--------------|
| 1 | KKD_M_106 | 0.991 | 13 | KKD_M_52 | 0.961 |
| 2 | KKD_M_105 | 0.985 | 14 | KKD_M_47 | 0.798 |
| 3 | KKD_M_102 | 0.942 | 15 | KKD_M_42 | 0.921 |
| 4 | KKD_M_97 | 0.916 | 16 | KKD_M_37 | 0.720 |
| 5 | KKD_M_92 | 0.810 | 17 | KKD_M_32 | 0.121 |
| 6 | KKD_M_87 | 0.768 | 18 | KKD_M_27 | 0.302 |
| 7 | KKD_M_82 | 0.857 | 19 | KKD_M_22 | 0.011 |
| 8 | KKD_M_77 | 0.867 | 20 | KKD_M_17 | 0.282 |
| 9 | KKD_M_72 | 0.916 | 21 | KKD_M_12 | 0.010 |
| 10 | KKD_M_67 | 0.808 | 22 | KKD_M_7 | 0.000 |
| 11 | KKD_M_62 | 0.716 | 23 | KKD_M_1 | 0.000 |
| 12 | KKD_M_57 | 0.869 | | | |

Çizelge incelendiğinde; *KKD_M_22*, *KKD_M_12*, *KKD_M_7* ve *KKD_M_1* havza matrisleri medyanlarının *Kontrol_M_107* havza matrisi medyanından %95 olasılıkla farklı olduğu sonucu bulunmuştur. *Mann-Whitney U* testi ile *Kontrol_M_107* ve *KKD_M* örnek çiftleri medyanlarının karşılaştırılması sonucu optimize edilen *KKD*'nin optimal alt sınırının *KKD_27* olması gerektiği

bulunmuştur. Ancak, frekans analizi, ortalamaların, medyanların, örnek çiftleri ortalamalarının çoklu karşılaştırılması, homojen alt kümelerinin gruplandırılması ve örnek çiftleri medyanlarının testi sonuçları istatistiksel olarak birbirine benzemektedir. Sonuç olarak; optimize edilen her farklı *KKD*' için elde edilen mevcut kuyu setleriyle yapılan kestirimler sonucu elde edilen 110 adet örnekle yapılan analizlerde kuyu dağılımları arasındaki varyansların azaldığı bulunmuştur. Bu durumun, yukarıda açıklanan ve benzer sonuç veren istatistik analizlerin optimal alt sınırı daha az sayıda kuyudan oluşan *KKD*'ler ile temsil etmesine neden olduğu düşünülmüştür.

4.9. Optimal Kombinasyon Kuyu Dağılımı (*KKD*) Alt Sınırının Belirlenmesi İle İlgili Sonuçlar

Grid Tabanlı Optimizasyon Yönteminin (*GTOY*) uygulanmasıyla 23 farklı *KKD*'nin optimize edildiği bulunmuştur. Yapılan grafiksel analiz sonucu optimal alt sınırı veren *KKD* kuyu sayısının 37-67 adet kuyu aralığında olduğu bulunmuştur (Şekil 4.8a). Bu nedenle, optimal *KKD* alt sınırını bulmak için 12 dönem *TSD* değerlerinin ortalamalarını temsil eden *Kontrol_M* ve optimize edilen *KKD*'lerin *KKD_M* havza matrisleri ile analizler gerçekleştirilmiştir. Mevsimsel etkinin ortalamasını temsil eden bu havza matrislerinin istatistik test ölçütleri hesaplanmış, frekans, hipsometrik, konumsal ve klasik istatistik analizleri yapılmıştır. Optimize edilen 23 adet *KKD* kümesinin optimal alt sınırının tespit edilebilmesi için yapılan bu analizlerde farklı sayıda *KKD* kümelerinin optimize edildiği görülmüştür. Sahadaki drenaj gözlem ağında yer alan kuyuların sayısında yapılabilecek azaltma, dikkate alınan yöntemlere göre değişmiştir. Bu farklılık, dikkate alınan yöntemlerin doğasından kaynaklanmıştır. Elde edilen sonuçların bir çizelgede toplanması ve bir bütün oluşturacak şekilde irdelenmesi zorunlu olmuştur. Bu nedenle optimal *KKD*'nin belirlenebilmesi için yapılan bütün analiz sonuçları Çizelge 4.23'de özetlenerek karar aşamasına geçilmiştir.

Çizelge 4.23. Optimize edilen 23 adet *KKD*'nin optimal alt sınırının belirlenmesi

| Optimize Edilen <i>KKD</i> | GTOY* | | İTÖ** | | Frekans Analizi | Hipsometrik Analiz | Kİ*** | | GİST**** | | | | | |
|----------------------------|---------------------|-----|-------|--|-----------------|--------------------|-------|-----|---------------------------------|-------------------------------|---|--|--|--|
| | CP _k (m) | PE% | RMSE | | | | MdC | MCw | Ortalamaların Karşılaştırılması | Medyanların Karşılaştırılması | Örnek Çiftlerin Çoklu Karşılaştırılması | Homojen Alt Kümelerin Gruplandırılması | Örnek Çiftleri Medyanlarının Karşılaştırılması | |
| KKD_106 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_105 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_102 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_97 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_92 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_87 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_82 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_77 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_72 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_67 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_62 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_57 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_52 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_47 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_42 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_37 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_32 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_27 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_22 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_17 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_12 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_7 | | | | | | | | | | | | | | |
| KKD_1 | | | | | | | | | | | | | | |

*GTOY: Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemi, ** İTÖ: İstatistiksel Test Ölçütleri, ***Kİ: Konumsal İstatistikler, ****GİST: Geleneksel İstatistik Analizler

Çizelge 4.23 (*Karar Çizelgesi*) incelendiğinde; *GTOY*, *İTO*, *Hipsometrik Analiz*, *Kİ* (*MdC*, *MCw*) sonuçlarının optimize edilen *KKD*'nin seçiminde baskın olduğu görülmektedir. Karar aşamasında homojenliği sağlamak için 67 kuyudan oluşan *KKD* kümesi bu analizler için optimize edilen *KKD* olarak değerlendirilmiştir. *GİST* ile yapılan analizlerde ise *MdC* ve *MCw* istatistiklerinin analizleri (Çizelge 4.13) dışında optimize edilen *KKD*'kümelerinin frekans analizi

dahil alt sınırının 27 adet kuyudan oluşan *KKD_27* olması gerektiği sonucu çıkarılmıştır.

Bütün analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; kullanıcıların optimize edilen kuyu dağılım kümelerini seçerken *GTOY* yöntemini referans almaları gerektiği sonucuna varılmıştır (Çizelge 4.8-Şekil 4.8a). Yapılan bütün analizlerde *GTOY* yöntemi sonuçlarının baskın özelliğe sahip olduğunu görmek mümkündür. Buna göre, 23 adet *KKD* arasında *KKD_67*–*KKD_37* aralığında seçilen *KKD*'lerin havzadaki mevcut 107 kuyudan oluşan gözlem setini temsil eden optimal *KKD* aralığı olduğu sonucuna varılmıştır. *KKD_37*'den sonra ise optimize edilen *KKD* kümeleri ile çalışıldığında istenilen bilgilerin elde edilemeyeceği öngörülmüştür. Ancak, havzada yapılacak çalışmalarda *KKD_67* kuyu dağılım kümesinin kullanılması önerilmektedir. Çünkü, taban suyu gözlem kuyuları sadece taban suyu derinliğinin gözlenmesi amacıyla kullanılmamaktadır. Ayrıca taban suyu tablası, fiziksel olarak sürekli bir yüzey oluşturma eğiliminde olmasına karşın, taban suyu kalitesine yönelik olan çevresel parametreler (örn. taban suyu tuzluluğu ve taban suyu nitrat konsantrasyonları) tarımsal faaliyetlerden taban suyu düzeyine kıyasla daha fazla etkilenmektedir. Zira, drenaj gözlem ağı taban suyunun nicelik ve niteliğinin izlenmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Bu nedenle, taban suyu tuzluluğu ve taban suyundaki nitrat gözlemlerinin havza bazında yapılabilmesi; bu gözlemlerden havzayı temsil eden sonuçların eldesi için gözlem ağı yoğunluğunun aşırı ölçüde düşürülmesi bu ögeler için temsil sorununu gündeme getirecektir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Aşağı Seyhan Ovasında 9495 ha genişliğindeki Akarsu Sulama Birliği sulama alanında bulunan 107 adet taban suyu derinliği gözlem kuyusu kullanılarak taban suyunun nicelik ve niteliğine yönelik gözlemler yapılmaktadır. Yaklaşık 100 hektara 1 adet taban suyu derinliği gözlem kuyusu mantığıyla işletme amaçlı oluşturulmuş gözlem ağı ile tarımsal üretimin sürdürülebilirliği izlenmektedir.

Yapılan bu doktora çalışmasıyla; bilgi kaybına göre optimum taban suyu kuyu dağılımları oluşturularak, gözlem maliyetlerinde tasarruf sağlanabileceği grid tabanlı yeni bir optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir. Araştırma sonuçları izleyen kısımlarda özetlenmiştir.

5.1.1. Gözlem Noktaları Kombinasyonlarının Oluşturulması İle İlgili Sonuçlar

Taban suyu derinlikleri için geliştirilen grid tabanlı optimizasyon yönteminde; optimize edilecek *KKD*'leri bulmak için rastgele kombinasyon alt kümesi oluşturmaya gerek olmadığı bulunmuştur. Optimal *KKD*'nin bulunabilmesi için optimize edilen $C(107,1)$ 'li *KKD*'nin elemanlarının kendi içinde *Ceza Puanının* bilgi kaybına göre sıralanması gerekmektedir. Küçük hata değerinden büyük hata değerine göre sıralanan kuyuların kendi içerisinde oluşturulacak kombinasyon alt kümeleriyle amaç fonksiyonu simüle edildiğinde, optimize edilen *KKD*'ler bulunabilmektedir.

5.1.2. Ters Uzaklık Enterpolasyon Tekniği Sonuçları

Tahminde kullanılacak kuyuların aralarındaki ardışık mesafe arttıkça *TUY* tahmin hatalarının arttığı *Ceza Puanı* istatistiği hesaplamalarında görülmektedir. Optimize edilen kuyular arasında örneğin *KKD_67*'de ardışık optimal kuyu mesafesinin ne olacağı konusunda alt (254 m) ve üst sınır (3246 m) kuyu aralığı

hariç bir açıklayıcılık yoktur. Geliştirilen optimizasyon tekniği, kuyuların konumlarını dikkate almakta; kuyular arası uzaklığı ise dikkate almamaktadır. Dolayısıyla, Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemi (*GTOY*) tekniğinin sulama alanlarına uygulanmasıyla, kuyular arası optimal uzaklığın ne olması gerektiği hususunda bir bilgi elde edilememektedir.

5.1.3. Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemi (*GTOY*) İle Taban Suyu Derinliği Kombinasyon Kuyu Dağılımlarının (*KKD*) Optimizasyonu İle Elde Edilen Sonuçlar

Taban suyu derinlikleri için grid tabanlı optimizasyon yöntemi amaç fonksiyonunun çözümlenmesi sonucu 23 farklı *KKD*'nin optimize edildiği bulunmuştur. Optimize edilen *KKD*'lerin sahip oldukları *Ceza Puanları* çözümün temel taşıını oluşturmuştur. Kuyu kombinasyonlarına ilişkin hesaplanan *Ceza Puanlarının* havzada bulunan kuyu adedine göre grafiklenmesi havzayı temsil edebilecek kuyu sayılarına karar vermede önemli bir işlev görmüştür. Kuyu sayısına bağlı ceza puanlarının doğrusal olduğu 1. ve 2. bölgelerdeki eğim değişimlerindeki kuyu sayılarının optimizasyon noktaları olarak değerlendirilmesi gerektiği bulunmuştur. Kuyu sayısında meydana gelen azalmanın, bilgi kaybında parabolik şekilde sıçramaya neden olan 3. Bölgede bulunan *KKD*'lerin optimizasyonu temsil etmesinin mümkün olmayacağına karar verilmiştir.

Grafiksel analiz sonucu; optimal *KKD*'nin *KKD_37* ile *KKD_67* aralığındaki doğrusal segment üzerinde olduğu görülmüştür. Kesin optimal kuyu dağılımının alt sınırının ne olduğu grafiksel analiz ile tespit edilememiştir. Optimal *KKD*'nin alt sınırının ne olacağına; istatistiksel ölçütlerin kıyaslanması, frekans analizi, hipsometrik eğrilerin yorumlanması, konumsal ve klasik istatistik analizler sonucunda karar verilebileceği anlaşılmıştır.

5.1.4. Kuyu Sayısındaki Azalmaya Bağlı Bilgi Kaybının Belirlenmesi İçin Yapılan İstatistik Test Ölçütleri Sonuçları

Kuyu sayısında referans olan 107 adet kuyudan başlanarak bir azaltma yapıldığında, kalan kuyuların *TSD* ile ilgili vereceği bilgide (bazı istatistiklerde) bir bozunma ya da azalma olacaktır. Söz konusu bilgi kaybının belirlenmesi için CP_k , $PE\%$ ve $RMSE$ olarak belirlenen ölçütler kullanılmıştır. Hesaplamalar ile elde edilen bu 3 istatistiğin de havzada bulunan kuyu sayısına bağlı (*Ceza Puanı* (CP_k , veya *Toplam Hata*) bilgi kaybındaki değişimi aynı şekilde yansıttığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar arasında anlamlı bir fark bulunmaması; CP_k 'nin grid tabanlı optimizasyon yönteminde optimize edilen *KKD*'lerin saptanması bakımından doğru bir test istatistiği olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Bu tür çalışmalarda, bu istatistiğin kullanılması önerilmiştir. Optimize edilen *KKD*'lerin *KKD_37* ile *KKD_67* aralığında olduğu görülmüştür.

5.1.5. Frekans Analizi Sonuçları

Kontrol_M_107 ve diğer 23 adet *KKD_M* havza matrisleri 110 adet örnekten oluşan *TSD* serilerinin frekans analizi sonucunda; *KKD_M_12* serisi normal dağılım, *KKD_M_7* serisi GenelBeta ve *KKD_M_1* tanımsız olarak dağılım göstermişlerdir. *Kontrol_M_107* ve diğer 20 adet *KKD_M* havza matrisi serileri *LogLojistik* olasılık dağılımı ile temsil edilmiştir. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M* havza matrisleri serilerinin homojen bir yapı sergilediği görülmüştür. Optimize edilen *KKD*'nin alt sınırının frekans analizi sonuçlarına göre *KKD_17* olması gerektiği hususunda bir ön bulgu elde edilmiş olmasına karşın, güçlü bir teknik olduğuna dair kanaat oluşmamıştır. Ancak, bu yargının sebebi yöntemden kaynaklanmamıştır. Analizlerde kullanılan verilerin yapısından kaynaklanmıştır. Çünkü, optimize edilen her farklı *KKD*' için elde edilen mevcut kuyu setleriyle yapılan kestirimler sonucu elde edilen 110 adet örnekle analizler yapılmıştır. Bu durum, optimize edilen kuyu dağılımları arasındaki varyansı azaltarak optimal alt

sınırın daha az sayıda kuyudan oluşan *KKD*'ler ile temsil edilmesine neden olmuştur.

5.1.6. Taban Suyu Derinlik (*TSD*) Hipsometrik Eğrilerinin Grafikselsel Analiz Sonuçları

Kontrol_M havza matrisi ile optimal *KKD*'lerin *KKD_M* havza matrisi değerlerinin hipsometrik eğrilerinin grafikselsel analiz sonuçlarına göre; *KKD_M_67* havza matrisi *Kontrol_M* havza matrisine benzeyen alt sınır *KKD* olduğu görülmüştür. Hipsometrik analiz sonuçlarına göre *KKD*'nin alt sınırının; *KKD_67* olması gerektiği bulunmuştur. Taban suyu hipsometrik eğrilerinin, gözlem ağı optimizasyonunda kullanılabilcek önemli bir teknik olduğu anlaşılmıştır.

5.1.6.1 Kış ve Yaz Dönemi Taban Suyu Derinliği (*TSD*) Hipsometrik Eğrilerinin Grafikselsel Analiz Sonuçları

On iki dönem ortalamasını temsil eden *Kontrol_M* havza matrisi hipsometrik eğrisi, *Kış_2013_107* ve *Yaz_2013_107* hipsometrik eğrileriyle uyum göstermiştir. Optimize edilen *KKD* kümelerinin sahip olduğu kuyular kullanılarak yaz ve kış dönemleri için oluşturulan kuyu dağılım (*KD*) kümeleri ise benzer sonuçlar vermiştir. *Kontrol_M* havza matrisi ile yaz ve kış dönemleri referans alınarak yapılan hipsometrik analizde; optimize edilen *KKD_87*, *KKD_67* ve *KKD_37*'nin *KD_107*'yi temsil edebilecek kuyu dağılım kümeleri olabileceği anlaşılmıştır. Bu ölçütlerdeki kuyu sayısındaki azalmanın optimizasyonun etkinliği açısından olumlu bulunmuştur. Sonuç olarak; kuyu sayısındaki azalmaya paralel bilgi kaybının artmasının optimizasyon işleminde optimal *KKD*'nin belirlenmesinin ne kadar önemli olduğunu göstermiştir.

5.1.7. Konumsal İstatistik Analiz Sonuçları

MdC, *MCw*, *SDEw* ve *SDw* konumsal istatistikleriyle optimal *KKD*'nin alt sınırının belirlenmesinde farklı sonuçların elde edilmesine sebep olmuştur. *MdC* ve

MC_w istatistiklerinin analizleri sonucunda; optimize edilen KKD 'lerin optimum alt sınırının KKD_{62} olması gerektiği bulunmuştur. SDE_w ve SD_w konumsal istatistikleri ile optimize edilen KKD 'lerin optimum alt sınırının ne olabileceği belirlenememiştir. Heterojen sonuçlar elde edildiğinden SDE_w ve SD_w konumsal istatistiklerin KKD 'lerin alt sınırını belirlemede yetersiz kaldığı görülmüştür. Ancak, konumsal istatistikler optimize edilen KKD 'lerin havzadaki kuyu dağılımlarının havza şekline uyumlu bir dağılımla optimize edildiği konusunda bilgi vermiştir.

5.1.8. Geleneksel İstatistik Analiz Sonuçları

5.1.8.1. Konumsal İstatistiklerin Analiz Sonuçları

MdC ve MC_w konumsal istatistiklerin geleneksel istatistik analizlerine göre optimize edilen KKD 'lerin optimum alt sınırının KKD_{62} olması gerektiği sonucuna varılmıştır. SD_w ve SDE_w konumsal istatistiklerin analiz sonuçlarına göre ise KKD 'nin alt sınırının ne olacağı hakkında bilgi verebilecek bir istatistik olmadığı anlaşılmıştır. Ancak, SD_w ve SDE_w konumsal istatistikleri kuyu sayısındaki azalmaya karşı optimize edilen kuyu dağılımının referans kuyu dağılımına göre havza üzerinde yayılımının değişip değişmediğini açıklayabilmiştir.

5.1.8.2. $Kontrol_M$ ve KKD_M Havza Matrisleri Geleneksel İstatistik Analizi Sonuçları

$Kontrol_M$ ve KKD_M havza matrislerinin parametrik testlerle yapılan analiz sonuçlarına göre; KKD_{17} kuyu dağılımının optimum alt sınır olarak alınabileceği bulunmuştur. Parametrik olmayan istatistik analizler sonucuna göre ise optimum alt sınırın KKD_{27} olması gerektiği bulunmuştur. Ancak, kuyu sayılarının azaltılmasıyla her farklı KKD ' için oluşan mevcut kuyu setleriyle yapılan kestirimler sonucu elde edilen, aynı sayıdaki örnekler (110) ile yapılan analizler kuyu dağılımlarının varyanslarının azalmasına neden olmuştur.

Dolayısıyla kuyu dağılımlarındaki varyansların azalması optimize edilen *KKD*'lerin farklılıklarını ortaya koyamamıştır. Bu durum, frekans analizinde olduğu gibi daha az sayıda elemana sahip *KKD*'lerin alt sınır olarak belirlenmesine neden olmuştur.

5.1.9. Karşılaştırmalar Sonucu Optimal Kombinasyon Kuyu Dağılımı (*KKD*) Alt Sınırının Belirlenmesi İle İlgili Sonuçlar

Optimize edilen 23 adet *KKD*'nin optimal alt sınırının belirlenmesi için yapılan bütün analizlerin değerlendirilmesi sonucu; optimize edilen *KKD_67* kuyu dağılım kümesinin optimize edilen kuyu dağılım kümesi olduğu bulunmuştur. Mevcut 107 adet taban suyu gözlem kuyusundan taban suyu derinliği gözlemi yapılarak elde edilecek bilgi ile 67 adet kuyuda gözlem yapılarak elde edilecek bilginin birbirine oldukça yakın olacağı; bir diğer ifade ile %40 oranında gözlem ağında azaltma yapılarak taban suyu gözlemi yapıldığında benzer bilgi elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Geliştirilen optimizasyon yöntemi, sadece kuyu sayılarını dikkate almamakta olup, kuyuların konumlarını da dikkate aldığından konumsal niteliklidir.

5.2. Öneriler

Araştırmada elde edilen bulgular doğrultusunda yapılabilecek öneriler;

1. Havza matrisini iyi tanımlayabilmek için eğer havza sınırı dışında gözlem noktası bulunmuyorsa; havzanın kuzey-güney ve doğu-batı en uç noktalarına 4 adet gözlem noktası kurulmalıdır. Aksi takdirde gridlemelerde çözünürlüğe bağlı olarak bir miktar çalışma alanı analizlere dahil olmayacaktır. Eğer bir alana gözlem noktası kurulacaksa; bu alanı tanımlayabilmek için ilk önce, alanın 4 yönde de en uç noktalarına gözlem noktaları yerleştirilmelidir.

2. Optimize edilen *KKD_1* hariç diğer 22 adet optimize edilen *KKD* incelendiğinde *KKD*'deki kuyu adedine göre havza şekline benzer biçimde havza sınırına kuyuların konumlandığı, kuyu sayısına bağlı netlikte havza şeklinin tanımlandığı görülmüştür. Bu özellik, geliştirilen optimizasyon tekniğinin konumsal niteliğine atfedilmiştir. Bu nedenle ilk defa *TSD* gözlem ağlarının kurulumunun yapılacağı sulamaya açılan tarım alanlarında; havza sınırını tanımlayan kuyuların önemli kuyular olduğu unutulmamalıdır.
3. Akarsu Sulama Birliği sulama alanında bulunan 107 adet *TSD* gözlem kuyusu anlamlı bir bilgi kaybı olmadan 67 kuyuya düşürülebilecektir. Bu havzada çalışmalarına devam eden araştırmacılar ve işletme faaliyetlerine devam eden Akarsu Sulama Birliği; optimize edilen 67 kuyudan oluşan *TSD* gözlem ağından elde edilecek gözlemleri kullanması ya da değerlendirmesi anlamlı bir bilgi kaybına neden olmayacaktır. Ancak, havzadaki taban suyu kalitesine yönelik gözlemler de dikkate alındığında, kuyu sayısının daha alt seviyelere düşürülmesi çevresel gözlemlerde temsil edilme sorununu da beraberinde getireceğinden dikkatli davranılmalıdır.
4. Havza sınırını tanımlayan kuyuların önemli kuyular olması nedeniyle; “Gözlem ağı tasarımında havza sınırı baz alınarak gözlem ağı dağılımı optimizasyonu yapılabilir” hipotezini ortaya atmak mümkündür. Havza sınırını belirleyen kuyulardan havza ağırlık merkezine doğru havza şeklini tasvir edecek şekilde iç içe geçmiş mikro havzalar oluşturularak “*fraktal*” geometriye uygun tasarım yapılabilir. Ancak, en önemli sorun ana havza ve iç içe geçmiş mikro havzaların sınırlarını teşkil eden optimal ardışık kuyu mesafelerinin ne olması gerektiğidir. Akarsu Sulama Birliği sulama alanında *TUY* ile yapılan *TSD* tahminlerinde kullanılacak kuyuların optimal ardışık aralığı ne olmalıdır sorusuna cevap bulunduğu takdirde; *fraktal* geometrik yaklaşıma uygun gözlem

ağı tasarlanabilir. Bu çalışma ise yeni bir araştırma konusu olup taban suyu derinliği gözlem ağı tasarımında *fraktal* geometrik yaklaşımın incelenmesi gerekmektedir.

5. Yapılan bu optimizasyon çalışmasında uzun yıllık gözlemlenen veriler esas alınarak gözlem ağı optimizasyonu yapılmıştır. Dolayısıyla bu yöntem, taban suyu gözlem ağı olmayan yeni bir havzada uygulanacaksa o havzaya ait uzun yıllık verilere ihtiyaç vardır. Geçici olarak yapılacak saha çalışmaları ile çok sayıda taban suyu derinlikleri ölçülebilir ve bu derinliklere önerilen yöntem uygulanarak kalıcı taban suyu gözlem kuyu noktaları belirlenebilir.
6. Bu araştırma ile elde edilen sonuçlar havzaya ait; topoğrafik, jeolojik, toprak yapısı vb. havza öz nitelik bilgileri kullanılarak jeostatistik, entropi, bulanık mantık vb. yöntemlerle analiz edilebilir. *Hiç gözlem ağı kurulmamış havzalar için optimum gözlem ağı tasarımına yönelik genel geçer yeni bir yöntem geliştirme imkanı olabilir.*
7. Yapılan bu optimizasyon çalışması drenaj gözlem ağındaki taban suyu derinlikleri için geliştirilip, uygulanmıştır. Taban suyunun; *TDS*, *SAR*, *NO₃*, *EC*, *CI* vb. nicelikleri için de aynı bilgi kayıplarına ulaşıp ulaşılamayacağı, dolayısıyla aynı kuyu sayısının yeterli olup olmayacağı incelenmelidir. Bu nicelikler için ayrı ayrı optimizasyon çalışması yapılarak kritik taban suyu niceliğine göre bir kuyu dağılımı tasarlanabilir.

KAYNAKLAR

- Alpaslan, N. ve Harmancıoğlu, N., 1993. Su Kalitesi Gözlem Ağlarının Tasarımında Temel Yaklaşımlar. Türkiye İnşaat Mühendisliği 12. Teknik Kongresi, 25 Mayıs 1993, 809-824.
- Anderson, T.W. and Darling, D.A., 1952. Asymptotic Theory of Certain "Goodness of Fit" Criteria Based on Stochastic Processes. The Annals of Mathematical Statistics, 23(2):193-212.
- Anderson, T.W. and Darling, D.A., 1954. A Test of Goodness of Fit. Journal of The American Statistical Association, 49(268):765-769.
- Ataseven, B., 2012. Nitel Bilimsel Araştırmalarda Veri Kalitesinin Önemi. Marmara Üniversitesi İ.İ.B. Dergisi, 33(2):543-564.
- Awadallah, A.G., 2012. Selecting Optimum Locations of Rainfall Stations Using Kriging And Entropy. International Journal of Civil and Environmental Engineering, IJCEE-IJENS, 12(1):36-41.
- Ayhan, İ. ve Çubukcu, K.M., 2010. Explaining Historical Urban Development Using The Locations of Mosques: A Gıı/Spatial Statistics-Based Approach. Applied Geography, 30: 229-238.
- Baykul, Y., 1996. İstatistik Metotlar ve Uygulamalar. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi, İSN 975-94896-5-1, Ankara.
- Bestfit-@Risk., 2016. Users's Guide @Risk Risk Analysis and Simulation Add-In for Microsoft® Excel. <http://www.palisade.com/support/manuals.asp>. (Erişim tarihi: 01.06.2016)
- Bhat, S., Motz, L.H., Pathak, C. and Kuebler, L., 2015. Geostatistics-Based Groundwater-Level Monitoring Network Design and Its Application to The Upper Floridan Aquifer, USA. Environ Monit Assess , 187(1):4183.
- Burn, D.H., 1997. Hydrological Information for Sustainable Development. Hydrological Sciences of Journal, 42(4), Canada.
- Castello, C., Williamson, M., Gerdes, K., Harp, D. and Vesselinov, V., 2012. Near-Optimal Placement of Monitoring Wells for The Detection of Potential

- Contaminant Arrival in A Regional Aquifer at Los Alamos National Laboratory. 44th IEEE Southeastern Symposium on System Theory, March 11-13, University of North Florida, Jacksonville, FL.
- Chang, C.L. and Lin, Y.T., 2014. A Water Quality Monitoring Network Design Using Fuzzy Theory and Multiple Criteria Analysis. *Environ Monit Assess*, 186:6459-6469.
- Chen, F.W. and Liu, C.W., 2012. Estimation of The Spatial Rainfall Distribution Using Inverse Distance Weighting (IDW) in The Middle of Taiwan. *Paddy and Water Environment*, 10(3):209-222.
- Chow, V. T., Maidment, D. R. and Wags, L. W., 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, Inc., Civil Engineering Series, New York, 572p.
- Çelik, Ş., Çoşkun, F. ve Yılmaz, O., 2014. Çeşitli Donlardaki Türk Alaca Atlarının Vücut Ölçülerinin Parametrik Olmayan İstatistik Yöntemler İle İncelenmesi. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2): 133-141.
- Çetin, M., 1996. *Jeoistatistiksel Yöntem İle Nokta ve Alansal Yağışların Saptanması ve Stokastik Olarak Modellenmesi: Örnek Havza Uygulamaları*. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı-Doktora Tezi, Adana.
- Çetin, M., Özcan, H. ve Tülücü, K., 2001. Aşağı Seyhan Ovası IV.Merhale Proje Alanında Toprak ve Taban Suyuna İlişkin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerin Yersel Değişimlerinin Jeostatistik Yöntemle Araştırılması. Ç. Ü. Rektörlüğü Araştırma Fonu Projesi Sonuç Raporu, 19 Sayfa, Proje No: ZF/99/14, Adana.
- Çetin, M. ve Diker, K., 2003. Assessing Drainage Problem Areas By GIS: A Case Study in The Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Irrigation and Drainage*, 52:343-353.
- Çetin, M. ve Kırdar, C., 2003. Spatial and Temporal Changes of Soil Salinity in A Cotton Field Irrigated with Low-Quality Water. *Journal of Hydrology*, 272:238-249.

- Çetin, M., Kırdı, C., İbrikçi, H., Topçu, S., Karaca, Ö.F., Karnez, E., Efe, H., Sesveren, S., Öztekin E., Dıngıl M. ve Kaman H., 2008. Sulu Tarım Alanlarında Su, Tuz ve Nitrat Bütçesinin CBS Ortamında Saptanması: Aşağı Seyhan Ovası Örneği. 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları Sulama-Drenaj Konferansı, Nisan 10-11, Adana.
- Çetin, M., İbrikçi, H., Berberoğlu, S., Gültekin, U., Karnez, E. ve Selek, B., 2012. Yarı Kurak İklimli Akdeniz Bölgesi Tarım Alanlarında Tuzluluk Etkisini Azaltmak İçin Sulama Randımanlarının Analiz ve Optimizasyonu (Medsalin). Proje Sonuç Raporu, Adana.
- Çetinkaya, C.P., 2007. Spatial Optimization of Hydrologic Monitoring Networks on Rivers. Ph.D. Dissertation, Dokuz Eylül University, İzmir.
- Çetinkaya, C.P., Barbaros, F. ve Harmancıoğlu, N.B., 2002. Hidrometrik Veri Yönetimi. Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı: 420-421-422 / 2002/4-5-6.
- Çimen, M., 2016. Mühendislik Verilerinde Tek Örnek İçin Parametrik ve Parametrik Olmayan Testler. İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, 29:67-77.
- DSİ, 1990. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Bülteni. DSİ Basım ve Foto-Film İşletme Müdürlüğü Matbası, 71:11-17.
- DSİ, 2012. Devlet Su İşleri Taşkınlar Hidrolojisi Tasarım Rehberi 1. Barajlar Kongresi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü, Ekim , Ankara.
- DSİ, 2013. Devlet Su İşleri Türkiye Ulusal Hidroloji Komisyonu (TUHK) Toplantısı. DSİ Etüt, Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Erol, H., 2006. ISB539 Bilgisayar Destekli İstatistiksel Yöntemler –I. Ders Notları, ADANA (yayınlanmamış).
- Esri, 2013. Spatial Analysis, Implementing Inverse Distance Weighted., [http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=Implementing_Inverse_Distance_Weighted_\(IDW\)](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=Implementing_Inverse_Distance_Weighted_(IDW)) (Erişim tarihi: 19.06.2016)

- EU, 2015. European Commission Guidelines on Data Management in Horizon 2020. Version 2.0, 30 October 2015.
- Fisher, J.C., 2013. Energy Optimization of Water-Level Monitoring Networks in The Eastern Snake River Plain Aquifer Using a Kriging-Based Genetic Algorithm Method. Scientific Investigations Report 2013–5120, The Bureau of Reclamation and United State Department of Energy, USGS, Virginia.
- Gao, B.B., Wang, J.F., Fan, H.M., Xu, K., Hu, M.G. and Chen, Z.Y., 2015. A Stratified Optimization Method for A Multivariate Marine Environmental Monitoring Network in The Yangtze River Estuary and Its Adjacent Sea. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(8):1332-1349.
- Goodwin, R.L., 2014. Random Variables, Their Properties, and Deviational Ellipses: in Map Point and Excel, v 4.0. Munich Personal RePEc Archive, Paper No. 64391, Published by Roger L Goodwin, West Virginia.
- Grabov, G., Yoder, D.C. and Mote, C.R., 2000. An Empirically-Based Sequential Ground Water Monitoring Network Design Procedure. *Journal of The American Water Resources Association*, 36(3):549-566.
- Guo, Y., Wang, J.F. and Yin, X.L., 2011. Optimizing The Groundwater Monitoring Network Using MSN Theory. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 21: 240-242.
- Harmancıoğlu, N.B. ve Özkul, S., 2002. Hidrolojide; Veri işlem, Yorumlama ve Tasarım. Seminer Notları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Harmancıoğlu, N.B., İcaga, Y. and Gül, A., 2004. The Use of An Optimization Method in Assessment of Water Quality Sampling Sites. *European Water*, 5(6): 25-34.
- Iqzquiza, E. P., 1998. Optimal Selection of Number and Location of Rainfall Gauges for Areal Rainfall Estimation Using Geostatistics and Simulated Annealing. *Journal of Hydrology*, 210:206-220.

- Jothi, A.L. 2015. Financial Mathematics. Himalaya Publishing House, Mumbai-India, 512p.
- Junez-Ferreira, H.E., Herrera, G. S., Gonzalez-Hita, L., Cardona, A. and Mora-Rodriguez, J., 2016. Optimal Design of Monitoring Networks for Multiple Groundwater Quality Parameters Using A Kalman Filter: Application to The Irapuato-Valle Aquifer. Environ Monit Assess, 188:39.
- Kalağan, G. ve Güzeller, C.O., 2010. Öğretmenlerin Örgütsel Sinizm Düzeylerinin İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 27: 83-97.
- Kanber, R. ve Ünlü, M., 2008. 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Devlet Su İşleri Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları Sulama-Drenaj Konferansı. Bildiri Kitabı, 11 Nisan, Adana.
- Karnez, E., 2010. Aşağı Seyhan Ovasında Buğday ve Mısır Üretim Alanlarında Azot Bütçesine İlişkin Girdi ve Çıktıların İrdelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı-Doktora Tezi, Adana.
- Kassim, A.H.M. and Kottegoda, N.T., 1991. Rainfall Network Design Through Comparative Kriging Methods. Hydrological Sciences Journal, 36(3):223-240.
- Kayri, M., 2009. Araştırmalarda Gruplar Arası Farkın Belirlenmesine Yönelik Çoklu Karşılaştırma (Post-Hoc) Teknikleri. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 19(1):51-64.
- Kesici, T. ve Kocabaş, Z., 1998. Biyoistatistik. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Yayın No:79, Ankara.
- Khader, A. I. and Mckee, M., 2014. Use of A Relevance Vector Machine for Groundwater Quality Monitoring Network Design Under Uncertainty. Environmental Modelling and Software, 57:115-126.
- Khan, S., Chen, H. F. and Rana, T., 2008. Optimizing Ground Water Observation Networks in Irrigation Areas Using Principal Component Analysis. National GroundWater Association, Ground Water Monitoring and Remediation, 28(3):93-100.

- Kollat, J. B., Reed, P. M. and Maxwell, R. M., 2011. Many-Objective Groundwater Monitoring Network Design Using Bias-Aware Ensemble Kalman Filtering, Evolutionary Optimization and Visual Analytics. *W.R.R.*, 47(2):W02529.
- Landau, S. and Everitt, S.B., 2004. *A Handbook of Statistical Analyses*. A Crc Press Company, Washington.
- Ldwg, 2012. Inverse Distance Weighting Methodology for Interpolating Surface Sediment Chemistry. Lower Duwamish Waterway Group, Final Feasibility Study, Washington.
- Lettenmaier, D.P., Anderson, D.E. and Brenner, R.N., 1984. Consolidation of A Stream Quality Monitoring Network. *Water Resources Bulletin, AWRA*, 20(4):473-481.
- Li, Y. and Hilton, A. B. C., 2007. Optimal Groundwater Monitoring Design Using An Ant Colony Optimization Paradigm. *Environmental Modelling and Software*, 22:110-116.
- Lutz, R., Ameri, P., Latzko ,T. and Meyer, J., 2014. Management of Meteorological Mass Data with MongoDB. *Proceedings of the 28th EnviroInfo 2014 Conference, Oldenburg, September, 10-12, 2014, Germany*.
- Made Van Der, J.M., 1986. Design Aspects of Hydrological Networks. The Netherlands Organization for Applied Scientific Research TNO, *Proceedings and Information N:35*.
- Menteşe, S. ve Okuyucu, A., 2013. Bilecik İlinde Nüfusun Mekansal Dağılışının Jeostatistiksel Yöntemlerle İncelenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(24):259-267.
- Mimikou, M. and Gordios, J., 1989. Predicting The Mean Annual Flood and Flood Guantiles for Ungaged Catchments in Greece. *Hydrological Sciences Journal*, 34 (2) :169-184.

- Nunes, L. M., Cunha, M. C. and Ribeiro, L., 2004. Groundwater Monitoring Network Optimization with Redundancy Reduction. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 130 (1):33-43.
- Önder, H., 2005. Permütasyon Testlerinin Doğrusal Modellerde Uygulanması ve Karşılaştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Ana Bilim Dalı-Doktora Tezi, Adana.
- Önsel, E.İ., 2006. Doğal Taş Maden Ocaklarının Planlanması Amacıyla Süreksizliklerinin Üç Boyutlu Olarak Modellenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı-Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Parasyris, A. E., Spanoudaki, K. and Kampanis, N. A., 2016. Optimisation of Groundwater Level Monitoring Networks Using Geostatistical Modelling Based on The Spartan Family Variogram and A Genetic Algorithm Method. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 18, EGU2016-1179-1, EGU General Assembly 2016.
- Pearson, C.P., 1998. Changes to New Zealand's National Hydrometric Network in The 1990s. *Journal of Hydrology*, 37(1):1-17.
- Pedini-Perez, C., Limbrunner, J.F. and Vogel, R.M., 2005. Optimal Location of Infiltration-Based Best Management Practices for Storm Water Management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 131(6):441-448.
- Pilon, P. J., Day, T. J., Yuzyk, T. R. and Hale, R. A., 1996. Challenges Facing Surface Water Monitoring in Canada. *Canadian Water Resources Journal*, 21(2):157-164.
- Ran,Y., Li, X., Ge, Y., Lu, X. and Lian,Y., 2015. Optimal Selection of Groundwater-Level Monitoring Sites in The Zhangye Basin, Northwest China. *Journal of Hydrology*, 525:209-215.
- Soysal, G., 2012. Multistatik Hedef Takibi Başarım Analizinde Gözlenen Bilgi Matrisi Kullanımı. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı-Doktora Tezi, Ankara.

- Sprent, P. and Smeeton, N.C., 2000. Applied Nonparametric Statistical Methods. CRC Press LLC, N.W.463p.
- Storck, P., Eheart, J.W., Valocchi, A.J., 1997. A Method for The Optimal Location of Monitoring Wells for Detection of Groundwater Contamination in Threedimensional Heterogenous Aquifers. Water Resources Research, 33(9):2081-2088.
- Tasker, D. G., Hodge, A .C. and Barks, S. C., 1996. Region of Influence Regression for Estimating The 50-Year Flood at Ungaged Sites. Water Resources Bulletin, 32(1):163-170.
- Thakur, J.K., 2015. Optimizing Groundwater Monitoring Networks Using Integrated Statistical and Geostatistical Approaches. Hydrology 2015, 2(3):148-175.
- Theodossiou, N. and Latinopoulos, P., 2006. Evaluation and Optimisation of Groundwater Observation Networks Using The Kriging Methodology. Environmental Modelling and Software, 21 (7): 991-1000.
- Topaloğlu, F., 1999. Seyhan Havzası Akarsularında Taşkınların Büyüklük ve Frekanslarının Tahmini İçin Uygun Bir Yöntemin Araştırılması. ukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı-Doktora Tezi , Adana.
- Topçu, S., etin, M., Kırdı, C., Karaca, .F., Efe, H. ve Sesveren, S., 2008. Sulamadan Dönen Suların Tarımda Kullanımının Sürdürülebilirliği. 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları Sulama-Drenaj Konferansı, Nisan 10-11, Adana.
- Tunçay, T., 2010. Kapalı Drenaj Sisteminin Etkinliğinde Rol Oynayan Toprak zelliklerinin Konumsal Değişiminin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı-Doktora Tezi, Ankara.
- Tülücü, K., 1988. KT-310 Uygulamalı Hidroloji. . . Ziraat Fakültesi Ders Kitapları, No:76, Adana.

- UB, 2015. Data Management Planning EC Horizon 2020 Pilot on Open Research Data Applicants. University of Bristol Research, Data Service, Version 1.0 July 2015.
- USEPA, 2004. Demonstration of Two Long-Term Groundwater Monitoring Optimization Approaches-Report with Appendices. U.S Environmental Protection Agency, 2004.
- USEPA, 2007. Groundwater Monitoring Network Optimization Frontier Hard Chrome (FHC) Superfund Site, Vancouver, Washington. U.S Environmental Protection Agency, 2007.
- Uzun, Y., Dilaver, A. ve Konak, H., 1998. Jeodezik Ağların Şekil Yönünden Optimizasyonunda Ardışık Dengeleme Yönteminin Kullanılması. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 4(1-2):603-612.
- Wei, C., Yeh, H.C. and Chen, Y.C., 2014. Spatiotemporal Scaling Effect on Rainfall Network Design Using Entropy. Entropy, 16: 4526-4647.
- WMO, 1994. World Meteorological Organization Conference on the Economic Benefits of Meteorological and Hydrological Services. WMO/TD-No.630, Geneva, 19-23 September, Switzerland.
- WMO, 2008. World Meteorological Organization Guide to Hydrological Practices. Version. 1, No. 168, Switzerland.
- WMO, 2014. World Meteorological Organization Climate Data Management System Specifications. Version. 1, No. 1131, Switzerland.
- Wong, D.W.S. and Lee, J., 2005. Statistical Analysis of Geographic Information with Arcview GIS and ArcGIS. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- WSDT, 2006. Regional Precipitation-Frequency Analysis and Spatial Mapping of Precipitation for 24-Hour And 2-Hour Durations in Eastern Washington. Washington State Department of Transportation, Oregon Climate Service, Report, Washington.

- Yakar, M., 2011. Nüfus Dağılımının Mekansal Analizi: Afyonkarahisar Örneği. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 4(9):389-406.
- Yang, F., Cao, S., Liu, X. and Yang, K., 2008. Design of Groundwater Level Monitoring Network with Ordinary Kriging. Journal of Hydrodynamics, 20(3):339-346.
- Yetkin, M., 2008. GPS Ağlarının Optimal Tasarımı ve Robust İstatistik Yöntemlerin Kullanılabilirliği. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı-Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Yıldırım, N., 2013. Normal Dağılım İçin Uyum İyiliği Testleri ve Bir Simülasyon Çalışması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik-Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

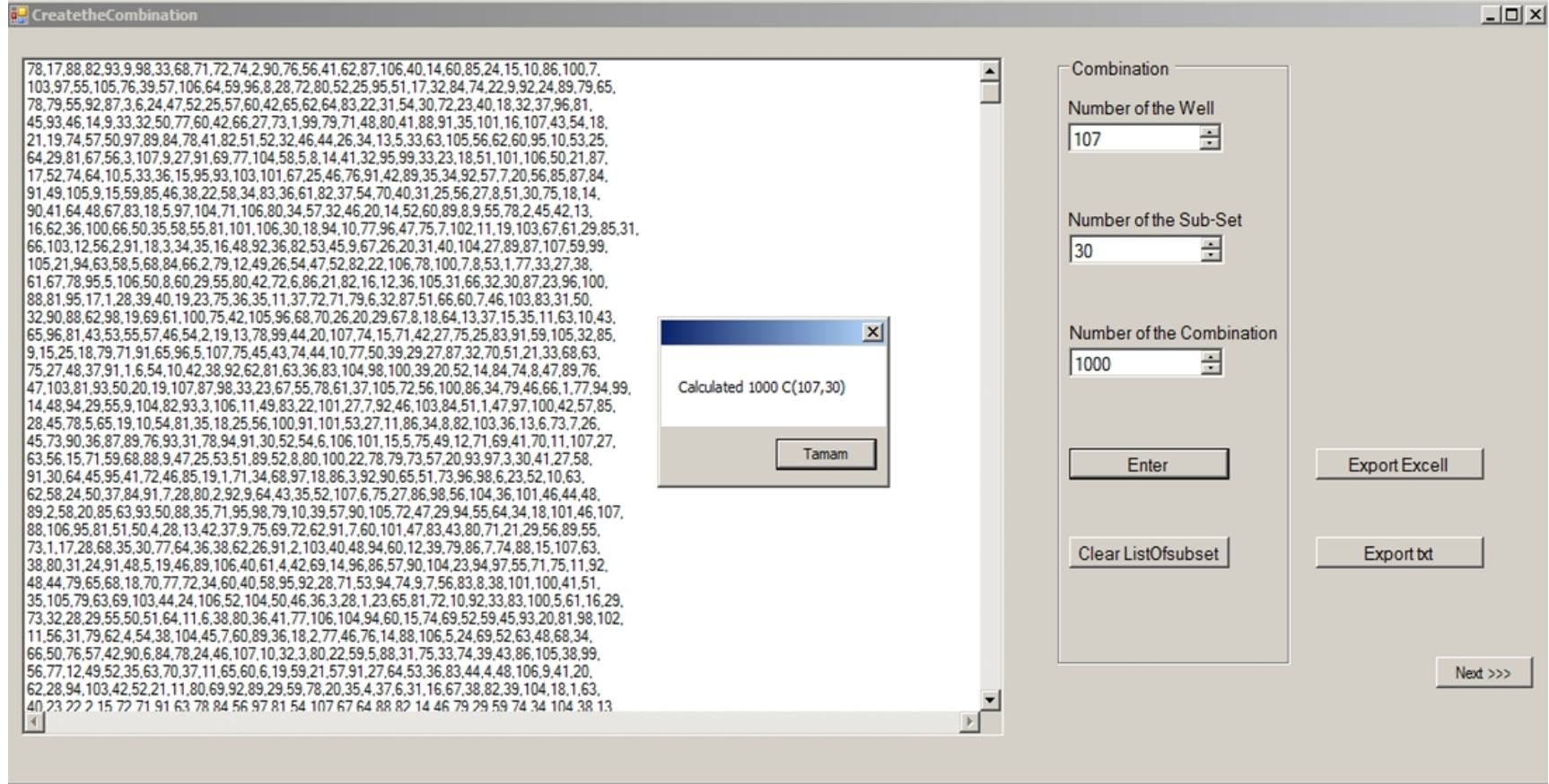
1970 yılında Osmaniye’de doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini burada tamamladı. 1989 yılında; Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünü kazandı. Babasının hastalığı nedeniyle 1991-1992 öğretim yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama (TYS) Bölümüne yatay geçiş yaptı. 1992 yılında bölümünde açılan yabancı dil yazılı ve mülakat sınavını kazanarak *Polanya*’nın ikinci büyük şehri olan *Krakow*’da bir ay süreli “*Summer Training Program*” adlı kursa katıldı. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünden 1994 yılında mezun oldu. 1995 yılında İstanbul’da kısa dönem olarak askerlik hizmetini tamamladı. 1997 yılında Adana Mustafa Beyli Sulama Birliğinde Genel Sekreter olarak çalıştı. Aynı yıl Milli Eğitim Bakanlığının öğretmen alımı için açtığı kadrolara başvuru yaparak; 11.09.1997 yılında memuriyet hayatına, Şanlıurfa Akçakale Pekmezli köyünde sınıf öğretmeni olarak başladı. 1999-2000 Eğitim ve Öğretim yılında Şanlıurfa Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsüne ziraat mühendisi olarak atandı. 2000 yılında *Kahire-Mısır*’da “*Water Saving in Irrigated Agriculture*” adı altında düzenlenen 15 günlük kursa katıldı. 2001 yılında Osmaniye Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü Etüt ve Proje Müdürlüğüne atandı. 2005 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde yüksek lisansa başladı ve 2008 yılında yüksek lisans çalışmasını TYS bölümünde tamamladı. 2010 yılında bölümünde doktora giriş sınavını kazandı. Bir ay süreyle 2013 yılında *Kobe-Japonya*’da “*Doktora Tez Konusu ve Programlama Kodları*” üzerine çalışmalar yaptı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü’nün kapatılmasından sonra, aynı görevi yürüten Osmaniye İl Özel İdaresi Etüt Proje Yatırım ve İnşaat Müdürlüğünde Ziraat Yüksek Mühendisi olarak çalışmaktadır. Bir kız babasıdır.



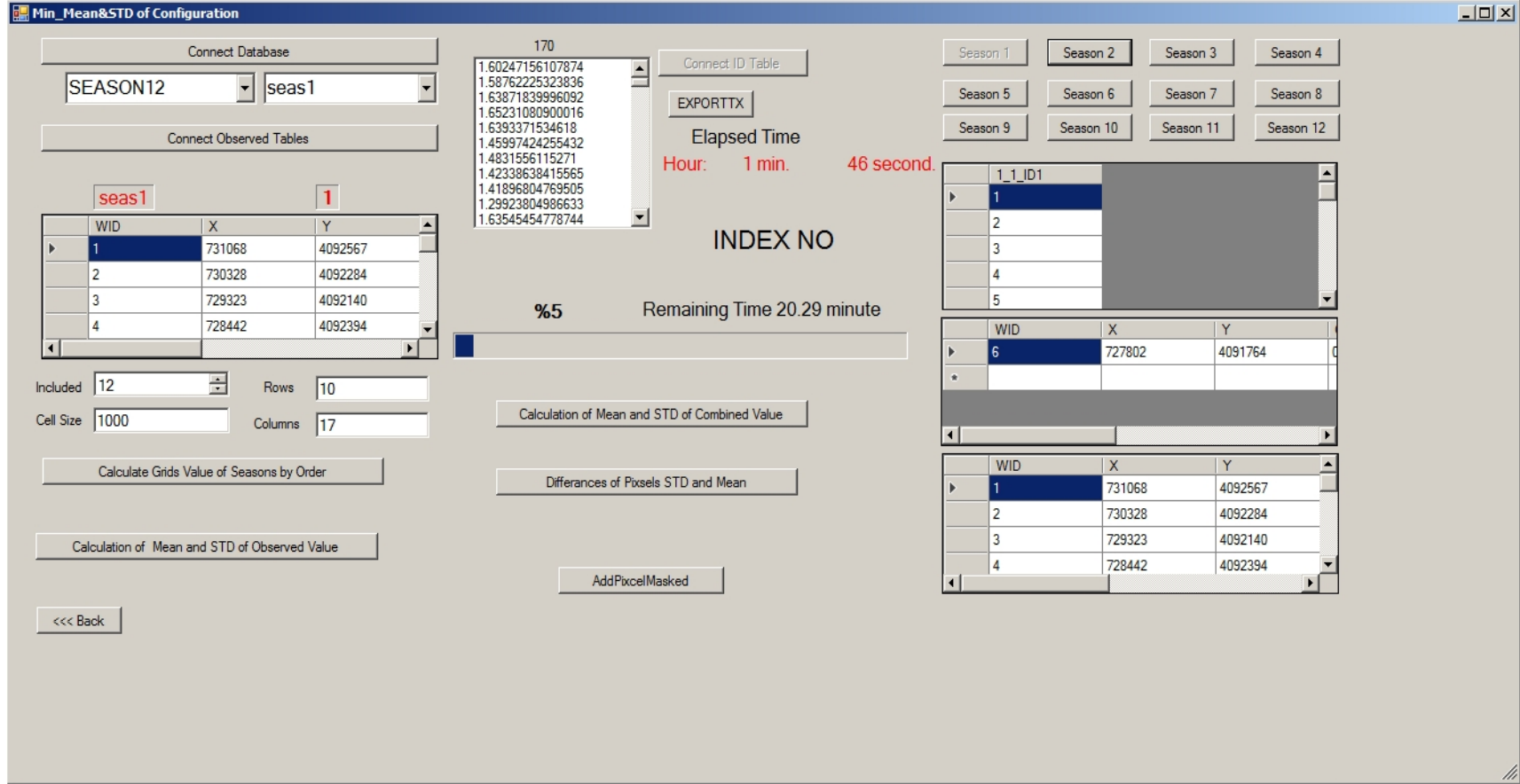


EKLER

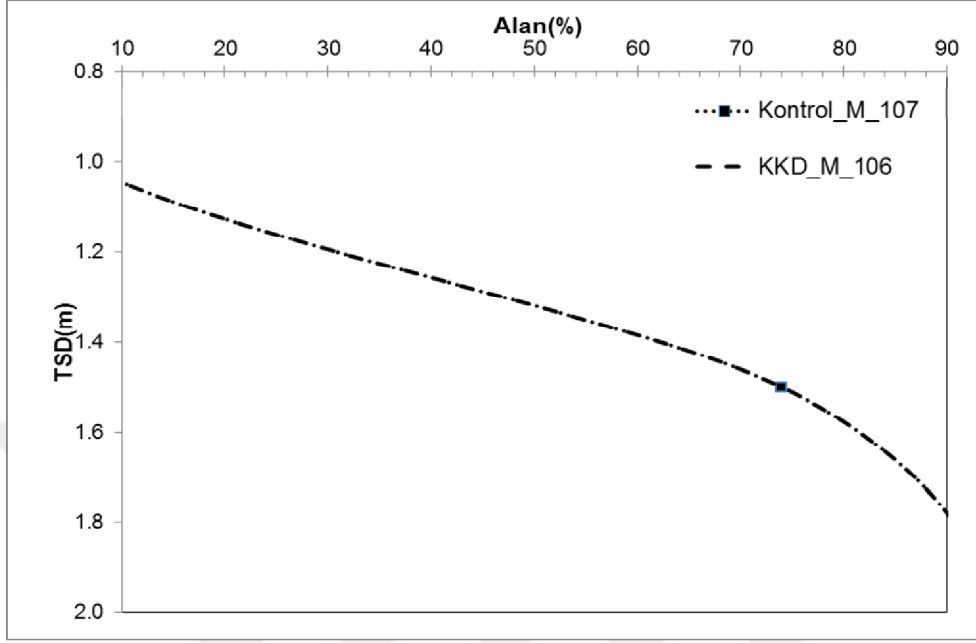




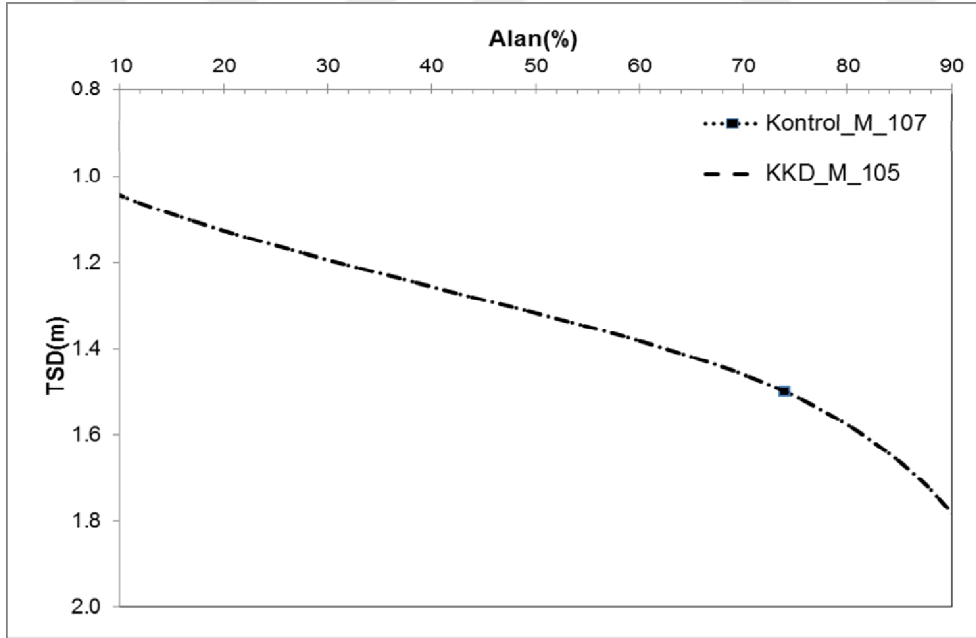
Ek Şekil 1. Kombinasyon alt kümelerinin elde edilmesini sağlayan yazılımın ara yüzü



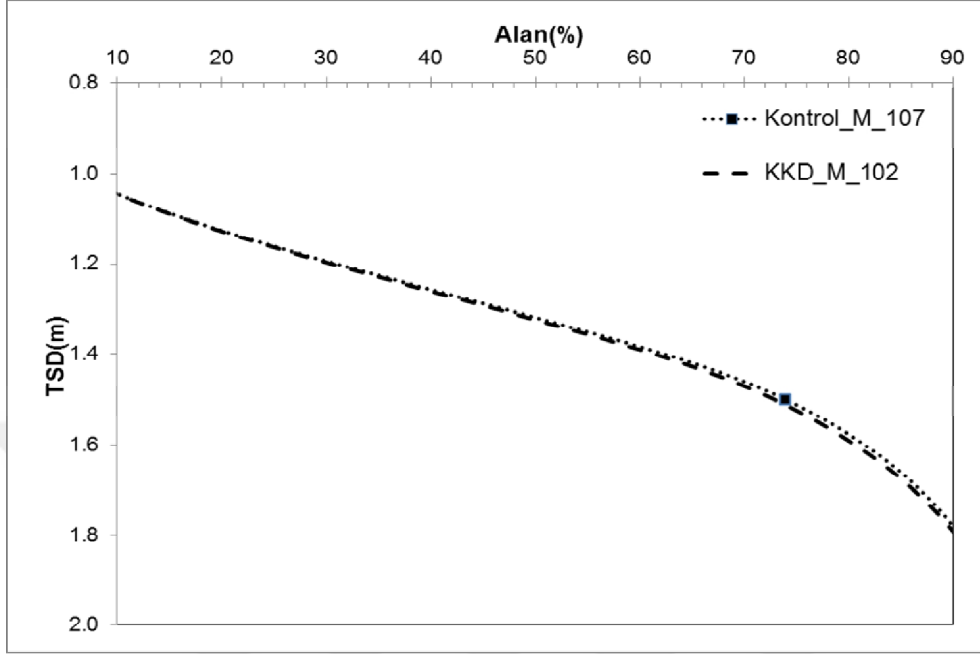
Ek Şekil 2. Grid tabanlı optimizasyon modelinin uygulanabilmesi için geliştirilen yazılımın ara yüzü



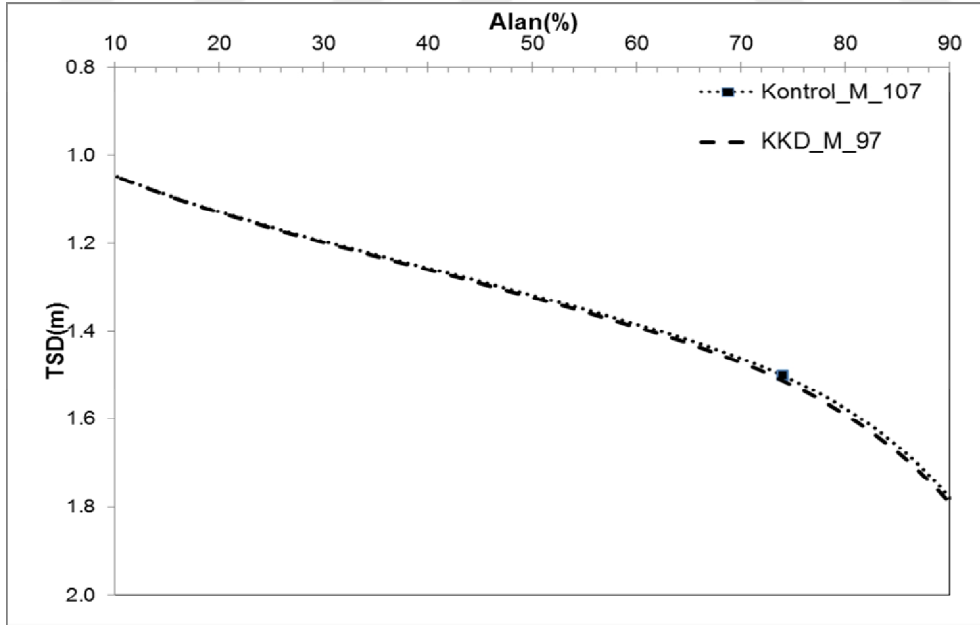
Ek Şekil 3. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_106* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



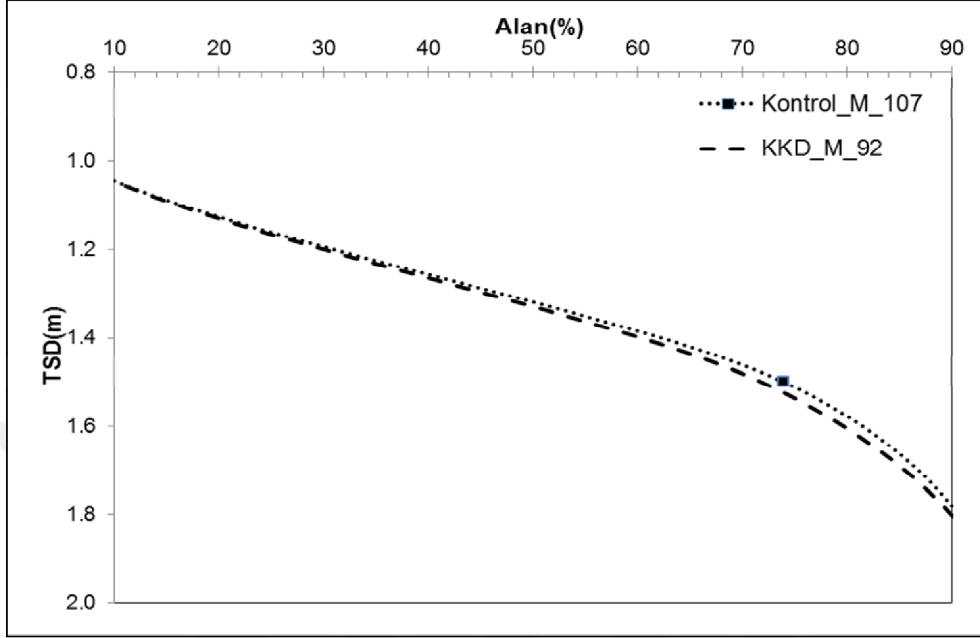
Ek Şekil 4. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_105* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



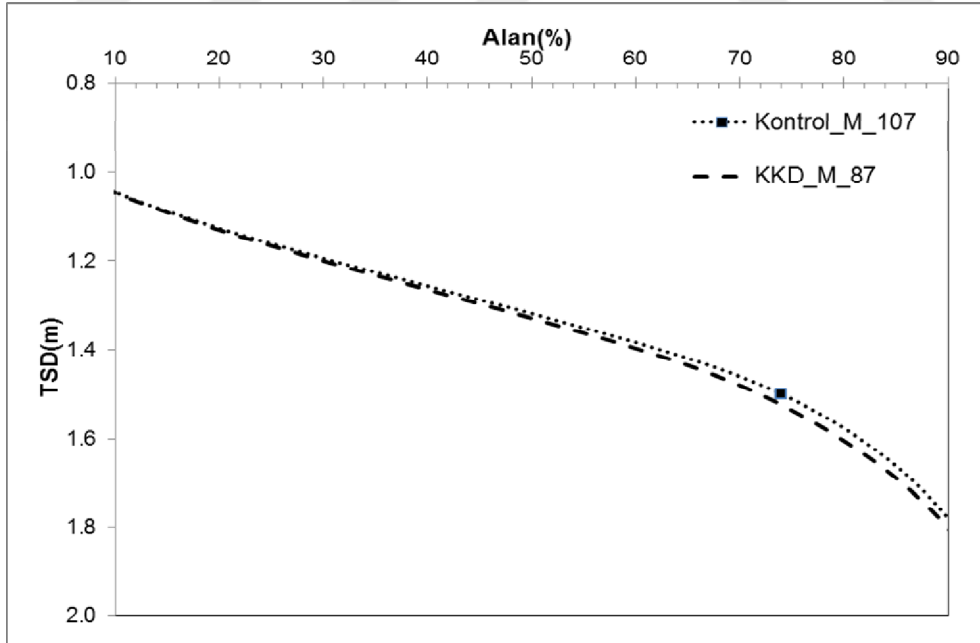
Ek Şekil 5. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_102* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



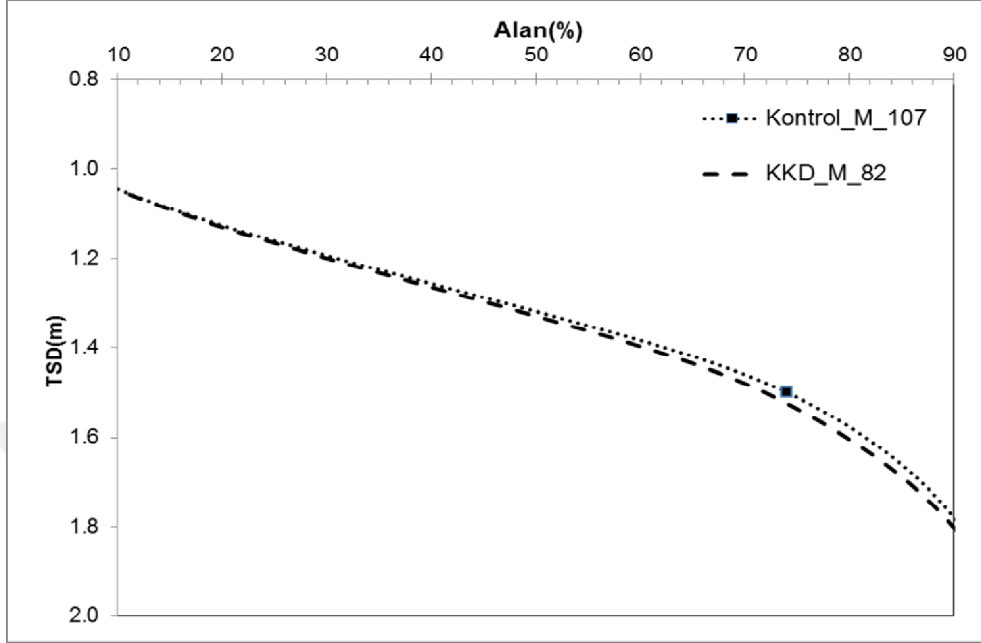
Ek Şekil 6. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_97* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



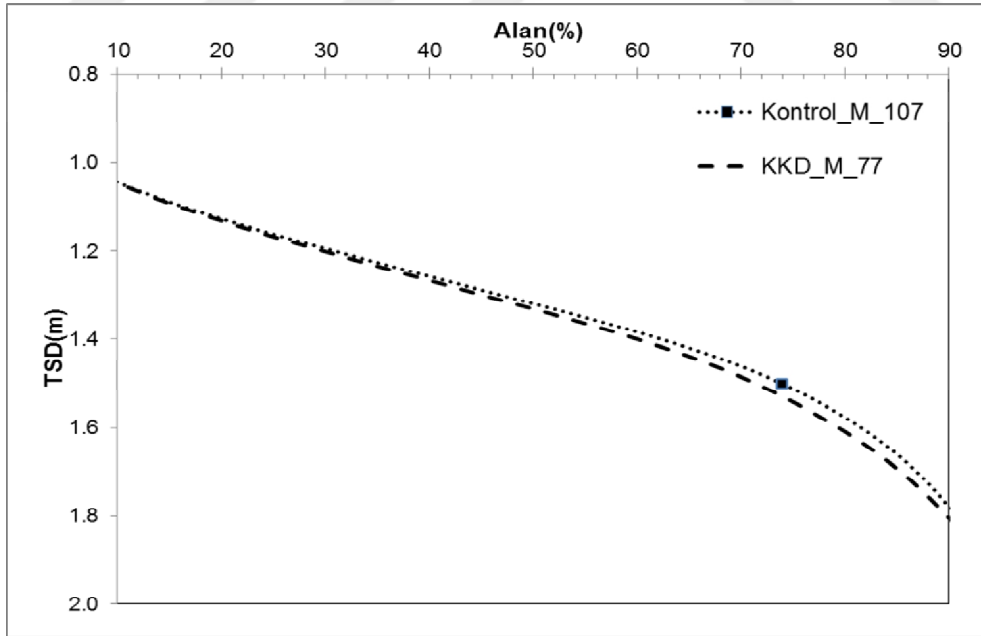
Ek Şekil 7. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_92* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



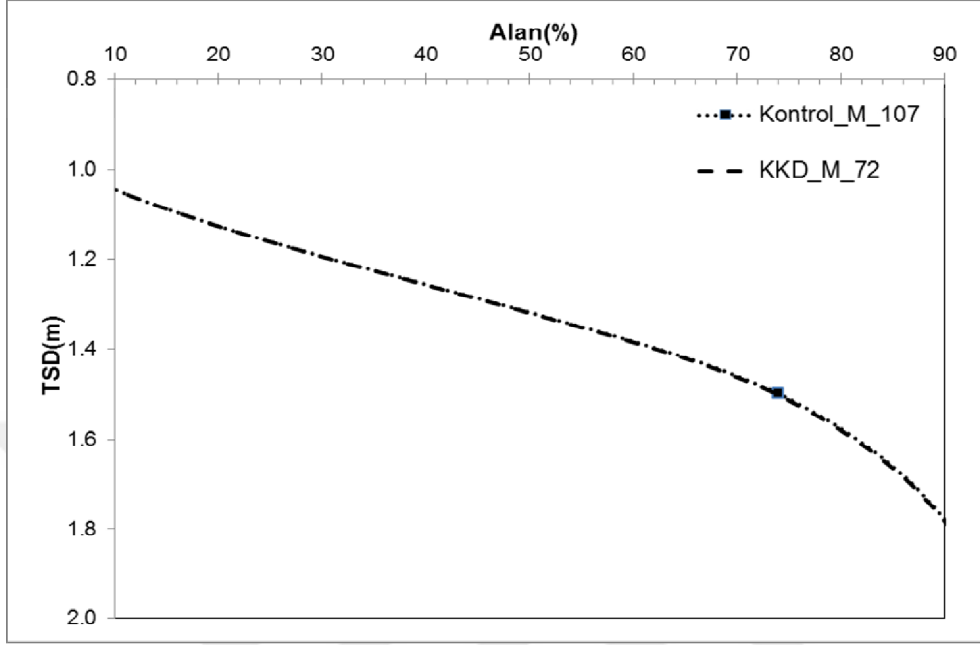
Ek Şekil 8. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_87* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



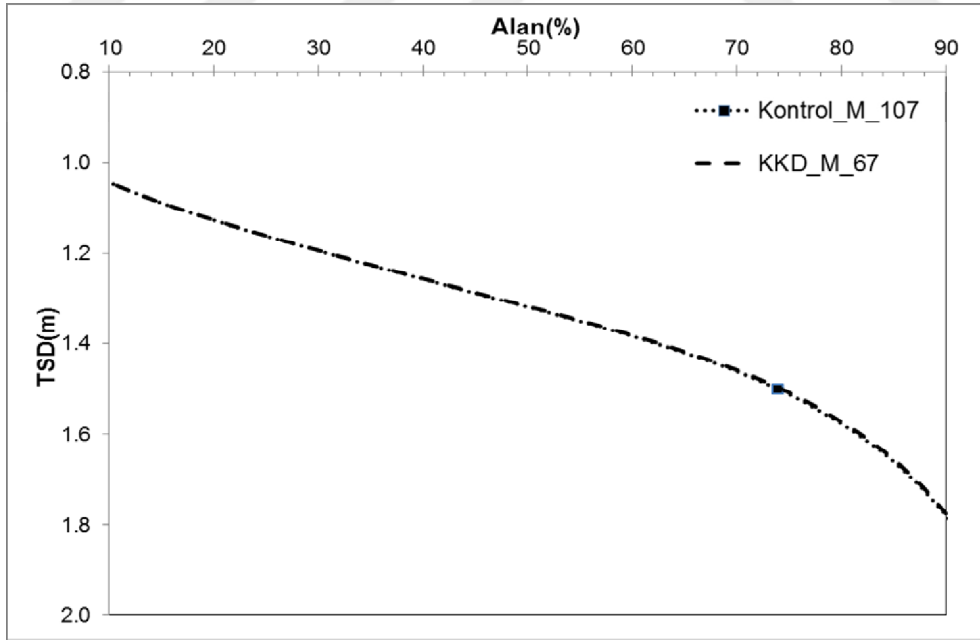
Ek Şekil 9. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_82* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



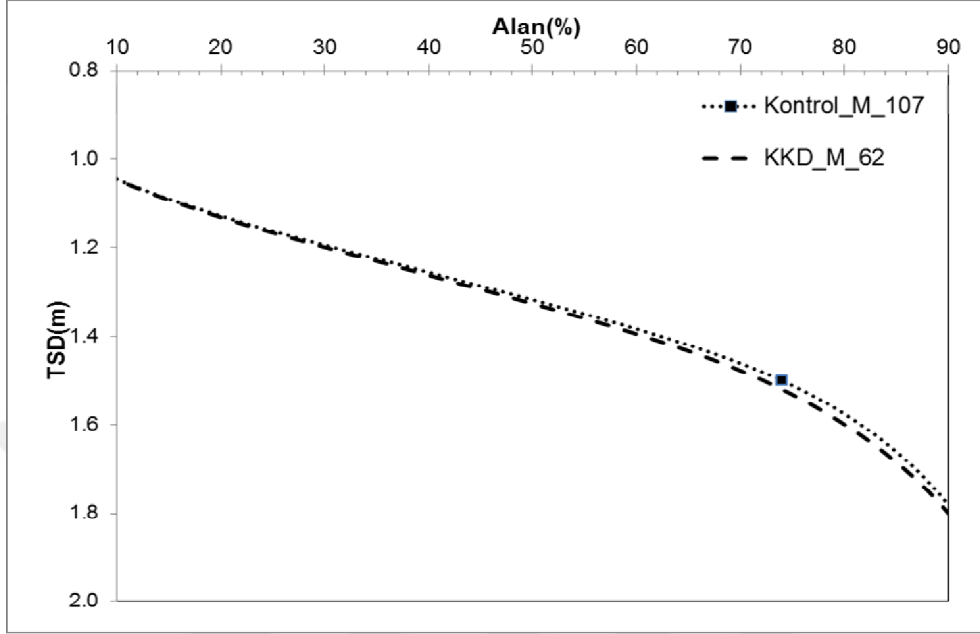
Ek Şekil 10. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_77* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



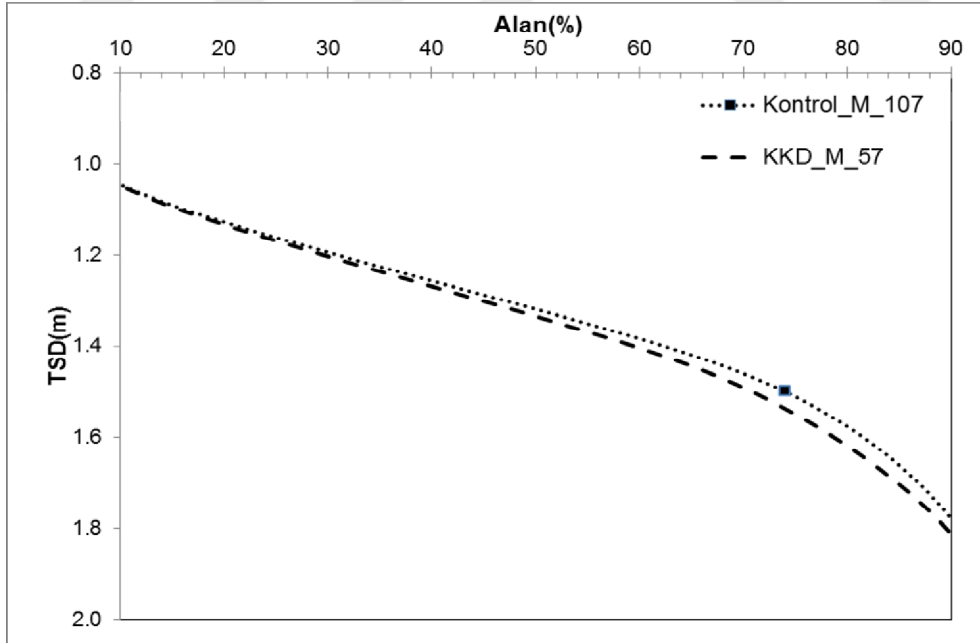
Ek Şekil 11. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_72* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



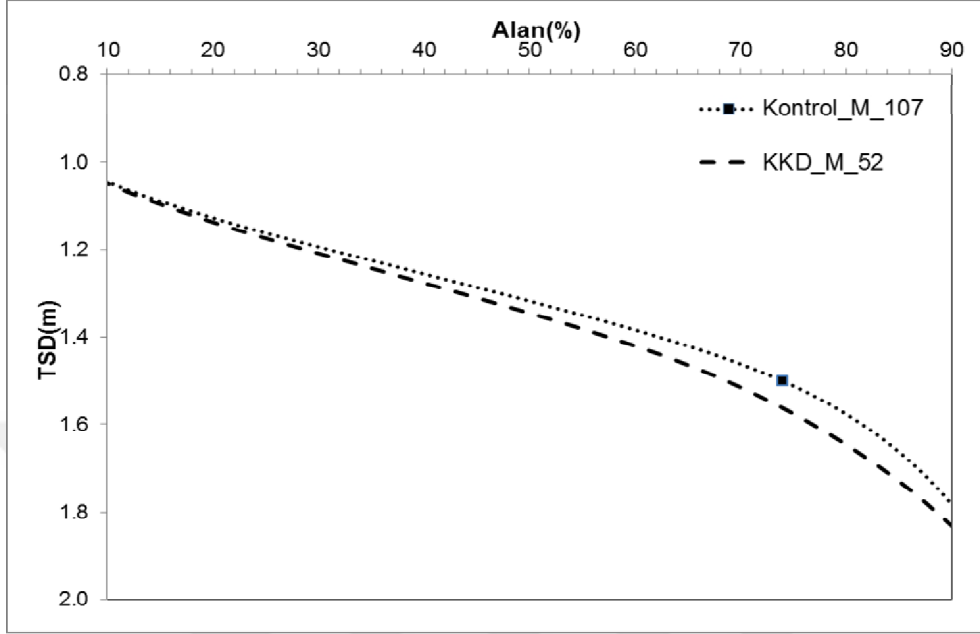
Ek Şekil 12. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_67* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



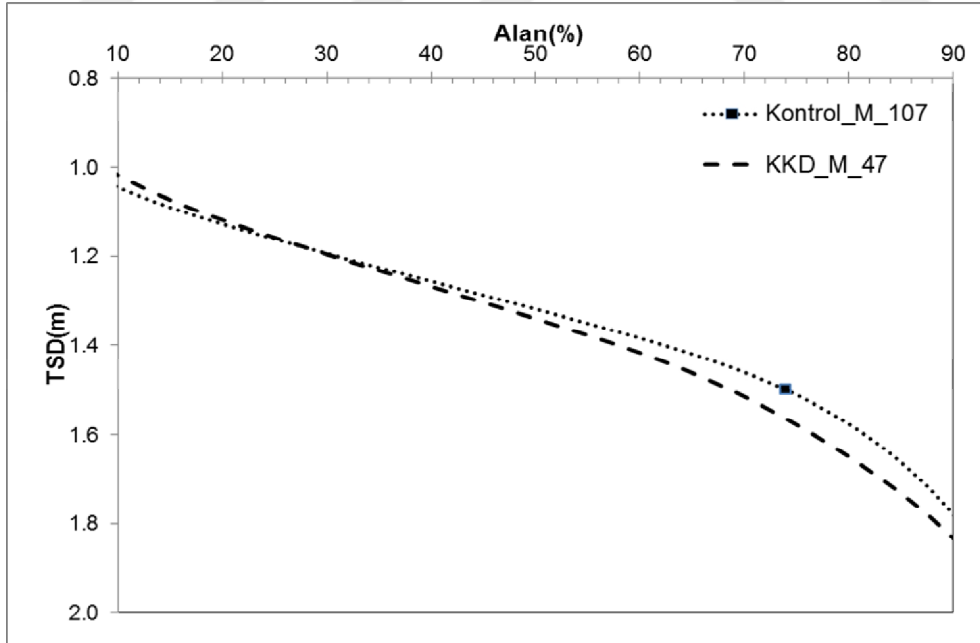
Ek Şekil 13. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_62* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



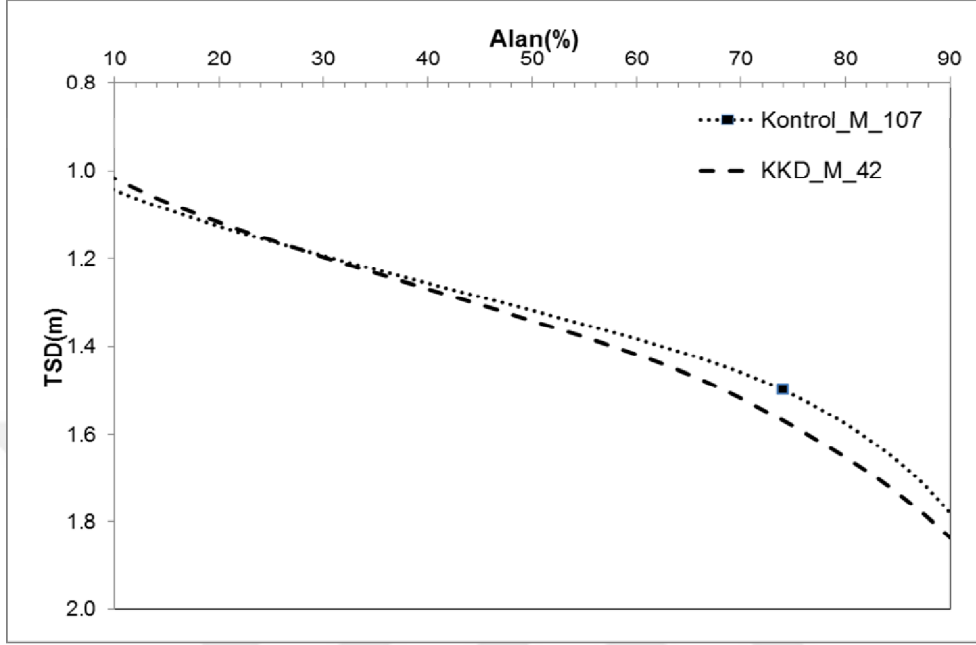
Ek Şekil 14. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_57* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



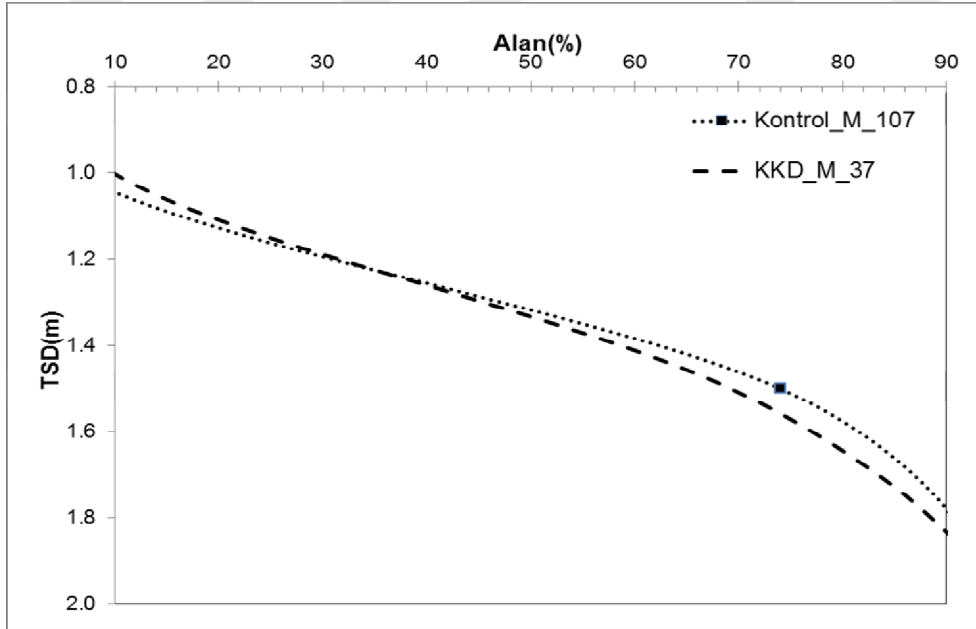
Ek Şekil 15. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_52* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



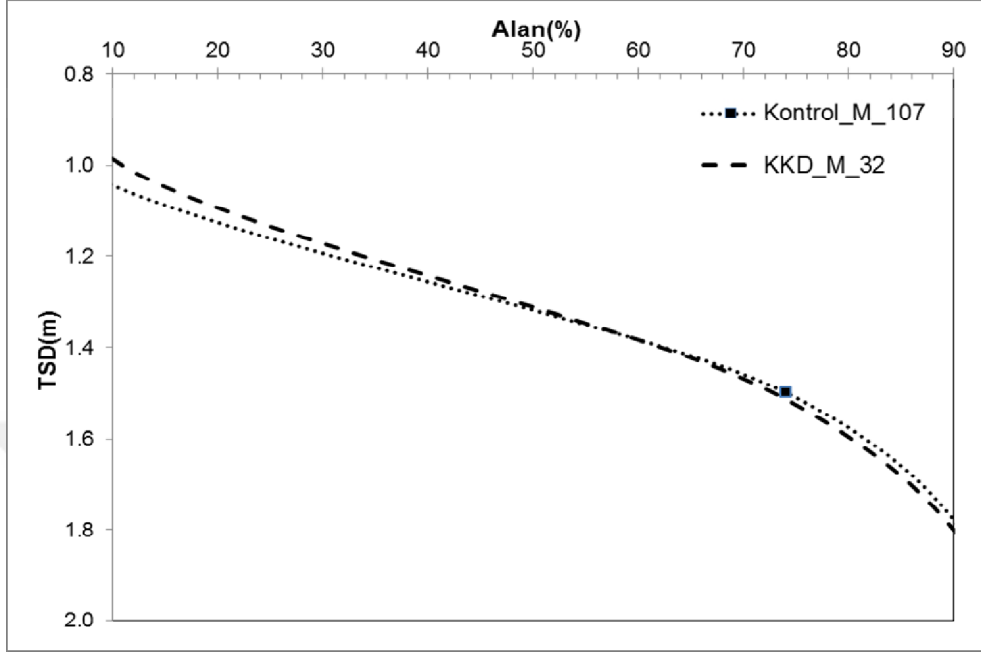
Ek Şekil 16. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_47* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



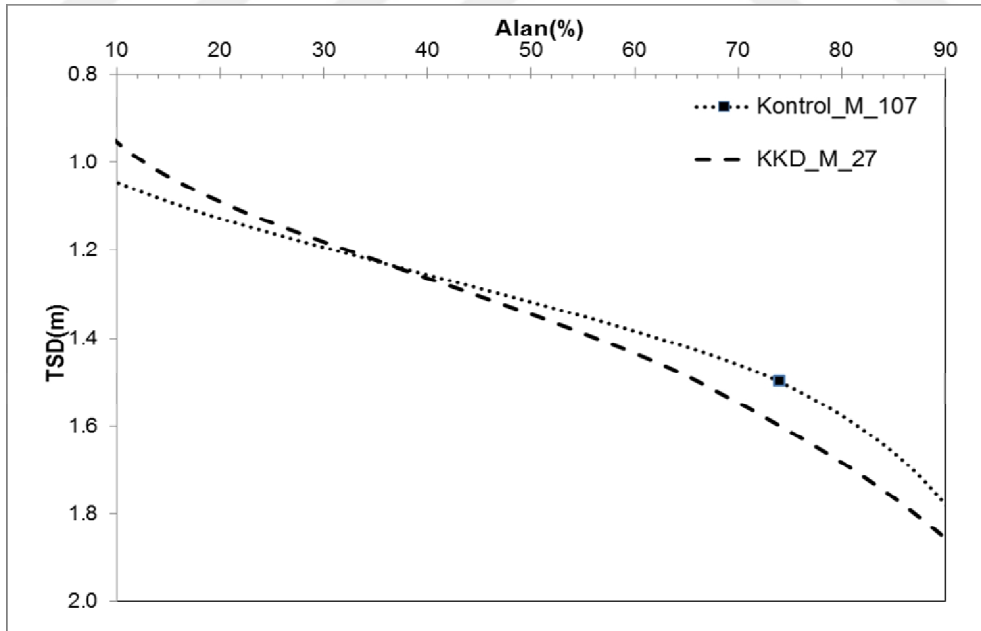
Ek Şekil 17. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_42* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



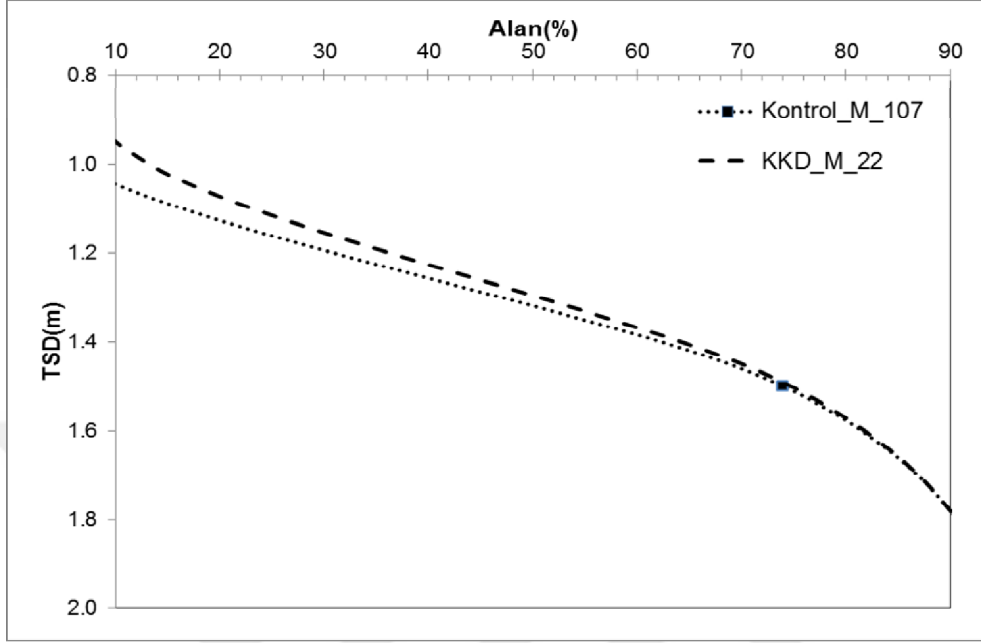
Ek Şekil 18. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_37* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



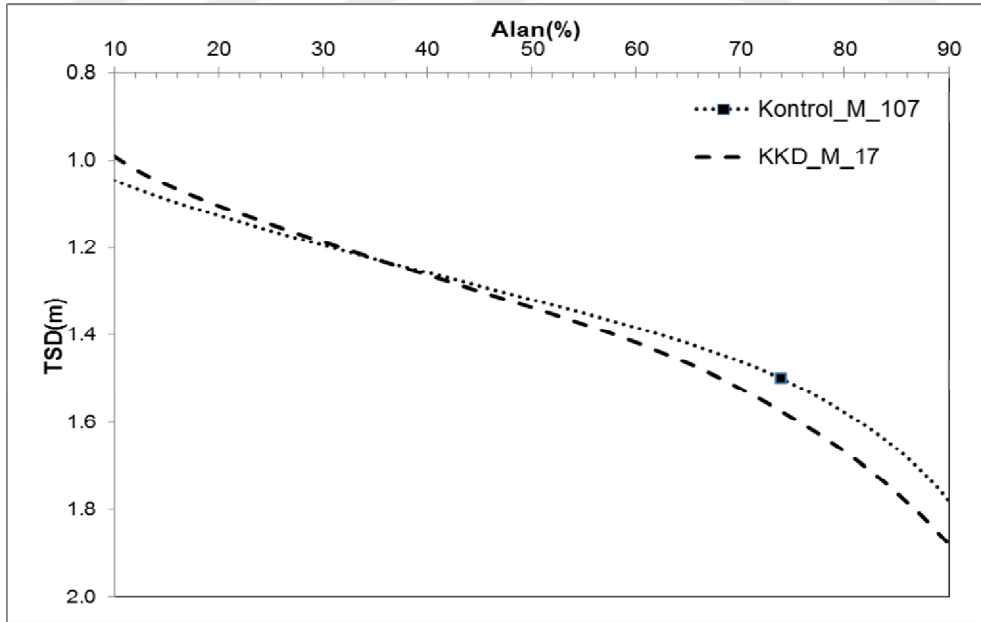
Ek Şekil 19. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_32* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



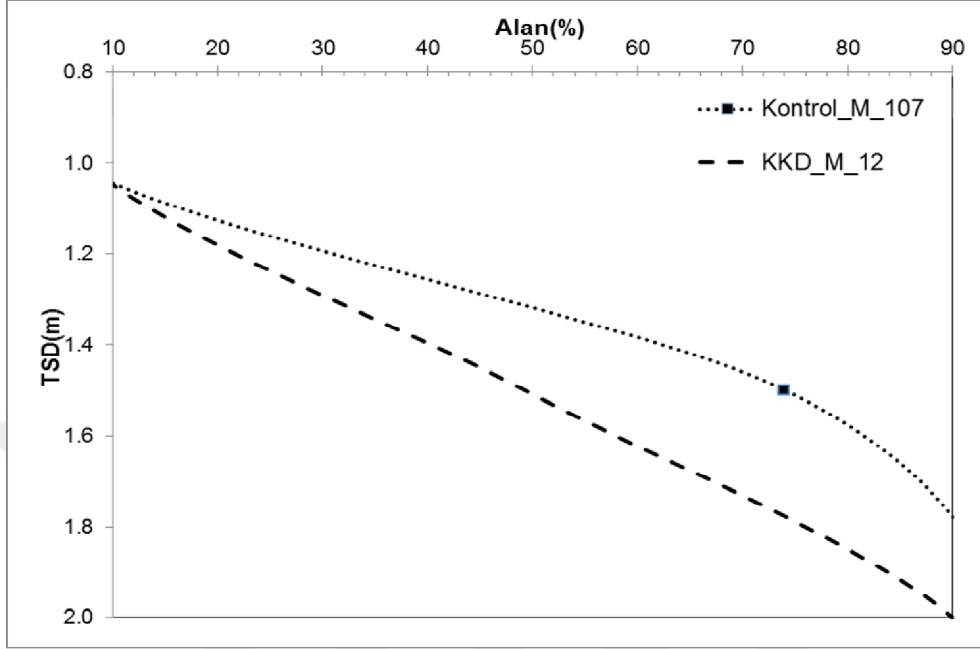
Ek Şekil 20. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_27* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



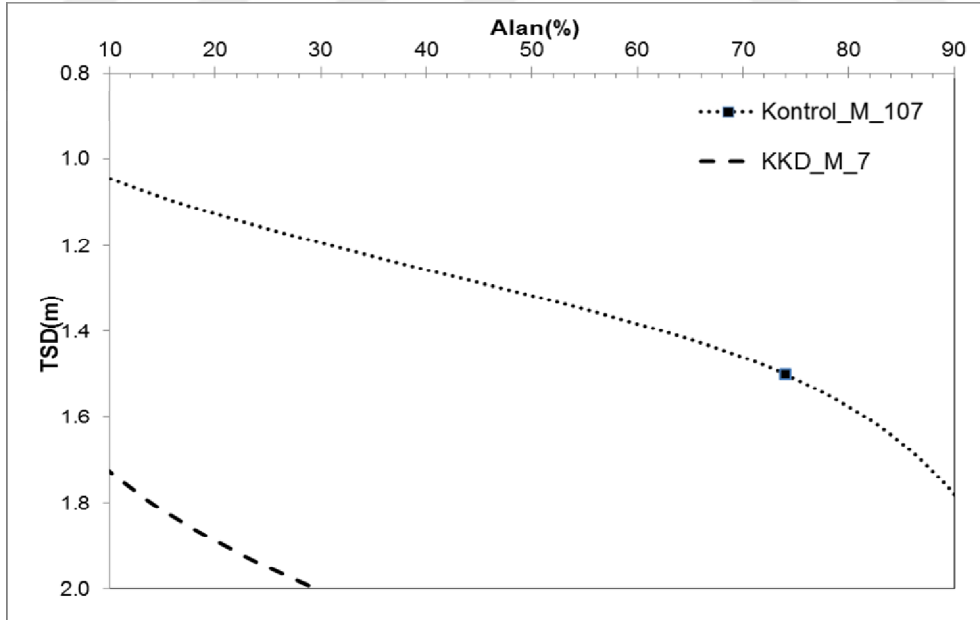
Ek Şekil 21. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_22* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



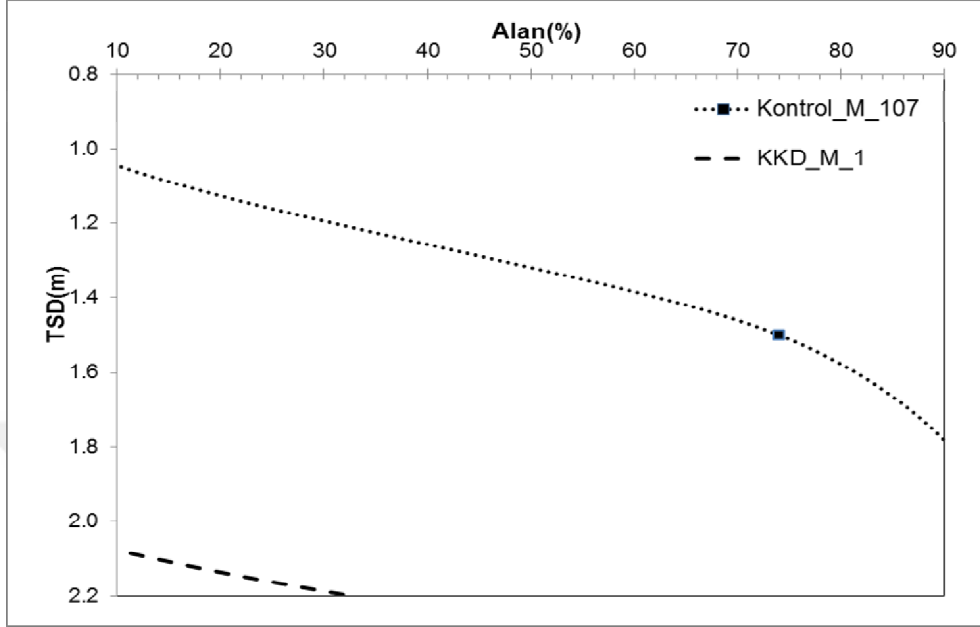
Ek Şekil 22. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_17* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



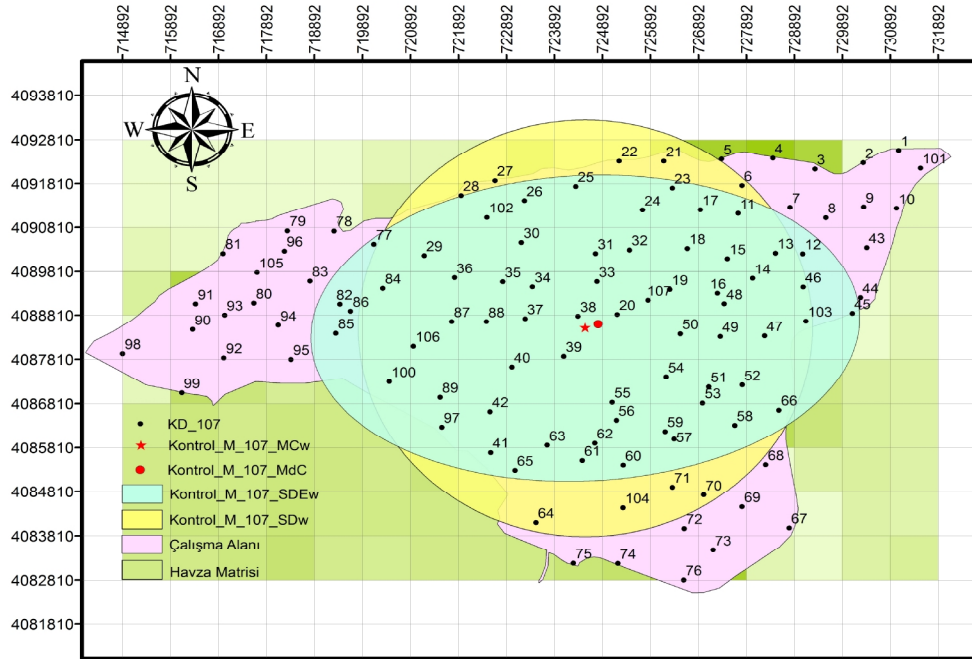
Ek Şekil 23. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_12* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



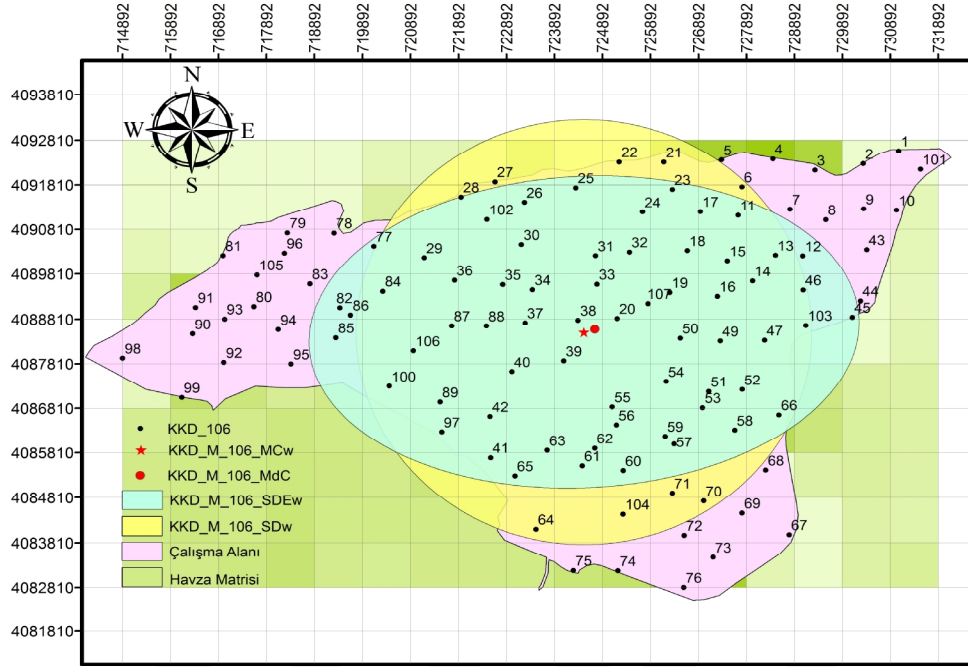
Ek Şekil 24. *Kontrol_M_107* ve *KKD_M_7* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrileri



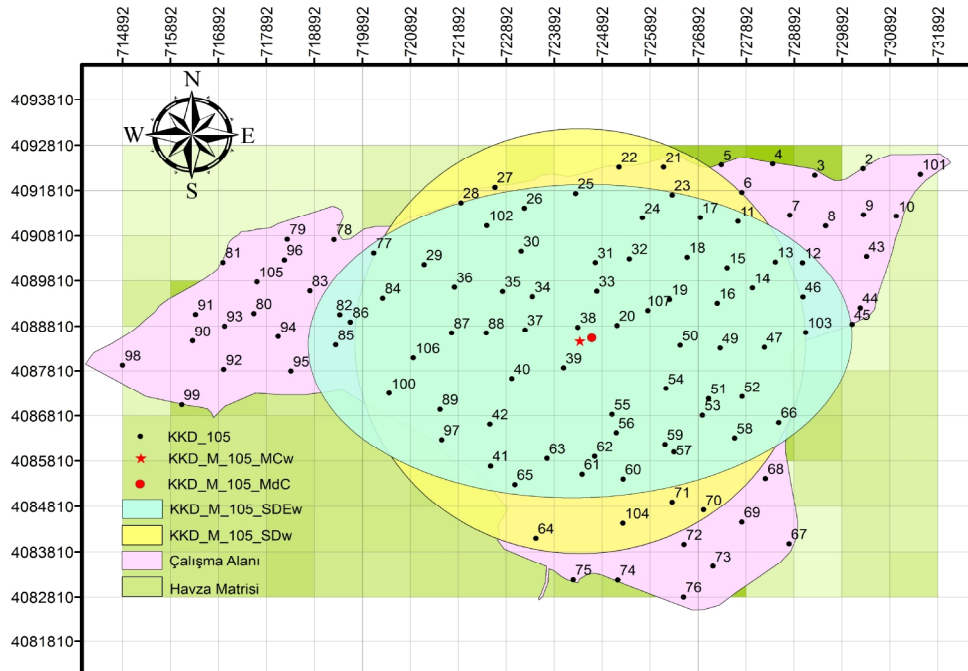
Ek Şekil 25. Kontrol_M_107 ve KKD_M_1 havza matrisleri TSD hipsometrik eğrileri



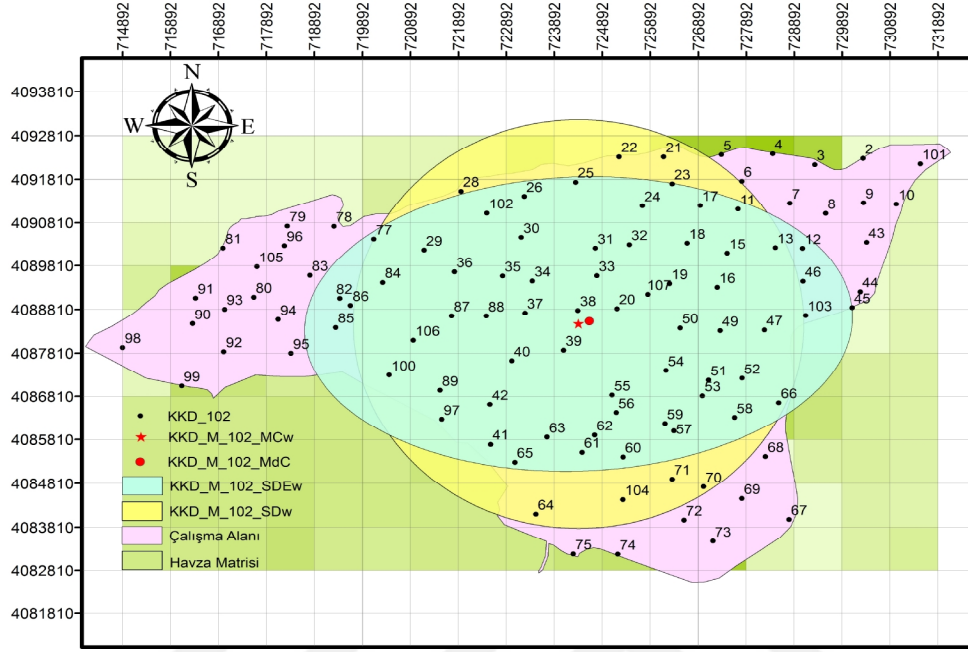
Ek Şekil 26. Kontrol_M_107 havza matrisine ait Konumsal İstatistiklerin gösterimi



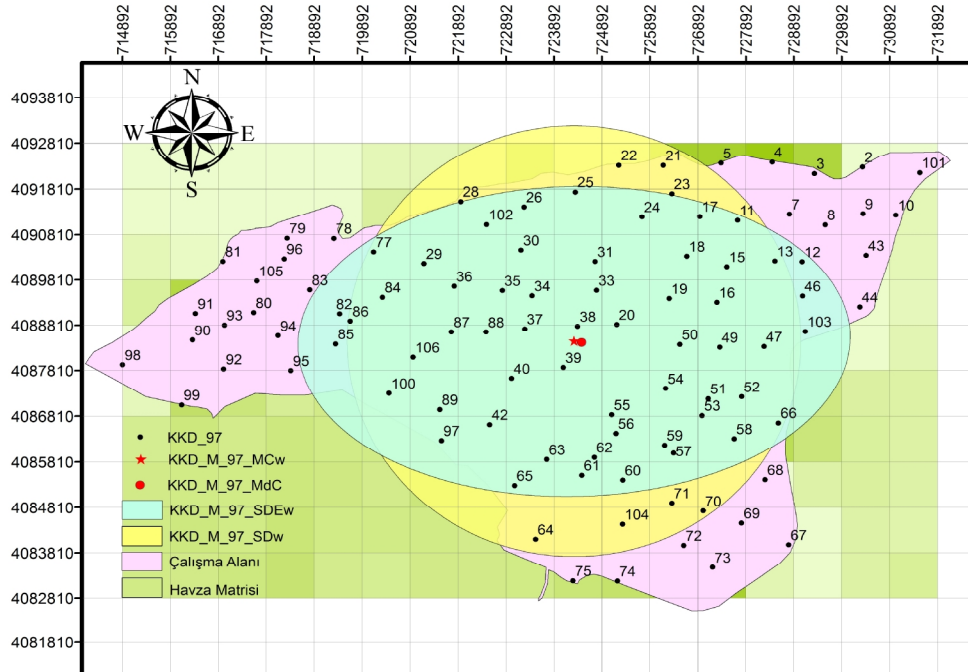
Ek Şekil 27. *KKD_M_106* havza matrisine ait *Konumsal İstatistiklerin* gösterimi



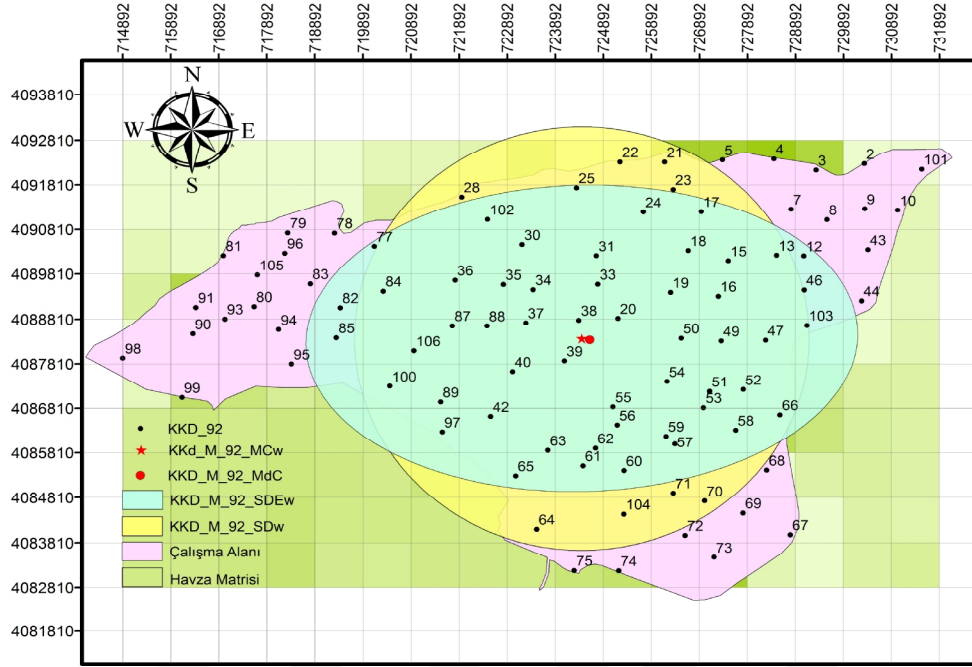
Ek Şekil 28. *KKD_M_105* havza matrisine ait *Konumsal İstatistiklerin* gösterimi



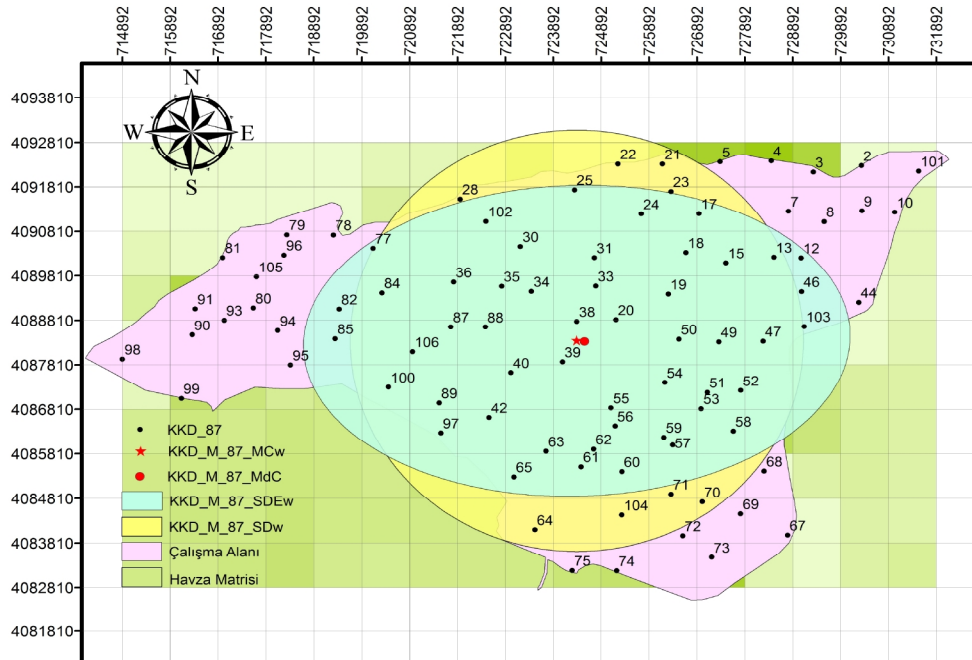
Ek Şekil 29. KKD_M_102 havza matrisine ait Konumsal İstatistiklerin gösterimi



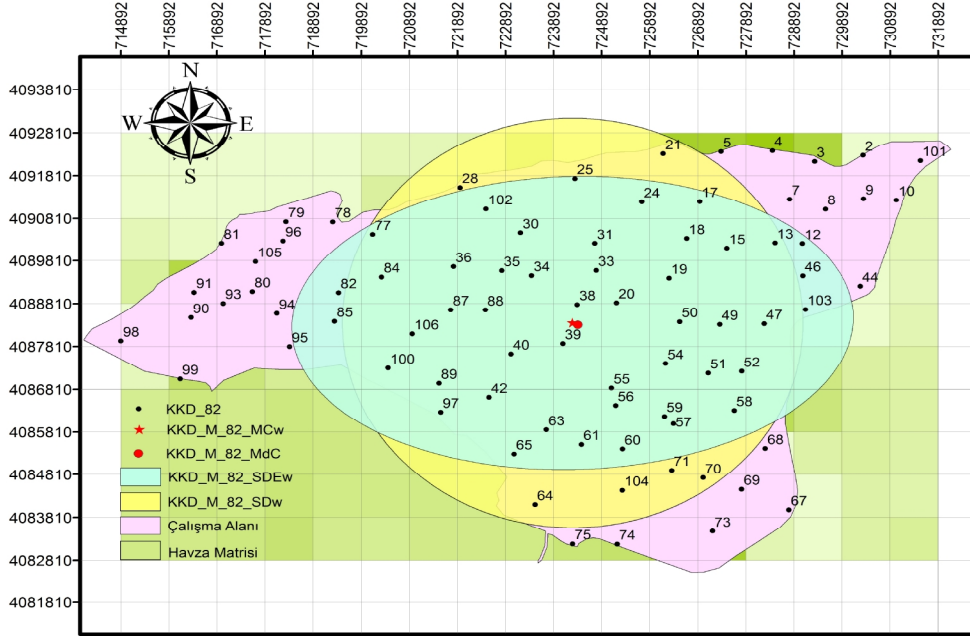
Ek Şekil 30. KKD_M_97 havza matrisine ait Konumsal İstatistiklerin gösterimi



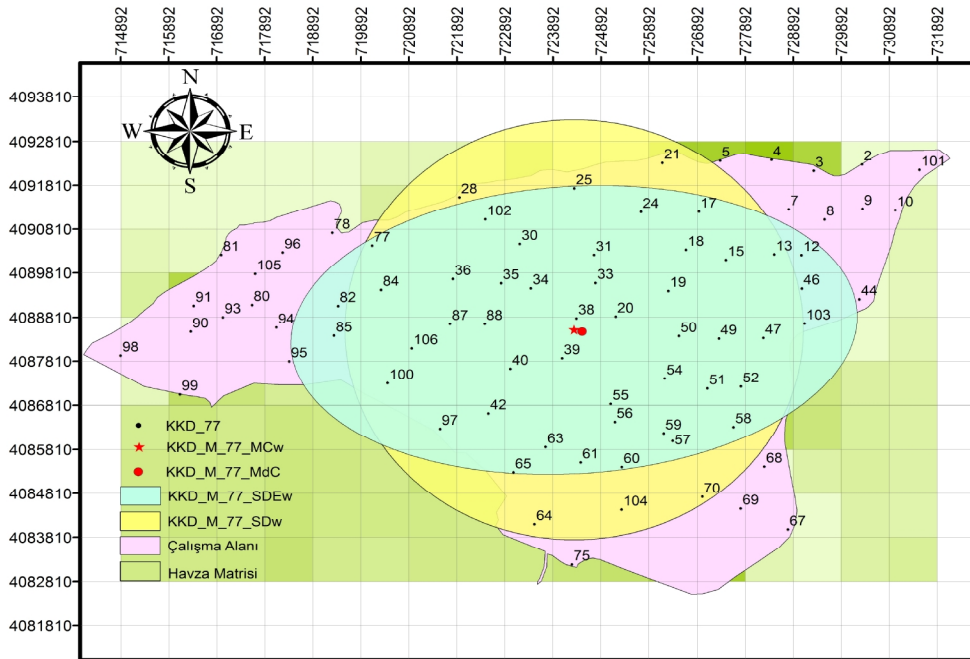
Ek Şekil 31. *KKD_M_92* havza matrisine ait *Konumsal İstatistiklerin* gösterimi



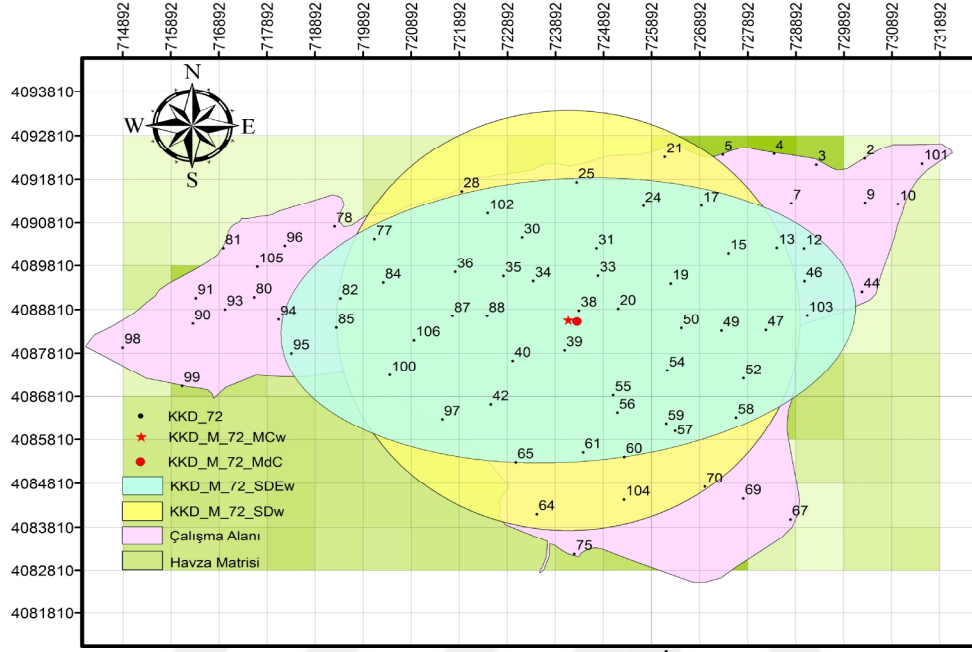
Ek Şekil 32. *KKD_M_87* havza matrisine ait *Konumsal İstatistiklerin* gösterimi



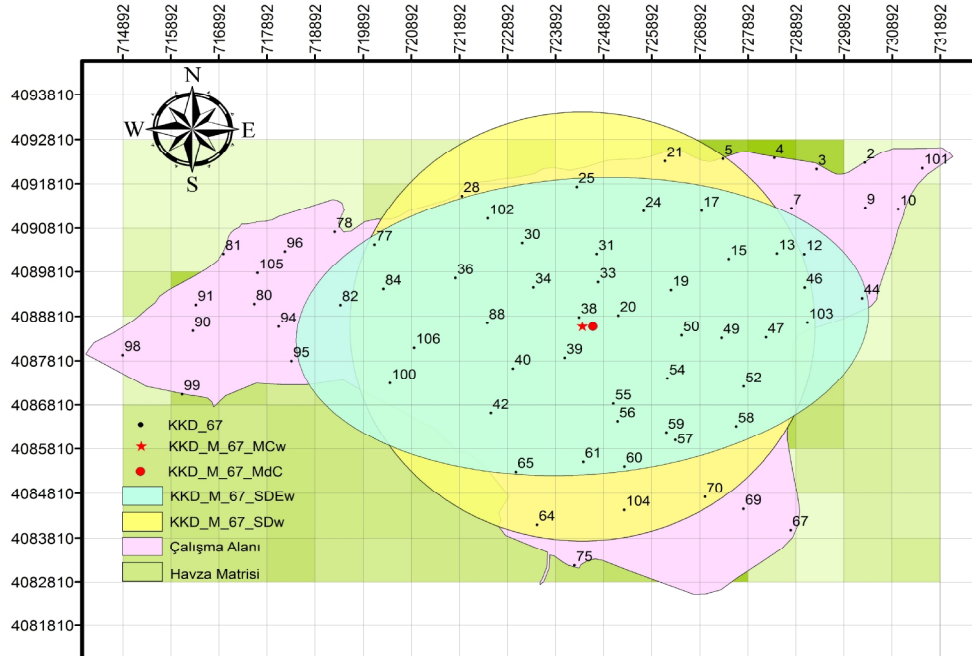
Ek Şekil 33. *KKD_M_82* havza matrisine ait *Konumsal İstatistiklerin* gösterimi



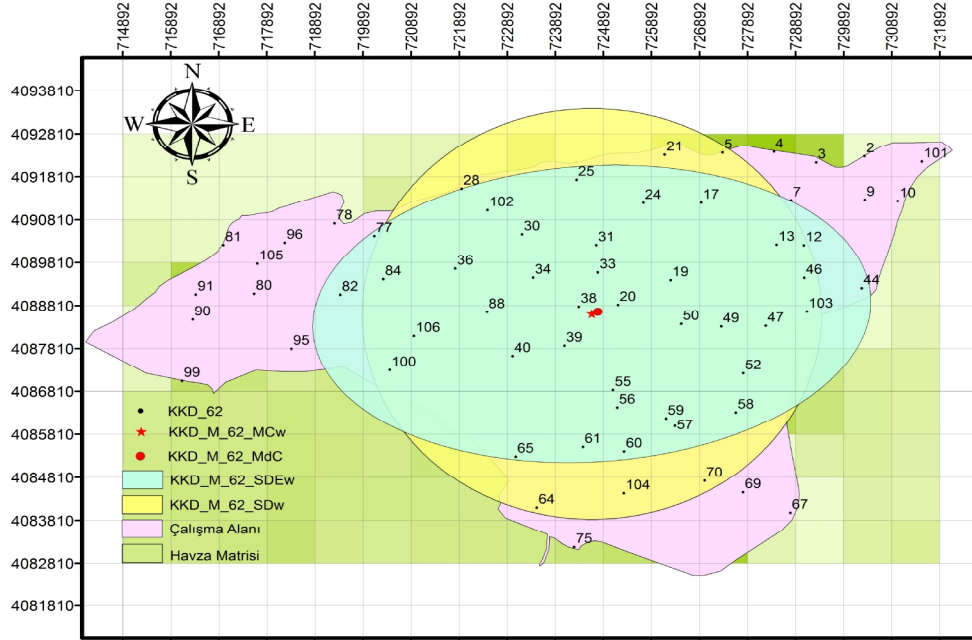
Ek Şekil 34. *KKD_M_77* havza matrisine ait *Konumsal İstatistiklerin* gösterimi



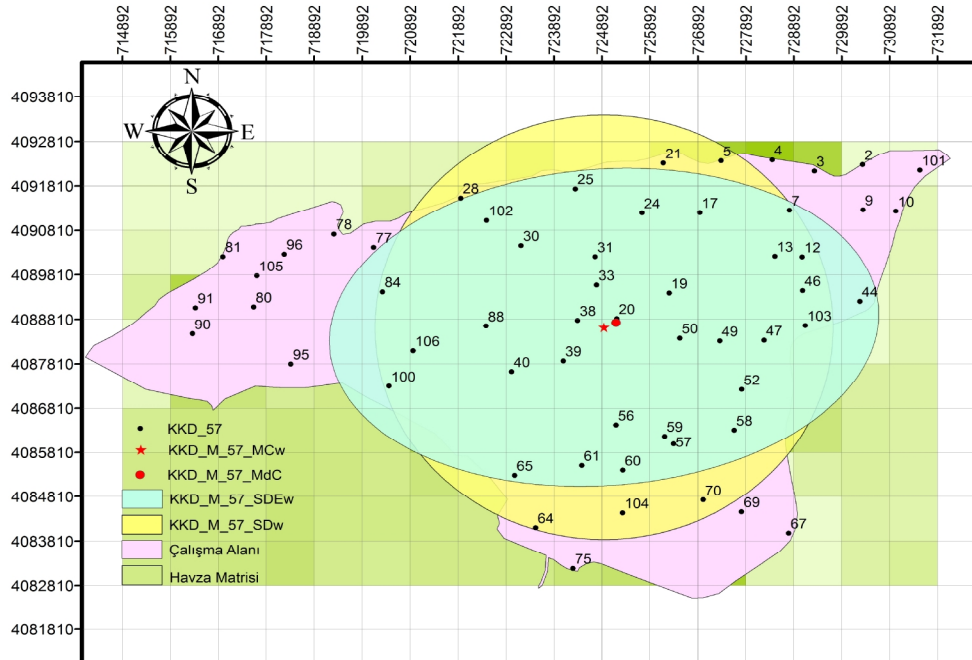
Ek Şekil 35. KKD_M_72 havza matrisine ait Konumsal İstatistiklerin gösterimi



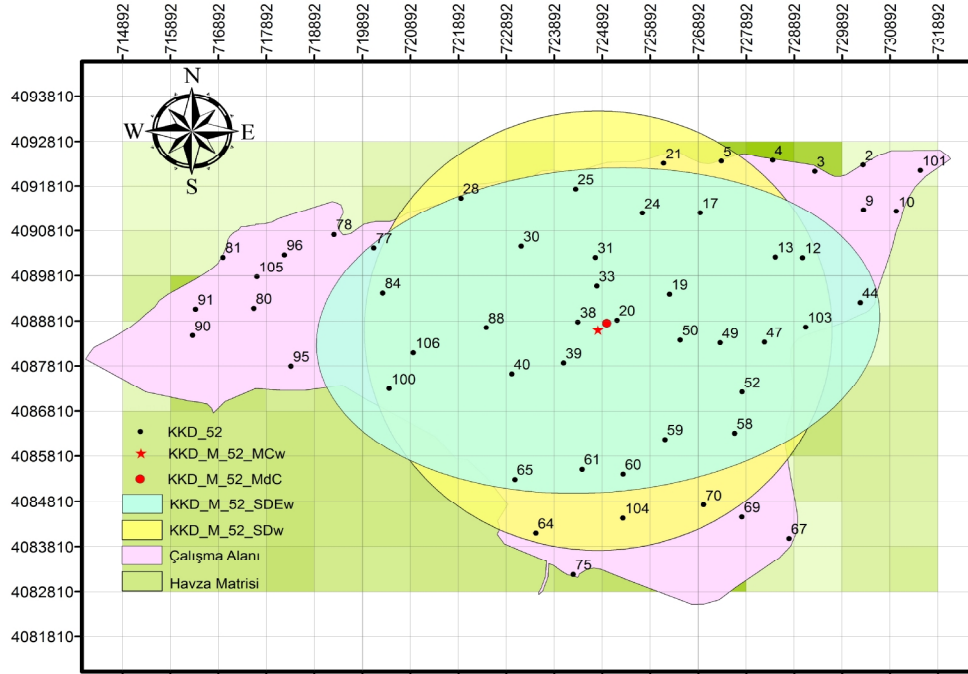
Ek Şekil 36. KKD_M_67 havza matrisine ait Konumsal İstatistiklerin gösterimi



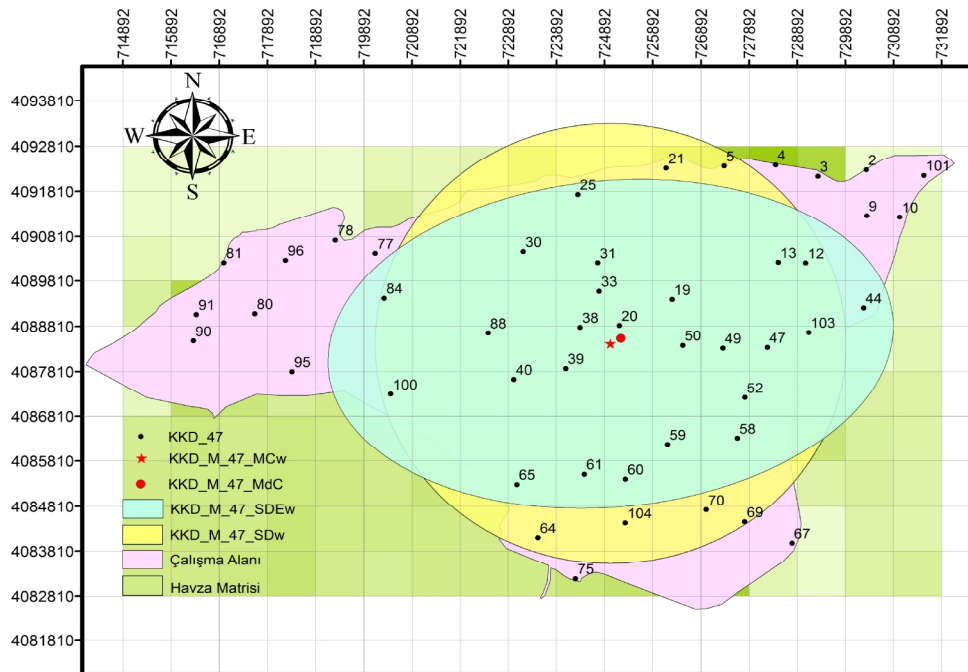
Ek Şekil 37. KKD_M_62 havza matrisine ait Konumsal İstatistiklerin gösterimi



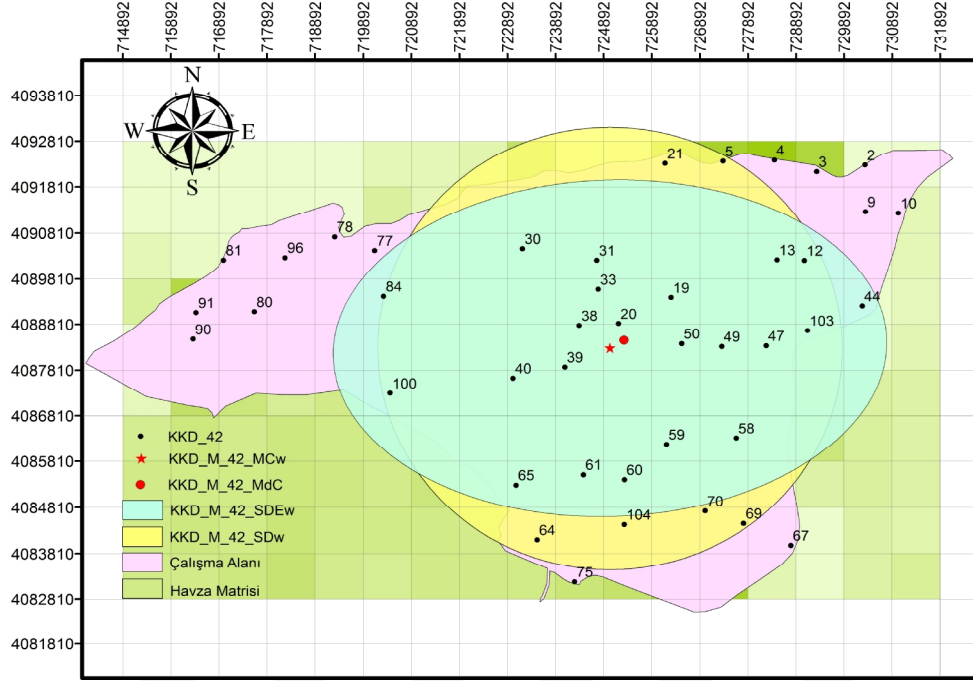
Ek Şekil 38. KKD_M_57 havza matrisine ait Konumsal İstatistiklerin gösterimi



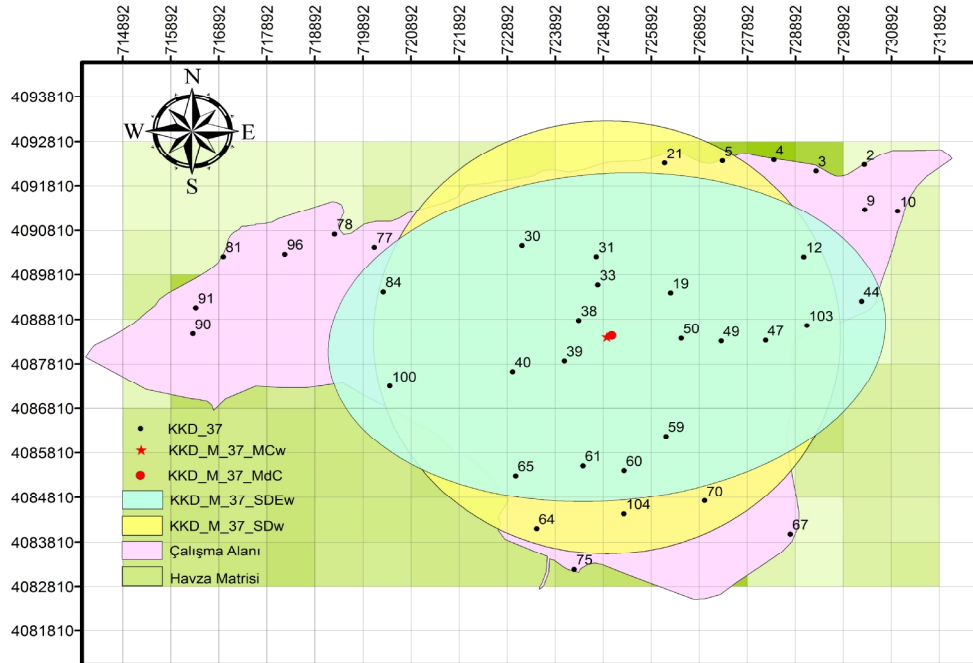
Ek Şekil 39. KKD_M_52 havza matrisine ait Konumsal İstatistiklerin gösterimi



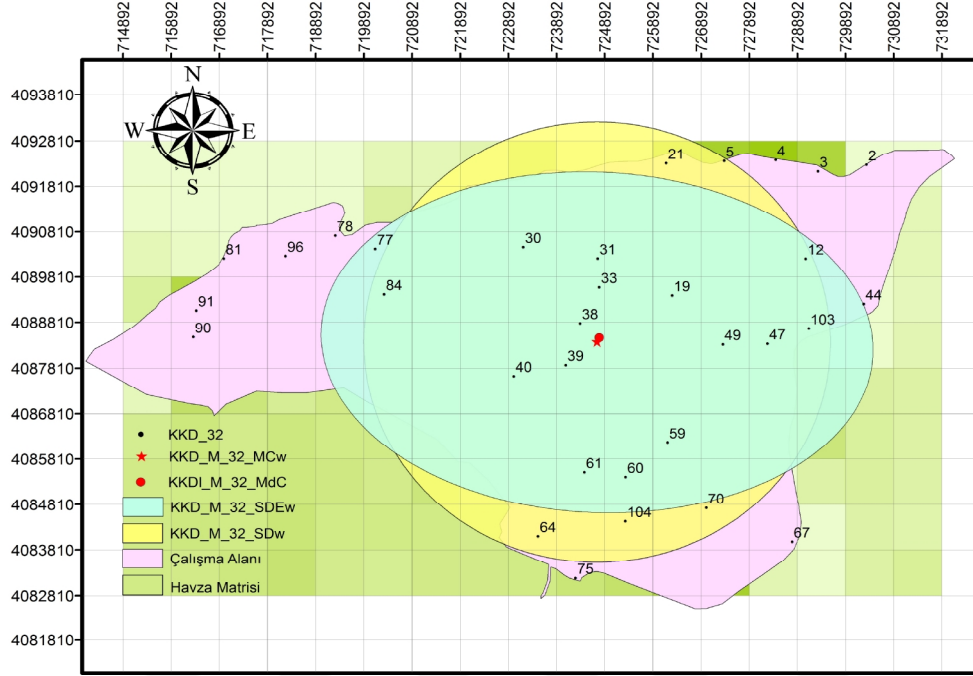
Ek Şekil 40. KKD_M_47 havza matrisine ait Konumsal İstatistiklerin gösterimi



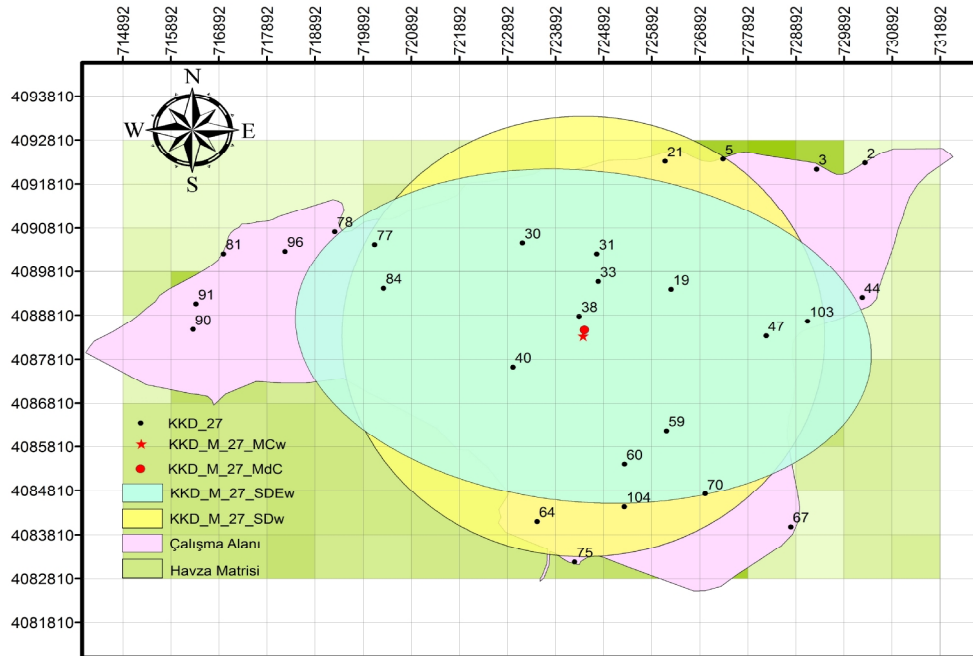
Ek Şekil 41. KKD_M_42 havza matrisine ait *Konumsal İstatistiklerin* gösterimi



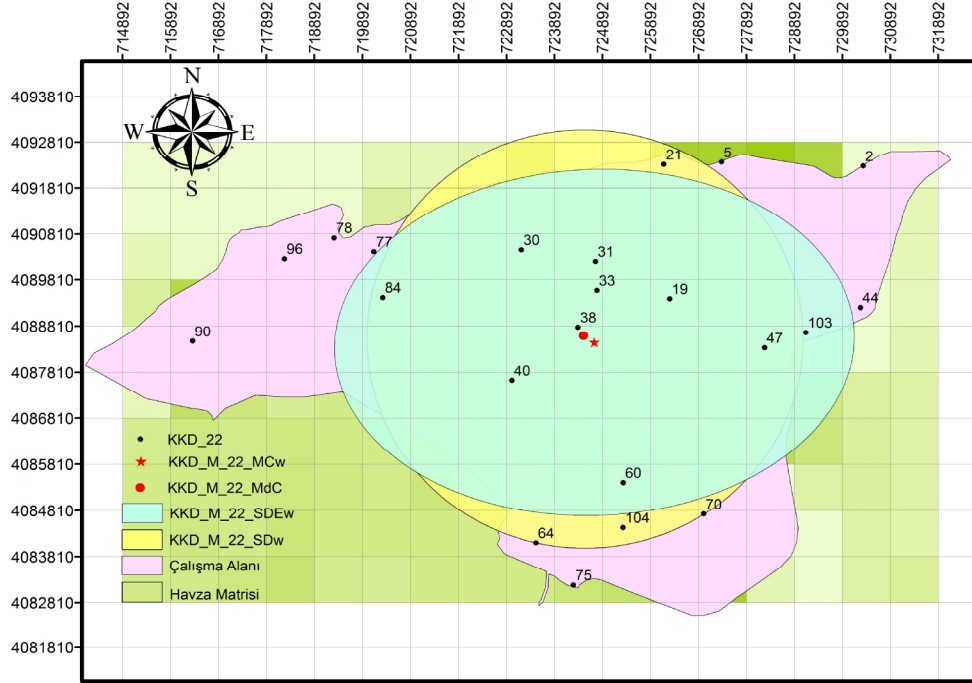
Ek Şekil 42. KKD_M_37 havza matrisine ait *Konumsal İstatistiklerin* gösterimi



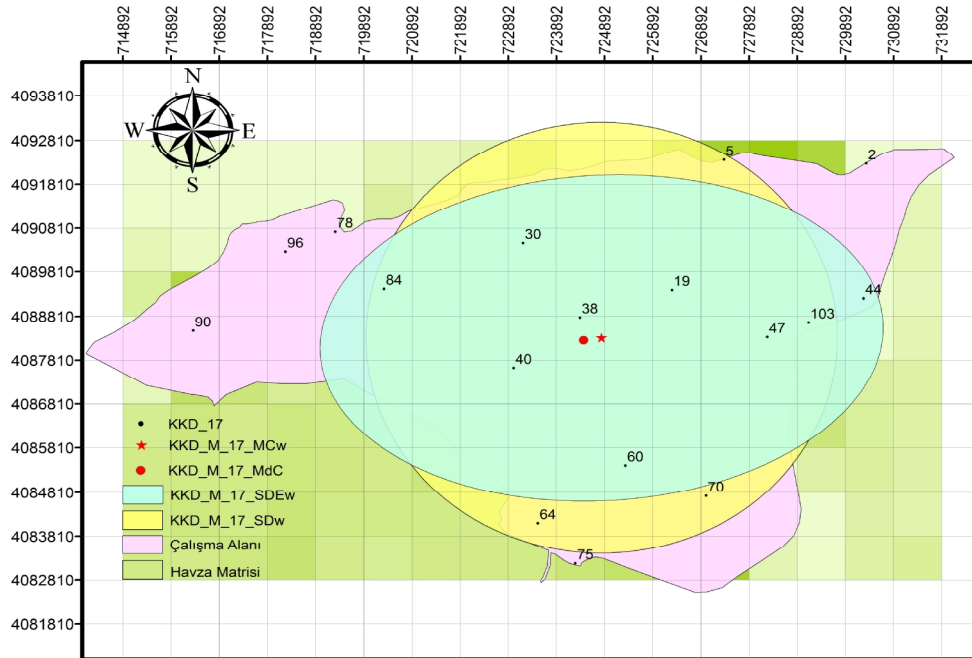
Ek Şekil 43. KKD_M_32 havza matrisine ait Konumsal İstatistiklerin gösterimi



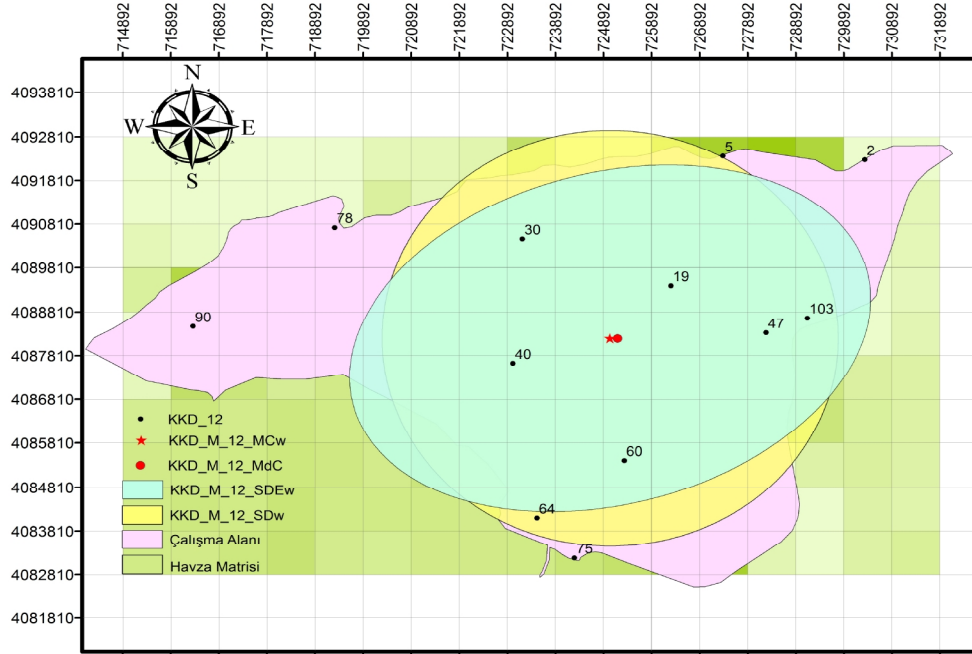
Ek Şekil 44. KKD_M_27 havza matrisine ait Konumsal İstatistiklerin gösterimi



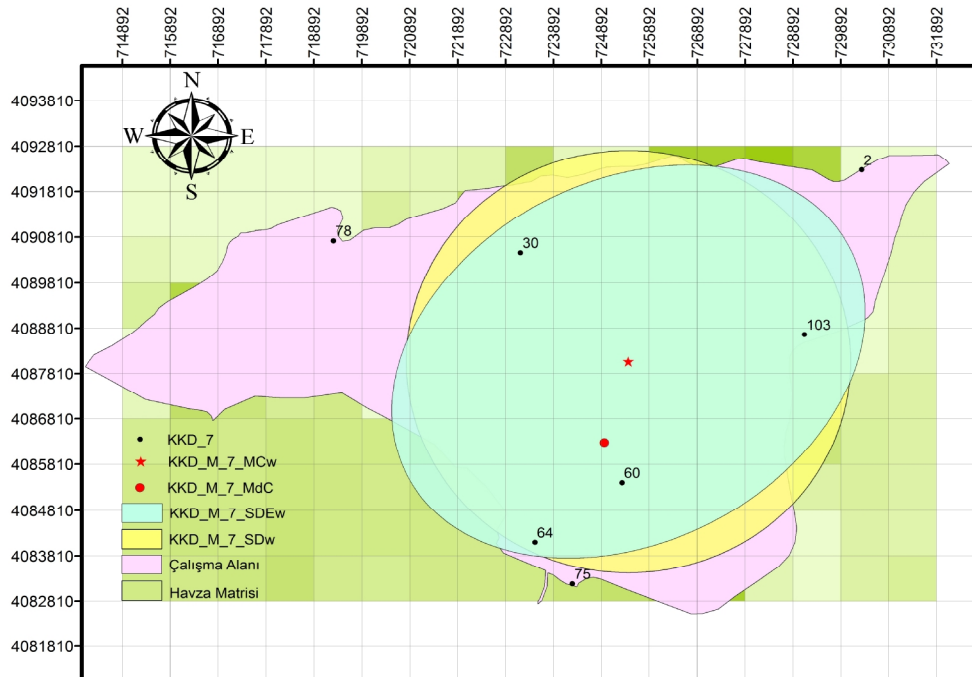
Ek Şekil 45. KKD_M_22 havza matrisine ait Konumsal İstatistiklerin gösterimi



Ek Şekil 46. KKD_M_17 havza matrisine ait Konumsal İstatistiklerin gösterimi



Ek Şekil 47. KKD_M_12 havza matrisine ait *Konumsal İstatistiklerin* gösterimi



Ek Şekil 48. KKD_M_7 havza matrisine ait *Konumsal İstatistiklerin* gösterimi

Ek Çizelge 1. Optimize edilen *KKD_106 TSD* kümesinin öznitelik bilgileri

| | |
|---|--|
| Kombinasyon | C(107,1) |
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyu ID'si | 48 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_106 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106,107 |
| $CP_k(m)=M+STD$ (m) | 0.0927 |

Ek Çizelge 2. Optimize edilen *KKD_105 TSD* kümesinin öznitelik bilgileri

| | |
|---|--|
| Kombinasyon | C(107,2) |
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_105 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106,107 |
| $CP_k(m)=M+STD$ (m) | 0.2048 |

Ek Çizelge 3. Optimize edilen *KKD_102 TSD* kümesinin öznitelik bilgileri

| | |
|---|---|
| Kombinasyon | C(107,5) |
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_102 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106,107 |
| $CP_k(m)=M+STD$ (m) | 0.6216 |

Ek Çizelge 4. Optimize edilen *KKD_97 TSD* kümesinin öznelik bilgileri

| | |
|--|--|
| Kombinasyon | C(107,10) |
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_97 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,7,8,9,10,11,12,13,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,28,29,30,31,33,34,35,36,37,38,39,40,42,43,44,46,47,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106 |
| $CP_k(m)=M+STD$ (m) | 1.4665 |

Ek Çizelge 5. Optimize edilen *KKD_92 TSD* kümesinin öznelik bilgileri

| | |
|--|---|
| Kombinasyon | C(107,15) |
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_92 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,7,8,9,10,12,13,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,28,30,31,33,34,35,36,37,38,39,40,42,43,44,46,47,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,77,78,79,80,81,82,83,84,85,87,88,89,90,91,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106 |
| $CP_k(m)=M+STD$ (m) | 2.4177 |

Ek Çizelge 6. Optimize edilen *KKD_87 TSD* kümesinin öznelik bilgileri

| | |
|--|--|
| Kombinasyon | C(107,20) |
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_87 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,7,8,9,10,12,13,15,17,18,19,20,21,22,23,24,25,28,30,31,33,34,35,36,38,39,40,42,44,46,47,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,67,68,69,70,71,72,73,74,75,77,78,79,80,81,82,84,85,87,88,89,90,91,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106 |
| $CP_k(m)=M+STD$ (m) | 3.1940 |

Ek Çizelge 7. Optimize edilen *KKD_82 TSD* kümesinin öznelik bilgileri

| | |
|---|---|
| Kombinasyon | C(107,25) |
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_82 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,7,8,9,10,12,13,15,17,18,19,20,21,24,25,28,30,31,33,34,35,36,38,39,40,42,44,46,47,49,50,51,52,54,55,56,57,58,59,60,61,63,64,65,67,68,69,70,71,73,74,75,77,78,79,80,81,82,84,85,87,88,89,90,91,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106 |
| $CP_k(m)=M+STD$ (m) | 4.0269 |

Ek Çizelge 8. Optimize edilen *KKD_77 TSD* kümesinin öznelik bilgileri

| | |
|---|--|
| Kombinasyon | C(107,30) |
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_77 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,7,8,9,10,12,13,15,17,18,19,20,21,24,25,28,30,31,33,34,35,36,38,39,40,42,44,46,47,49,50,51,52,54,55,56,57,58,59,60,61,63,64,65,67,68,69,70,75,77,78,80,81,82,84,85,87,88,90,91,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106 |
| $CP_k(m)=M+STD$ (m) | 5.4234 |

Ek Çizelge 9. Optimize edilen *KKD_72 TSD* kümesinin öznelik bilgileri

| | |
|---|--|
| Kombinasyon | C(107,35) |
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_72 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,7,9,10,12,13,15,17,19,20,21,24,25,28,30,31,33,34,35,36,38,39,40,42,44,46,47,49,50,52,54,55,56,57,58,59,60,61,64,65,67,69,70,75,77,78,80,81,82,84,85,87,88,90,91,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106 |
| $CP_k(m)=M+STD$ (m) | 6.7929 |

Ek Çizelge 10. Optimize edilen *KKD_67 TSD* kümesinin öznelik bilgileri

| | |
|--|---|
| Kombinasyon | C(107,40) |
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68,85,93,97,35,87 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_67 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,7,9,10,12,13,15,17,19,20,21,24,25,28,30,31,33,34,36,38,39,40,42,44,46,47,49,50,52,54,55,56,57,58,59,60,61,64,65,67,69,70,75,77,78,80,81,82,84,88,90,91,94,95,96,98,99,100,101,102,103,104,105,106 |
| $CP_k(m)=M+STD(m)$ | 7.7900 |

Ek Çizelge 11. Optimize edilen *KKD_62 TSD* kümesinin öznelik bilgileri

| | |
|--|--|
| Kombinasyon | C(107,45) |
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68,85,93,97,35,87,15,94,54,42,98 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_62 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,7,9,10,12,13,17,19,20,21,24,25,28,30,31,33,34,36,38,39,40,44,46,47,49,50,52,55,56,57,58,59,60,61,64,65,67,69,70,75,77,78,80,81,82,84,88,90,91,95,96,99,100,101,102,103,104,105,106 |
| $CP_k(m)=M+STD(m)$ | 9.3291 |

Ek Çizelge 12. Optimize edilen *KKD_57 TSD* kümesinin öznelik bilgileri

| | |
|--|---|
| Kombinasyon | C(107,50) |
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68,85,93,97,35,87,15,94,54,42,98,99,82,55,36,34, |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_57 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,7,9,10,12,13,17,19,20,21,24,25,28,30,31,33,38,39,40,44,46,47,49,50,52,56,57,58,59,60,61,64,65,67,69,70,75,77,78,80,81,84,88,90,91,95,96,100,101,102,103,104,105,106 |
| $CP_k(m)=M+STD(m)$ | 10.6966 |

Ek Çizelge 13. Optimize edilen *KKD_52 TSD* kümesinin öznitelik bilgileri

| Kombinasyon | C(107,55) |
|--|--|
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68,85,93,97,35,87,15,94,54,42,98,99,82,55,36,34,56,46,102,7,57 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_52 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,9,10,12,13,17,19,20,21,24,25,28,30,31,33,38,39,40,44,47,49,50,52,58,59,60,61,64,65,67,69,70,75,77,78,80,81,84,88,90,91,95,96,100,101,103,104,105,106 |
| $CP_k(m)=M+STD(m)$ | 12.1694 |

Ek Çizelge 14. Optimize edilen *KKD_47 TSD* kümesinin öznitelik bilgileri

| Kombinasyon | C(107,60) |
|--|---|
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68,85,93,97,35,87,15,94,54,42,98,99,82,55,36,34,56,46,102,7,57,106,105,24,28,17 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_47 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,9,10,12,13,19,20,21,25,30,31,33,38,39,40,44,47,49,50,52,58,59,60,61,64,65,67,69,70,75,77,78,80,81,84,88,90,91,95,96,100,101,103,104 |
| $CP_k(m)=M+STD(m)$ | 14.6653 |

Ek Çizelge 15. Optimize edilen *KKD_42 TSD* kümesinin öznitelik bilgileri

| Kombinasyon | C(107,65) |
|--|---|
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68,85,93,97,35,87,15,94,54,42,98,99,82,55,36,34,56,46,102,7,57,106,105,24,28,17,88,52,101,25,95 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_42 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,9,10,12,13,19,20,21,30,31,33,38,39,40,44,47,49,50,58,59,60,61,64,65,67,69,70,75,77,78,80,81,84,90,91,96,100,103,104 |
| $CP_k(m)=M+STD(m)$ | 16.1856 |

Ek Çizelge 16. Optimize edilen *KKD_37 TSD* kümesinin öznitelik bilgileri

| Kombinasyon | C(107,70) |
|--|--|
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68,85,93,97,35,87,15,94,54,42,98,99,82,55,36,34,56,46,102,7,57,106,105,24,28,17,88,52,101,25,95,58,20,69,13,80 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_37 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,9,10,12,19,21,30,31,33,38,39,40,44,47,49,50,59,60,61,64,65,67,70,75,77,78,81,84,90,91,96,100,103,104 |
| $CP_k(m)=M+STD(m)$ | 17.4203 |

Ek Çizelge 17. Optimize edilen *KKD_32 TSD* kümesinin öznitelik bilgileri

| Kombinasyon | C(107,75) |
|--|---|
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68,85,93,97,35,87,15,94,54,42,98,99,82,55,36,34,56,46,102,7,57,106,105,24,28,17,88,52,101,25,95,58,20,69,13,80,9,50,10,100,65 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_32 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,4,5,12,19,21,30,31,33,38,39,40,44,47,49,59,60,61,64,67,70,75,77,78,81,84,90,91,96,103,104 |
| $CP_k(m)=M+STD(m)$ | 19.9482 |

Ek Çizelge 18. Optimize edilen *KKD_27 TSD* kümesinin öznitelik bilgileri

| Kombinasyon | C(107,80) |
|--|---|
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68,85,93,97,35,87,15,94,54,42,98,99,82,55,36,34,56,46,102,7,57,106,105,24,28,17,88,52,101,25,95,58,20,69,13,80,9,50,10,100,65,39,4,61,49,12 |
| Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_27 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,3,5,19,21,30,31,33,38,40,44,47,59,60,64,67,70,75,77,78,81,84,90,91,96,103,104 |
| $CP_k(m)=M+STD(m)$ | 24.2593 |

Ek Çizelge 19. Optimize edilen *KKD_22 TSD* kümesinin öznelik bilgileri

| Kombinasyon | C(107,85) |
|---|---|
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68,85,93,97,35,87,15,94,54,42,98,99,82,55,36,34,56,46,102,7,57,106,105,24,28,17,88,52,101,25,95,58,20,69,13,80,9,50,10,100,65,39,4,61,49,12,67,81,3,59,91 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_22 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,5,19,21,30,31,33,38,40,44,47,60,64,70,75,77,78,84,90,96,103,104 |
| $CP_k(m)=M+STD(m)$ | 28.6211 |

Ek Çizelge 20. Optimize edilen *KKD_17 TSD* kümesinin öznelik bilgileri

| Kombinasyon | C(107,90) |
|---|---|
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68,85,93,97,35,87,15,94,54,42,98,99,82,55,36,34,56,46,102,7,57,106,105,24,28,17,88,52,101,25,95,58,20,69,13,80,9,50,10,100,65,39,4,61,49,12,67,81,3,59,91,104,33,77,21,31 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_17 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,5,19,30,38,40,44,47,60,64,70,75,78,84,90,96,103 |
| $CP_k(m)=M+STD(m)$ | 32.8155 |

Ek Çizelge 21. Optimize edilen *KKD_12 TSD* kümesinin öznelik bilgileri

| Kombinasyon | C(107,95) |
|---|--|
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68,85,93,97,35,87,15,94,54,42,98,99,82,55,36,34,56,46,102,7,57,106,105,24,28,17,88,52,101,25,95,58,20,69,13,80,9,50,10,100,65,39,4,61,49,12,67,81,3,59,91,104,33,77,21,31,38,84,44,96,70 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_12 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,5,19,30,40,47,60,64,75,78,90,103 |
| $CP_k(m)=M+STD(m)$ | 40.3821 |

Ek Çizelge 22. Optimize edilen *KKD_7 TSD* kümesinin öznelik bilgileri

| Kombinasyon | C(107,100) |
|--|--|
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68,85,93,97,35,87,15,94,54,42,98,99,82,55,36,34,56,46,102,7,57,106,105,24,28,17,88,52,101,25,95,58,20,69,13,80,9,50,10,100,65,39,4,61,49,12,67,81,3,59,91,104,33,77,21,31,38,84,44,96,70,19,90,47,5,40 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_7 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'leri | 2,30,60,64,75,78,103 |
| $CP_k(m)=M+STD$ (m) | 100.5160 |

Ek Çizelge 23. Optimize edilen *KKD_1 TSD* kümesinin öznelik bilgileri

| Kombinasyon | C(107,106) |
|--|--|
| Simülasyon Sayısı(Adet) | 1 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri | 48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37,83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18,68,85,93,97,35,87,15,94,54,42,98,99,82,55,36,34,56,46,102,7,57,106,105,24,28,17,88,52,101,25,95,58,20,69,13,80,9,50,10,100,65,39,4,61,49,12,67,81,3,59,91,104,33,77,21,31,38,84,44,96,70,19,90,47,5,40,78,103,75,2,60,64 |
| Hesaplamlarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen <i>KKD_1 TSD</i> Kümesinin Kuyu ID'si | 30 |
| $CP_k(m)=M+STD$ (m) | 181.7696 |