



**NİKSAR OVASI'NDA TABAN SUYU SEVİYESİ  
VE KALİTESİNİN DEĞİŞİMİ**

**DANIŞMEND HÜSEYİN ŞAHİN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**Ağustos - 2019**

**Her hakkı saklıdır**

T.C.  
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİKSAR OVASI'NDA TABAN SUYU SEVİYESİ VE  
KALİTESİNİN DEĞİŞİMİ

DANIŞMEND HÜSEYİN ŞAHİN

TOKAT  
Ağustos -2019

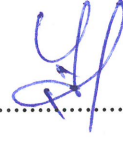
Her hakkı saklıdır

**Danışmend Hüseyin ŞAHİN** tarafından hazırlanan “**Niksar Ovası’nda Taban Suyu Seviyesinin ve Kalitesinin Değişimi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 19 AĞUSTOS 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI’ nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

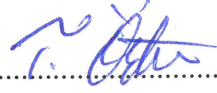
Jüri Üyeleri

İmza

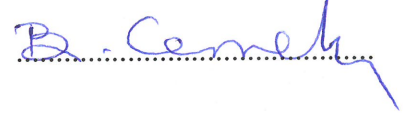
Danışman  
Prof. Dr. Hüseyin ŞİMŞEK



Üye  
Prof. Dr. Tekin ÖZTEKİN  
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Üye  
Prof. Dr. Bilal CEMEK  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi



ONAY  
Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



## **TEZ BEYANI**

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

**Danışmend Hüseyin ŞAHİN**

**19 Ağustos 2019**

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### NIKSAR OVASI'NDA TABAN SUYU SEVİYESİNİN VE KALİTESİNİN DEĞİŞİMİ

DANIŞMEND HÜSEYİN ŞAHİN

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. HÜSEYİN ŞİMŞEK)

Bu çalışma, Tokat-Niksar Ovası'nın sulanan alanlarında taban suyu derinliğinin ve su kalitesinin değişiminin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Niksar Ovasında 68 adet taban suyu gözlem kuyusu çalışır durumdadır. Devlet Su İşleri VII. Bölge Tokat Şube Müdürlüğü ve/veya Sulama Birlikleri tarafından 2003-2019 yılları arasında, aylık olarak taban suyu derinlikleri ve elektriksel iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Ayrıca yörede bulunan 18 adet sondaj kuyusundan farklı dönemlerde elde edilen su kalite analiz sonuçları ve gözlem kuyularından elde edilen veriler, bilgisayar ortamında ArcGIS 10.3 programında işlenerek taban suyunun konum dağılımı, seviye değişimi ve kalite değişimlerine ilişkin haritalar oluşturulmuştur. Taban suyu izleme alanı 6 364 ha olarak belirlenmiştir. Yeraltı suyu seviyelerinde özellikle 2008 yılı içerisinde gözle görülür bir yükseliş gözlenmiştir. Akifer özelliği taşıyan derin kuyularda pH değerleri 6.70-8.50, elektriksel iletkenlik 510-1 118 micromhos/cm aralığında değişmiştir. Genel olarak, sulama suyu kalite sınıfı C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> olarak tespit edilmiştir. Taban suyu etütleri yapılan 68 adet gözlem kuyusunda pH değerleri 6.12-7.8, elektriksel iletkenlik ise 100-4 420 micromhos/cm aralığındadır. Aylık olarak izlenen taban suyu ölçümlerinin değerlendirilmesi sonucunda, taban suyu derinliğinin 0-1 m olduğu alan 924 ha (% 10); 1-1.5 m olduğu alan 2 980 ha (% 33); 1.5-2 m olduğu alan 969 ha (% 11), 2-3 m olduğu alan 719 ha (% 8); 3-4 m olduğu alan 2 836 ha (% 32); 4 m'den derin olduğu alan 487 ha (% 6)'dır. Sulama suyu ihtiyacının en çok olduğu ay Ağustos ayı olarak belirlenmiştir. Son 10 yıllık periyotta tarımsal sulama faaliyetlerinin arttığı, bitki deseninin çeşitlendiği gözlenmiştir. Sulama randımanında ise oransal bir artış gözlemlenmiştir. İzleme faaliyetlerinin sıklaştırılması, gözlem kuyuları ve sondaj kuyularının titizlikle korunması ve sayılarının artırılması tavsiye edilir. Taban suyu derinlik ve tuzluluk değerlerinin izlenmesine özenle devam edilmelidir.

2019, 143 SAYFA

**ANAHTAR KELİMELEER:** Niksar Ovası, Su tablası, Taban suyu, Gözlem kuyusu, Tuzluluk, Hidrojeoloji, Akifer

## ABSTRACT

### MASTER THESIS

#### FLUCTUATIONS OF WATER TABLE LEVEL AND QUALITY IN NIKSAR PLAIN

DANIŞMEND HÜSEYİN ŞAHİN

TOKATGAZIOSMANPASA UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
DEPARTMENT OF BIOSYSTEMS ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. HÜSEYİN ŞİMŞEK)

This study is done with the purpose of determining the change in groundwater depth and the quality of water in irrigated areas of Tokat-Niksar Plain. Sixty eight groundwater monitoring wells in the Niksar Plain are in active status. Monthly groundwater depth and electrical conductivity values were measured during the years of 2003 through 2019 by the State Hydraulic Works VII. District Tokat Directorate and/or Irrigation Units. Maps, graphs and charts indicating distributional water table depth, phreatic fluctuation obtained and the change of groundwater quality were generated by processing water quality results of local 18 deep weels at different times, and data obtained from the observation wells in computer environment on ArcGIS 10.3 software. The groundwater observation areas is determined as 6 364 ha. An apparent increase in water table levels was observed especially in the year of 2008. It was observed that pH values are between 6.70-8.50, electrical conductivity values are between 510-1 118 micromhos/cm in aquifer deep wells. In general, irrigation water quality was determined as C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>. In the studied of 68 observation wells, pH is between 6.12-7.8, electrical conductivity is between 100-4 420 micromhos/cm. As a result of the evaluation of groundwater measurements monitored monthly, the area where the groundwater depth is 0-1 m is 924 ha (10%); 1-1.5 m is 2 980 ha (33%); 1.5-2 m is 969 ha (11%), 2-3 m is 719 ha (8%); 3-4 m is 2 836 ha (32%) and deeper than 4 m is 487 ha (6%). The month in which the irrigation water demand is the highest was determined as the month of August. It has been observed that agricultural irrigation activities have been increased, crop pattern has been diversified in the last decade. In addition, a proportional increase in the irrigation efficiency has been observed in the last decade. Studiously protecting and augmenting observation wells and boreholes, increasing the number of them, and frequent monitoring activities are advised. The monitoring of the water table depths and salinity of the groundwater should be continued carefully.

2019, 143 PAGE

**KEYWORDS:** Niksar Plain, Water table, Groundwater, Observation well, Salinity, Hydrogeology, Aquifer

## ÖNSÖZ

Çalışma süresince bilgi ve deneyimlerinden istifaya ettiğim, araştırmamı yönlendiren değerli danışmanım Prof. Dr. Hüseyin ŞİMŞEK'e, içten yaklaşımları ve destekleri nedeniyle Prof. Dr. Tekin ÖZTEKİN'e, Prof. Dr. Kadri YÜREKLİ'ye, Prof. Dr. Sedat KARAMAN'a ve tüm Ziraat Fakültesi değerli hocalarıma teşekkür ederim. Çalışmam boyunca maddi manevi desteklerini gördüğüm Niksar Belediye Başkanı Özdilek ÖZCAN'a, tez hazırlama sürecinde ihmal ettiğim eşim Esra ŞAHİN'e, çocuklarım Nefise Raika ŞAHİN ve Metin Faruk ŞAHİN'e, analizlerin işlenmesi, veri tabanı oluşturulmasında çok yoğun katkısını aldığım şehir plancısı Mustafa Rahman ÖNCÜER'e, verilerin temin edilmesinde şahsıma gösterdikleri destek ve ilgilerinden dolayı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne, DSİ 7. Bölge 72. Şube Müdürlüğü personeline ve desteklerinden dolayı anne ve babama teşekkür ederim.

**DANIŞMEND HÜSEYİN ŞAHİN**

**19 Ağustos 2019**

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|   |            |
|---|------------|
| <b>ÖZET</b> .....   | <b>i</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>ii</b>  |
| <b>ÖNSÖZ</b> .....  | <b>iii</b> |
| <b>İÇİNDEKİLER</b> .....  | <b>iv</b>  |
| <b>SİMGE ve KISALTMALAR</b> .....   | <b>v</b>   |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....  | <b>vii</b> |
| <b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....  | <b>x</b>   |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....   | <b>1</b>   |
| <b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....   | <b>5</b>   |
| <b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....  | <b>10</b>  |
| <b>3.1. Materyal</b> .....  | <b>10</b>  |
| 3.1.1. Araştırma alanı.....   | 10         |
| 3.1.2. İklim özellikleri.....   | 17         |
| 3.1.3. Jeomorfoloji .....   | 20         |
| 3.1.4. Jeoloji.....   | 20         |
| 3.1.5. Su Kaynakları .....  | 23         |
| 3.1.6. Yeraltı suları .....   | 25         |
| 3.1.7. Toprak ve bitki deseni.....  | 28         |
| <b>3.2. Yöntem</b> .....  | <b>33</b>  |
| 3.2.1. 2003-2018 yılları arasında taban suyu derinlik ve su kalitesi değişimleri..... | 33         |
| 3.2.2. Sondaj Kuyularının 1989-2017 yılları arasında seviye değişimleri.....          | 39         |
| 3.2.3 Bitki deseni ve sulama suyu kalite parametrelerinin değerlendirilmesi .....     | 39         |
| <b>4. BULGULAR</b> .....  | <b>43</b>  |
| <b>4.1. Taban Suyu Derinlik Ve Su Kalitesinin Değişiminin Değerlendirilmesi</b> ..... | <b>43</b>  |
| <b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ</b> .....   | <b>99</b>  |
| <b>6. KAYNAKLAR</b> .....   | <b>108</b> |
| <b>7. EKLER</b> .....   | <b>111</b> |
| <b>8. ÖZGEÇMİŞ</b> .....  | <b>140</b> |



## SİMGE ve KISALTMALAR

| <b>Simgeler</b>                 | <b>Açıklama</b>                                     |
|---------------------------------|---|
| Na+                             | Sodyum  |
| K+                              | Potasyum  |
| Ca <sup>++</sup>                | Kalsiyum  |
| Mg <sup>++</sup>                | Magnezyum   |
| Fe <sup>+++</sup>               | Demir   |
| Cl-                             | Klorür  |
| Cu                              | Bakır   |
| Al                              | Alüminyum   |
| B                               | Bor   |
| H <sub>2</sub> O                | Su  |
| NO <sub>3</sub>                 | Nitrat  |
| CO <sub>2</sub>                 | Karbondioksit                                       |
| CO <sub>3</sub>                 | Karbonat  |
| HCO <sub>3</sub>                | Bikarbonat  |
| Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | Sodyum Karbonat                                     |
| SO <sub>3</sub>                 | Kükürt tri oksit                                    |
| SO <sub>4</sub>                 | Sülfat  |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | Sülfürik Asit                                       |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Sodyum Sülfat                                       |
| CaCl <sub>2</sub>               | Kalsiyum Klorür                                     |
| CaCO <sub>3</sub>               | Kalsiyum Karbonat                                   |
| Dt                              | Toprak derinliği                                    |
| % Na                            | Yüzde sodyum  |
| pH                              | Hidrojen iyon konsantrasyonunun negatif logaritması |
| EC                              | Elektriksel iletkenlik                              |
| m                               | Metre   |
| mm                              | Milimetre   |

|              |                        |
|--------------|------------------------|
| cm           | Santimetre             |
| ha           | Hektar                 |
| da           | Dekar                  |
| km           | Kilometre              |
| l            | Litre                  |
| mg           | Miligram               |
| $\mu$ hos/cm | Micromhos/santimetre   |
| dS/cm        | DesiSiemens/santimetre |

### **Kısaltmalar**

### **Açıklama**

|               |   |
|---------------|---|
| KDK           | Katyon Değişim Kapasitesi                 |
| RSC           | Kalıcı Sodyum Karbonat                    |
| SAR           | Sodyum Adsorbsiyon Oranı                  |
| DSY (ESP)     | Değişebilir Sodyum Yüzdesi                |
| FAO           | Gıda ve Tarım Örgütü                      |
| KAF           | Kuzey Anadolu Fayı                        |
| CBS (GIS)     | Coğrafi Bilgi Sistemleri                  |
| KOS           | Konya Ovaları Sulaması                    |
| DSİ           | Devlet Su İşleri                          |
| TSS           | Taban Suyu Seviyesi                       |
| TST           | Taban suyu tuzluluğu                      |
| T.S.D.H       | Taban suyu derinlik haritası              |
| T.S.E.D.E.D.H | Taban suyu en düşük eş derinlik haritası  |
| T.S.E.Y.E.D.H | Taban suyu en yüksek eş derinlik haritası |
| yy            | Yüzyıl                                    |
| MTA           | Maden Teknik Arama Enstitüsü              |
| SK            | Sondaj kuyusu                             |

## ŞEKİL LİSTESİ

| <u>Şekil</u>  | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| Şekil 3.1. Çalışma alanı coğrafi konumu.....  | 10           |
| Şekil 3.2. Niksar Ovası ve Kelkit Çayı görünümü.....  | 11           |
| Şekil 3.3. Çalışma alanı drenaj ağı genel vaziyet planı haritası.....                                   | 13           |
| Şekil 3.4. Çalışma alanı gözlem kuyuları yerleşim planı haritası.....                                   | 14           |
| Şekil 3.5. Çalışma alanı derin sondaj kuyuları yerleşim planı haritası.....                             | 15           |
| Şekil 3.6. Çalışma alanı gözlem / sondaj kuyuları yerleşim planı haritası.....                          | 16           |
| Şekil 3.7. Niksar Meteoroloji İstasyonu yıllık toplam yağış miktarı değerleri<br>(1975-2002).....       | 17           |
| Şekil 3.8. Niksar Meteoroloji İstasyonu yıllık toplam yağış birikimli sapma grafiği<br>(1975-2002)..... | 18           |
| Şekil 3.9. Niksar Meteoroloji İstasyonu günlük minimum sıcaklık grafiği<br>(1975-2002).....             | 18           |
| Şekil 3.10. Niksar Meteoroloji İstasyonu günlük maksimum sıcaklık grafiği<br>(1975-2002).....           | 19           |
| Şekil 3.11. Niksar yöresi jeoloji haritası (Toprak, 2014).....  | 22           |
| Şekil 3.12. Çalışma alanı drenaj ağı haritası.....  | 25           |
| Şekil 3.13. Niksar İlçesi permabilite ve geçirimsizlik dağılım haritası.....                            | 28           |
| Şekil 3.14. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı.....  | 41           |
| Şekil 3.15. Wilcox diyagramı.....   | 42           |
| Şekil 4.1. 2009 yılı gözlem kuyuları su kalitesi % dağılımları.....                                     | 45           |
| Şekil 4.2. 2010 yılı gözlem kuyuları su kalitesi % dağılımları.....                                     | 45           |
| Şekil 4.3. 2011 yılı gözlem kuyuları su kalitesi % dağılımları.....                                     | 46           |
| Şekil 4.4. 2013 yılı gözlem kuyuları su kalitesi % dağılımları.....                                     | 46           |
| Şekil 4.5. 2014 yılı gözlem kuyuları su kalitesi % dağılımları.....                                     | 47           |
| Şekil 4.6. 2015 yılı gözlem kuyuları su kalitesi % dağılımları.....                                     | 47           |
| Şekil 4.7. 2016 yılı gözlem kuyuları su kalitesi % dağılımları.....                                     | 48           |
| Şekil 4.8. 2017 yılı gözlem kuyuları su kalitesi % dağılımları.....                                     | 48           |
| Şekil 4.9. 2009 Yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası.....                           | 50           |
| Şekil 4.10. 2010 Yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası.....                          | 51           |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 4.11. 2011 Yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası.....                     | 52 |
| Şekil 4.12. 2013 Yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası.....                     | 53 |
| Şekil 4.13. 2014 Yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası.....                     | 54 |
| Şekil 4.14. 2015 Yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası.....                     | 55 |
| Şekil 4.15. 2016 Yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası.....                     | 56 |
| Şekil 4.16. 2017 Yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası.....                     | 57 |
| Şekil 4.17. Taban suyu gözlem noktaları 2009-2017 yılları arası EC değeri değişim haritası.....    | 61 |
| Şekil 4.18. Çalışma alanı DSİ kriterlerine göre EC risk durum sınıflandırma haritası ..            | 62 |
| Şekil 4.19. 2018 Yılı Taban Suyu En Yüksek Eş Derinlik Haritası (T.S.E.Y.E.D.H.) ..                | 63 |
| Şekil 4.20. 2018 Yılı taban suyu en yüksek eş derinlik haritası (T.S.E.D.E.D.H.) .....             | 64 |
| Şekil 4.21. 2018 Yılı sulamanın en yüksek olduğu ay (Ağustos, 2018) eş derinlik haritası.....      | 65 |
| Şekil 4.22. 2015 yılı taban suyu gözlem kuyuları su sınıfları.....                                 | 66 |
| Şekil 4.23. 2017 yılı taban suyu gözlem kuyuları su sınıfları.....                                 | 67 |
| Şekil 4.24. 2009- 2017 yılları arası elektriksel iletkenlik değişimi alan haritası.....            | 68 |
| Şekil 4.25. Taban suyu gözlem noktaları 2003-2018 yılları arası derinlik değişim haritası.....     | 69 |
| Şekil 4.26. 2003- 2018 yılları arası taban suyu değişimi alan haritası .....                       | 70 |
| Şekil 4.27. 1 numaralı gözlem kuyusu 2015/2017 yılı su kalitesi karşılaştırması.....               | 60 |
| Şekil 4.28. Derin kuyuların çalışma alanındaki yerleşimini gösterir harita.....                    | 74 |
| Şekil 4.29. 1-89 numaralı gözlem kuyularının sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değerleri .....        | 80 |
| Şekil 4.30. 1-89 numaralı gözlem kuyularının pH değerleri .....                                    | 80 |
| Şekil 4.31. 1-89 numaralı gözlem kuyularının kalıcı sodyum karbonat oranı (RSC) ....               | 81 |
| Şekil 4.32. 1-89 numaralı gözlem kuyularının elektriksel iletkenlik (EC) değerleri.....            | 81 |
| Şekil 4.33. 1-89 numaralı gözlem kuyularının magnezyum oranı (MR) değerleri.....                   | 82 |
| Şekil 4.34. 1-89 numaralı gözlem kuyularının Kelly indeksi (KI) değerleri.....                     | 82 |
| Şekil 4.35. 1-89 numaralı gözlem kuyularının sodyum yüzdesi (% Na) değerleri.....                  | 83 |
| Şekil 4.36. 1-89 numaralı gözlem kuyuları toplam çözünmüş madde miktarı (TDS)....                  | 83 |
| Şekil 4.37. 1-89 numaralı gözlem kuyularının toplam sertlik (TH) değerleri .....                   | 84 |
| Şekil 4.38. 1-89 numaralı gözlem kuyularının sülfat (SO <sub>4</sub> ) konsantrasyonu değerleri .. | 84 |
| Şekil 4.39. 1-89 numaralı gözlem kuyularının potansiyel tuzluluk (PS) değerleri.....               | 85 |
| Şekil 4.40. Nixsar ovası risk değerlendirme haritası .....   | 86 |

|   |    |
|---|----|
| Şekil 4.41. 32099 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyunun yıllara göre seviye değişimi ..... | 87 |
| Şekil 4.42. 27229 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 87 |
| Şekil 4.43. 32923 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 88 |
| Şekil 4.44. 42581 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 88 |
| Şekil 4.45. 56482 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 89 |
| Şekil 4.46. 56483 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 89 |
| Şekil 4.47. 50397 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 90 |
| Şekil 4.48. 50398 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 90 |
| Şekil 4.49. 42582 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 91 |
| Şekil 4.50. 50399 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 91 |
| Şekil 4.51. 49078 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 92 |
| Şekil 4.52. 58169 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 92 |
| Şekil 4.53. 58171 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 93 |
| Şekil 4.54. 58172 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 93 |
| Şekil 4.55. 58173 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 94 |
| Şekil 4.56. 42584 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 94 |
| Şekil 4.57. 51364 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi.....                  | 95 |
| Şekil 4.58. Yıllara göre şebekeye alınan su miktarının değişimi.....  | 96 |
| Şekil 4.59. Yıllara göre sulama suyu miktarındaki değişim.....  | 97 |
| Şekil 4.60. Niksar Ovası'nda yıllara göre sulama randımanındaki değişim.....                                      | 97 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

| <u>Çizelge</u>   | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| Çizelge 3. 1. Niksar Ovası 1991 yılı arazi kullanım durumu (DSİ,1991).....   | 12           |
| Çizelge 3.2. Niksar Meteoroloji İstasyonu ortalama meteorolojik verileri (1975-2002).....                                | 19           |
| Çizelge 3.3. Kelkit Irmağı özet bilgileri.....   | 24           |
| Çizelge 3.4. Çanakçı Deresi özet bilgileri .....   | 25           |
| Çizelge 3.5. Niksar Ovası'nda bulunan bazı kuyuların, derinlik ve hidrolik özellikleri.                                  | 27           |
| Çizelge 3.6. Farklı bitki türleri için en uygun taban suyu düzeyleri (Eminoğlu ve Demir 2007).....                       | 29           |
| Çizelge 3.7. Niksar Ovası'nda DSİ tarafından sulama amaçlı açılan kuyuların derinlik, konum ve hidrolik özellikleri..... | 30           |
| Çizelge 3.8. SO <sub>4</sub> konsantrasyonuna göre sınıflandırma (Eaton ve ark, 1950).....                               | 37           |
| Çizelge 3.9. Suların tuzluluk ve sodyum miktarlarına göre sınıflandırılması.....   | 40           |
| Çizelge 4.1. Taban suyu gözlem kuyuları 2009-2017 yılları arasındaki EC değerleri (micromhos/cm).....                    | 58           |
| Çizelge 4.2. Çalışma alanı 1-30 No.lu taban suyu gözlem kuyularının 2015-2017 kalite analizleri.....                     | 61           |
| Çizelge 4.3. Çalışma alanı 31-66 No.lu taban suyu gözlem kuyuların 2015-2017 kalite analizleri.....                      | 62           |
| Çizelge 4.4. Çalışma alanı 67-89 No.lu taban suyu gözlem kuyuların 2015-2017 kalite analizleri .....                     | 63           |
| Çizelge 4.5. Yıllara göre sulama parametrelerindeki değişim.....   | 98           |
| Çizelge 4.6. Yıllara göre bitki desenindeki değişim.....   | 98           |

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun sistematik olarak artması, içme ve kullanma suyu ihtiyaçlarının artmasına sebep olmaktadır. Öte yandan nüfusun kıtalara göre farklı büyüklükte artması, arz talep dengesinde farklılıklara neden olmaktadır. Nüfusun artmasıyla beraber gıda ve su gereksinimi de artırmaktadır. Tarımsal üretimin artması, tarımsal alanların genişletilmesi veya birim alanlardan alınan verimin artırılması ile mümkün olmaktadır. Ülkelerin, tarımsal alanları genişletmesi fiziki ve doğal şartlar nedeni ile sınırlıdır. Bu nedenle çoğunlukla ülkeler ellerindeki teknolojik ve bilgi birikimi derecesinde, birim alanlardan alınan verimin artırılmasına yönelik çaba sarf etmektedir. Tarımsal üretimin artması, toprak ve su girdilerinin kısıtlı olması, tarımsal üretimin en önemli sorunlarından biridir.

Yeryüzünün % 75'i, insan vücudunun % 70'i, kanın yaklaşık % 78'i sudur (Mutluay ve Demirak, 1996). Gelişen teknolojinin hızlı şekilde tarımsal üretime yansımaması, eğitim, girdi maliyetlerinin yüksekliği ülkemizin genel sorunlarıdır. Bu nedenle ülkemizde toprak ve su kaynaklarının daha verimli bir biçimde korunmasını, geliştirilmesini ve yönetilmesini gerekli kılmaktadır.

Tarım alanlarında değişik sebeplerle ortaya çıkan ve bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyen fazla suların topraktan uzaklaştırılması amacıyla çeşitli mühendislik yapılarının planlanıp inşa diye tanımlanabilecek drenaj uygulamalarının başarısı, bu amaçla toplanan verilerin doğruluk derecesi ile yakından ilgilidir. Bu verilerin toplanması işi "drenaj etütleri" diye adlandırılmakta olup, bu amaçla yapılacak çalışmalar özellikle büyük projeler söz konusu olduğunda yıllarca süren bir dönemi kapsayabilmekte ve oldukça masraflı olmaktadır.

Sulamaya açılan alanlarda, bir süre sonra drenaj ile ilgili problemlerin ortaya çıktığı ve dolayısıyla sulamadan istenilen faydaların sağlanamadığı bilinmektedir. Bunun en önemli nedeni, aşırı ve kontrolsüz yapılan sulamalar sonucunda taban suyunda meydana gelen yükselmelerdir. Yüksek taban suyu temel iki önemli soruna yol açmaktadır. Birincisi, taban suyunun kapilarite ile üst katmanlara yükselerek buharlaşması

sonucunda bileşimindeki tuzları bitki kök bölgesinde bırakarak toprakların tuzlulaşmasına ve bitkilerin bundan olumsuz etkilenmesine neden olması; diğeri ise, özellikle drenajı bozuk alanlarda taban suyunun etkili bitki kök bölgesi derinliğine kadar yükselmesi ve buradaki hava-su dengesini hava aleyhine bozmasıdır. Toprakta gözeneklerin suyla dolması sonucunda ise, nemli ve serin toprak koşulları oluşmakta, bunun sonucunda ise olarak ekim ve hasat işlemleri gecikmekte; kök hücrelerinin bölünerek çoğalması yavaşlamakta ve böylece kök gelişimi istenilen düzeye ulaşamamaktadır. Ayrıca, organik maddeleri parçalayıp bitkilerin alabileceği şekle dönüştüren toprak mikroorganizmalarının faaliyetleri yavaşlamakta ve toprakta bitki besin maddelerinin alınmasını engelleyen zararlı bileşikler oluşmaktadır (Güngör ve ark., 2012).

Taban suyunun neden olduğu bu olumsuzlukları önlemek için, taban suyu derinliği ve bu derinliğin hangi zaman içinde değişiminin nasıl olduğunun bilinmesi aynı şekilde taban suyu kalitesinin ne olduğu ve zaman içerisindeki değişiminin nasıl olduğunun izlenmesi ve elde edilen sonuçlara göre önlemlerin alınması gerekmektedir. Taban suyunun izlenmesi sulanan alanlarda sürekli yapılması gereklidir ve projede öngörülen düzeylerde tutulmalıdır. Ayrıca yapılan bu gözlemler drenaj tesislerinin işlevlerini tam olarak yapıp yapmadığının ve mevcut tesislere ek tesisler ile drenaj tesisi olmayan alanlara yeni tesislerin yapılmasına gereksinme olup olmadığının belirlenmesi kararının alınması için gereklidir. Taban suyu izleme ve kalitesinin değerlendirilmesi çalışmaları mevcut topraklarımızın muhafazası ve tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir (Gündoğdu ve ark., 1998; Kara ve Arslan, 2004).

Çevremizdeki mevcut bilgilerin etkin bir şekilde kullanılması ve anlamlı bilgi için sağlıklı veriye erişmede yaşanan sıkıntılar, yaşanan teknoloji çağının en önemli sorunları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilgilerin yeterince organize edilmeyip zaman içerisinde de yoğun bir bilgi trafiğinin ortaya çıkması, başta hızlı karar verme konumundakiler olmak üzere, toplumun tüm kesimlerinde bir kargaşa ve paniğe neden olmaktadır. Bunun sonucunda da bilgi gibi önemli ve güçlü bir kaynak farkında olmadan israf edilmektedir. Oysa dünyada bilgiyi etkin kullanan toplumların çok daha



hızlı ve dinamik bir gelişme gösterdikleri, yine bu tür toplumlarda yaşayan bireylerinin, çağdaş hizmetlerden en üst düzeyde yararlandıkları görülmektedir.

Sulama proje alanlarında, sulama ile taban suyu düzeyinde meydana gelen değişikliklerin belirlenmesi amacıyla gözlem kuyuları oluşturulmaktadır. Bu gözlem kuyularından aylık olarak taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluk değerleri ölçülmektedir. Yapılan çalışma ile taban suyu ölçüm değerleri kullanılarak taban suyunda meydana gelen değişiklikler değerlendirilerek, gerekli önlemler alınabilmesini sağlamaktır.

Yeryüzündeki tüm sular atmosferik kökenlidir ve bir denge içindedir. Su, dere, çay, nehir ve denizlerden güneş ısısayesinde buharlaşarak atmosfere yükselir orada önemli bir potansiyel oluşturur. Bulutların yoğunlaşması ile yağışlar meydana gelir. Küçük bir kısmı yeryüzüne düşmeden buharlaşırken büyük kısmı yeryüzü ile buluşur. Yeryüzüne düşen suyun bir kısmı yeryüzü ile buluştuktan hemen sonra bir kısmı akma sırasında atmosfere dönüş yapar. Kalan kısmı ise topoğrafik eğim yardımı ile dere çay, ırmak ve nehirleri oluşturur. Yeryüzüne düşen yağışın bir kısmı, infiltrasyon olayı ile toprağa farklı hızlarda sızar ve bitkiler tarafından kullanılır. Hidrojeolojik dengeyi oluşturan unsurlardan da görüleceği gibi, hidrolojik döngü içinde, toprak, su ve bitki arasında kararlı ve dengeli bir ilişki söz konusudur (Güngör ve Erözel, 1994).

Çalışma alanı olan Tokat Niksar Ovası; Karadeniz sıradağlarının güneyinde Kelkit Çayı vadisi boyunca doğu, güney-batı yönünde uzanmaktadır. Ortalama 25 km uzunluğunda, 5 km genişliğindedir. Yüzölçümü 13 068 ha'dır. Kelkit Çayı, ovaya Fatlı Köyü yakınında girmekte ve geniş bir yatakla ovayı kat ettikten sonra Talazan Köprüsünden (Danişmendli dönemi 12 yy) itibaren terk etmektedir. Ovanın en dar kısmı Fatlı Köprüsü civarında 500-600 m, en geniş yeri Niksar ilçesi ile Sarıyazı köyü arasında yaklaşık 6 000 m'yi bulmaktadır. Arazinin büyük bir kısmı Kelkit Çayı'nın sol sahilinde kalmaktadır.

Çalışma alanında, sulu tarımda yapılan bilgisiz uygulamalar sulanan arazilerde tuzlaşma tehlikesi yaratmaktadır. Tarımsal üretim dışı kalmasına yol açabilecek tuzluluk ve yer yer buna dayalı sodyumluluk tehlikesini de beraberinde getirmektedir.

Niksar ovası, Yeşilırmak alt havzası içerisinde yer almaktadır. İklimin yarı kurak özellik göstermesi ovada en uygun şartlarda tarımsal üretim için sulamayı gerekli kılmaktadır. 1955 yıllarında Kelkit Irmağının ıslah çalışma planlamaları başlamıştır. Bu planlama ile birlikte arazi sınıfları, su sınıfları belirlenmiştir. 1959 yılında çalışma genişletilmiş, 1973, 1987, 1991 yıllarında Niksar Ovasının drenaj planlamaları ve uygulamaları yapılarak planlı bir şekilde çalışılmıştır. Uzun yıllara sari bu çalışma maliyeti nedeniyle ara ara sekteye uğrasa da günümüzdeki halini almıştır. Temel bir takım sorunları olsa da yatırımın amacına ulaştığı söylenebilir. Niksar Ovasında taban suyu seviyesinin ve kalitesinin yıllara göre değişimini iyi analiz etmek için Devlet Su İşleri tarafından yapılan bu çalışmaların çok önemi bulunmaktadır.

Niksar Ovasının toplam büyüklüğü 12 965 ha olarak belirlenmiştir. Toplam alanın ise 10 536 hektarlık alanı sulanabilir arazilerdir (DSİ, 1973). Niksar şehir planındaki genişleme ile birlikte bu alan 8 915 ha alana kadar düşmüştür. 1955 den günümüze drenaj şartları dikkate alınarak drenaj ihtiyacı giderilmiştir. Toplam taban suyu gözlem alanı 6 364 hektardır. Bununla birlikte su kalitesi ve seviye takibi yapılan, bölgenin sulama ihtiyaçlarının karşılanamadığı arazilerde derin sondajlar yapılarak sulama alanı genişletilmiştir. Niksar ovasında bu şekliyle 18 adet derin sondaj kuyusu bulunmaktadır.

Bu çalışma ile Tokat Niksar Ovası'nda uzun yıllık taban suyu seviye ve kalite değişimleri değerlendirilerek haritalar ve grafikler elde edilmiş, yorumlanmaya ve yeni öneriler getirilmeye çalışılmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Sulak alanlar; Dünyanın tropik orman ve okyanuslarından sonra en büyük karbon tutumunu yerine getiren, yüksek biyolojik sürekliliğe sahip birçok canlıya ev sahipliği yapan, bulunduğu bölgenin su rejimini dengeleyen, iklimini şekillendiren ve düzenleyen, doğal işlevleri ve ekonomik değerleriyle yeryüzünün en önemli ekosistemleri arasında yer alır. Sulak alanlar açısından Ülkemiz Avrupa ve Ortadoğu ülkelerine göre oldukça zengin konumda iken, bu potansiyeli son yüzyılda yapılan uygulamalardan dolayı değişime uğramıştır (Abacı, 2016).

Doğal kaynakların kullanımı, hızlı nüfus artışına paralel olarak düzensiz ve kontrolsüz şekilde artmıştır. Bazı doğal kaynakların özellikle de ekosistemlerin işlevlerinin ve yararlarının bilinmemesi, bu kaynakların kullanım amacının dışında plansız kullanımını ortaya çıkarmıştır (Çevre Bakanlığı, 1998).

Çalışma alanı Niksar Ovası; toprağın korunması, geliştirilmesi, tarım arazilerinin sınıflandırılması, asgari tarımsal arazi ve yeter gelirli tarımsal arazi büyüklüklerinin belirlenmesi ve bölünmelerinin önlenmesi, tarımsal arazi ve yeter gelirli tarımsal arazilerin çevre öncelikli sürdürülebilir kalkınma ilkesine uygun olarak planlı kullanımını sağlayacak usul ve esasları belirleyen 03/07/2005 tarih ve 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununa göre, 12/12/2016 tarih ve 2016/9620 sayılı kararname ile Büyük Ova kapsamına alınmıştır (21 Ocak 2017 tarih ve 2995 sayılı Resmi Gazete Mükerrer sayı). Çalışma alanı kanunla korunan alanlardandır.

Kurak ve yarı kurak iklime sahip bölgelerde tarımsal üretim büyük ölçüde sulama bağlıdır. Sulama; gübreleme, toprak işleme gibi verimi artıran başka faktörleri de etkilediği için bitkisel üretimin motoru konumundadır ve suyun rastgele tarlaya verilmesi anlamına gelmemektedir.

Toprak, topoğrafya ve iklim özellikleri, bitki cinsi, su kalitesi hususlar göz önüne alınarak, tarlaya verilecek suyun miktarı ve sulama zamanı, sulama süresi gibi teknik ölçüler belirlenip bu değerlere göre sulama yapılır. Aksi durumda uzun vadede fayda

yerine zarar getirebilir. Erozyon, tuzluluk, drenaj sorunları yaratıp arazilerin kullanılmaz duruma gelmesine sebep olabilir (Kara, 2005).

Horneck ve ark. (2007), toprakta Ca, Na, K ve Mg kationlarının artmasıyla toprakta tuzluluğun meydana geldiğini ve EC değerinin arttığını rapor etmişlerdir. Ayrıca yapılan bu çalışmada Na ile pH ve Na ile SAR değerlerinin pozitif bir ilişkiye sahip olduğu belirtilmiştir.

Dünyada, sulama kaynaklı tuzluluk ve sodyumluluk sorunu olan arazilerin, toplam sulanan arazilere oranının % 27'ye ulaştığı bilinirken, Ülkemizde tuzlu ve alkali toprakların dağılımı, 1978 yılında 1.5 milyon hektar dolayında olduğu, bugün ise bu miktarın arttığı bilinmektedir (Topçu, 1998).

Taban suyunun neden olduğu bu olumsuzlukları önlemek için, taban suyu derinliği ve bu derinliğin hangi zaman içinde değişiminin nasıl olduğunun bilinmesi, aynı şekilde taban suyu kalitesinin ne olduğu ve zaman içerisindeki değişiminin nasıl olduğu izlenmesi ve elde edilen sonuçlara göre önlemlerin alınması gerekmektedir (Akbaş ve ark., 2007).

Alüvyon içindeki kil lenslerinin varlığı uygun hidrolik koşullar altında basınçlı akifer oluşturur. Kuvaterner yaşlı alüvyonların üst kesimleri çakıl, kil, balçıklı çakıl ve kumlu çakıldan oluşmaktadır Vadi dolgu maddesinde önemli bir akifer oluşmuştur. Bu maddeler hem dikey hem de yatay olarak rastgele dağılmıştır. Gözeneklilik değeri %16 ile % 35 arasında ve geçirgenlik değerleri  $1.1 \times 10^{-3}$  ile  $2.7 \times 10^{-6}$  mt/sn arasında değişmektedir. Vadi düz olmakla birlikte ortalama eğim sıfır ve % 2 arasındadır. Akifer suyunun genel akım yönü KD ve GB yönlerindedir. Çöküntü ve yüzey suları (Kelkit nehri) su tablosundaki temel dalgalanma kaynaklarıdır (Afşin ve ark., 1997).

EC (Elektriksel iletkenlik) toprakta elektrik akımını iletmenin bir ölçüsüdür. Elektriksel iletkenliğin birimi mS/m Şeklinde ifade edilmektedir. Elektriksel iletkenlik; toprağın tekstürü, toprağın tuzluluğu, toprağın nem içeriği, toprağın derinliği vb. toprak karakteristiklerinin tanınmasında kullanılmaktadır (Akkaya, 2017).

Yüzeysel taban suyuna sahip alanlarda bitki su ihtiyacı, etkili yağışlar ve sulamanın yanında bir kısmı da taban suyundan karşılanmaktadır. Taban suyundan kök bölgesine olan kapılar yükselmenin dikkate alınmaması, taban suyu ve özellikle de tuzluluk problemini artırmakta ve daha karmaşık hale getirmektedir. Sulama programı oluşturulurken taban suyunun katkısı mutlaka dikkate alınmalıdır (Akbuğa, 2006).

Türkiye’de yıllık ortalama yağış yaklaşık 643 mm olup, yılda ortalama 501 milyar m<sup>3</sup> suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m<sup>3</sup>’ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m<sup>3</sup>’lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m<sup>3</sup>’ü ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m<sup>3</sup>’lük suyun 28 milyar m<sup>3</sup>’ü pınarlar vasıtasıyla yeryüzü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m<sup>3</sup> su bulunmaktadır. Ülkemizin kullanılabilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m<sup>3</sup> olup bunun 44 milyar m<sup>3</sup>’ü kullanılmaktadır. Üreticiler yüzey suları yetersiz kaldığında sulama amaçlı olarak yer altı sularının kullanımına yönelmektedir. Ülkemizde 14.7 milyar m<sup>3</sup> yeraltı suyu rezervi bulunmakta ve mevcut rezervin 13.56 milyar m<sup>3</sup>/yıl tahsisi yapılmıştır (Özen, 2017 ).

Akarsu havzası çevre sistemleri değişen iklim koşulları nedeniyle belirsizlik ve karmaşıklık içerir. Bu yüzden, yöneticiler, doğal kaynakların kalitesi ve miktarı açısından genellikle çözüm için parasal kaynakların da sınırlı olması sebebiyle kısa zamanda en uygun karar vermek zorundadır. Bu durumda yöneticilerin vereceği karara matematiksel temeller yardımcı olmaktadır. Karar verme ile modelleme arasındaki ilişki de bu gereksinimden kaynaklanmaktadır.

Su kalitesi modelleri, su ortamında oluşan fiziksel, kimyasal ve biyolojik prosesleri tanımlayan matematiksel eşitliklerden oluşmaktadır. Doğal olaylardan ya da evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu oluşan noktasal deşarjlar modelin kirlilik yüklerini meydana getirmektedir. Karmaşık, rasgele ve zamanla değişken özellik gösteren kirlilik kaynakları nedeniyle akarsu sisteminin davranışı dinamiktir (Çoskun, 2012).

Sulanan arazilerin ıslahı, toprakların su ve tuz rejiminin incelenmesi ile yakından ilişkilidir. Toprak verimliliğini artırarak korumak ve tarım bitkilerinin normal gelişimini sağlamak amacı ile su ve tuz rejimi yönetiminin belirlenmesi toprak ıslahının esas amaçlarından birisidir. Sulama için kullanılan kaynaklarda fazla miktarda Na iyonu bulunuyorsa, toprağa uygulandığında toprağa sızması güç olur ve toprak yüzünde göllenmeler meydana gelir. Toprak kurduğunda yüzeyde çatlaklar oluşup, sürüldüğünde çok sert kesekler ortaya çıkar (Arslan, 2005).

Bitkilerin sulanmasında kullanılacak suyun sulamaya uygunluğu; sulama suyunun kalitesi, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliği, bitkinin çeşidi, tarlanın drenaj yeterliliği ve sulama yöntemiyle yakından ilgilidir. Sulama suyunun kalitesi içerisindeki erimiş halde bulunan tuzların konsantrasyonuyla belirlenir. Sulama suyu kalitesi toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine, bitkinin tuza dayanım hassasiyetine, iklim şartlarına ve uygulanacak sulama yöntemi ile su miktarına bağlı olarak, bitki ve toprak üzerinde doğrudan ve dolaylı olarak etkili olmaktadır (İşcan ve ark., 2001).

Çalışma alanında taban suyu seviyesindeki ve kalitesindeki değişim tarımsal faaliyetleri direkt etkilerken gerekli önlemler alınmadığı takdirde toprakta meydana gelecek tuzluluk verim azalmasına neden olacaktır. Taban suyu düzeyinin yüksek olduğu topraklarda, boşluklar su ile doludur ve hava oranı düşüktür. Oksijen eksikliği ve karbondioksitin toksit miktarlarında birikmesi nedeniyle kök gelişimi ve bitki besin maddelerini alımı azalmaktadır (Öztürk, 1994).

Sulama suyu niteliğini birçok unsurun birleşik etkisi belirlemektedir. Bunlar; pH, alkalilik, karbonat ve bikarbonatlar, çözünebilir tuzlar, sertlik, makro ve mikro besin elementleridir (Çaçık, 2008).

Taban suyu seviyesi ve tuzluluğundaki değişimler birtakım etkiler altında değişebilmektedir. Bunlar sulama suyu kalitesi, drenaj sisteminin etkinliği ve bitki desenidir. Çünkü tuzluluk uzun bir zaman diliminde ortaya çıkan bir sorundur (Aras, 2010).

Sürdürülebilir bir sulu tarım için taban suyu seviyesinin ve tuzluluğun sürekli izlenmesi ve izin verilebilir sınırlarda tutulması gerekmektedir (Çamoğlu ve ark., 2006).

Sulama sistemleri performans değerlendirmelerinin en önemli amaçları, sulama faaliyetlerinde her aşamada sulama sistemi yöneticilerine veri aktarımının sağlanması ve bu verilerin değerlendirilmesidir. Sistemin işleyişi yönünden yönetici ve kullanıcılara yol gösterme ve aksaklıkların giderilmesinde önemli bir yere sahiptir (Gençoğlu, 2018 ).

Türkiye su potansiyeli bakımından zengin bir ülke olarak tanımlanabilir. Bu tablo son 30 yılda değişim göstermektedir. Su kaynaklarının ve ortamlarının korunmasına ilişkin düzenlemelerde etkin akılcı çözümler üretilmelidir. Bu çözümlerin entegre ve yararlı kullanımlara yönelik olması su kalite kontrolünün önemli amaçlarından birini oluşturmaktadır (Baltaoğlu, 1990).

Su kalitesi ölçütlerinin tespit edilmesindeki temel amaçlardan ilki suyun kirlenmekten korunmasıdır. Çünkü ne kadar özenle kirlilikten arındırılırsa arındırılınsın, suyun kirlenmesine neden olabilecek depolama, taşıma, kullanma kurallarına uyulmadıkça ve bu koşullar sağlanmadıkça su kolay kirlenebilir bir maddedir (Dinçer, 2014).

Sulama ile drenaj birbirlerini tamamlayan iki önemli mühendislik dalıdır. Sulama ile kuru koşullara göre, 3-7 kat verim artışının sağlandığı açıklanmakla birlikte, drenajın sulama ile ilişkisinin yeterli ölçüde önemsenmemesi, sulu tarım alanlarında tuzluluk, alkalilik ve taban suyu gibi geri dönüşü çok güç olan sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Tarımsal drenajın önemi bilinmekle birlikte çoğu kez sulama sistemlerinden sonra düşünüldüğünden yukarıda değinilen sorunlarla hemen tüm sulanır alanlarda karşılaşmaktadır (Kanber ve ark., 1992).

Çiftçi (1987) Konya TİGEM arazisinde yaptığı çalışmada drenaj kanalı yetersizliğinden dolayı taban suyu seviyesinin aşırı yükseldiğini ve buharlaşma sonucunda tuzun üst toprak katmanlarında biriktiğini tespit etmiştir. Kapilarite ile toprağın üst katlarına tuz taşınmasının minimum olduğu kritik taban suyu derinliği 110 cm bulunmuştur.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma alanı

Niksar ilçesi, Karadeniz Bölgesinin Orta Karadeniz Bölümünde Tokat İli sınırlarında yer almaktadır. Niksar şehri Doğu-Batı yönünde akan Kelkit çayının içinde aktığı tektonik Niksar ovasının kuzeyinde Canik Dağlarının iç sıralarının güney eteklerinde kurulmuştur. Şehir kabaca  $40^{\circ} 33'$ - $40^{\circ} 36'$  kuzey enlemleri ile  $36^{\circ} 54'$ -  $36^{\circ} 59'$  doğu boylamları arasında yerleşmiştir. Tokat il merkezine 60 km uzaklıktadır (Şekil 3.1). Niksar güneydoğuda Başçiftlik, doğuda Reşadiye, güneyde Almus, güneybatıda Tokat Merkez İlçe, kuzeybatıda Erbaa, kuzeyde ve kuzeydoğuda Ordu iline bağlı Akkuş ve Aybastı ilçeleri ile komşudur (Anonim, 2018).



Şekil 3.1. Çalışma alanı coğrafi konumu



Niksar şehrinin kurulu bulunduğu Niksar Ovası literatürde Erbaa-Niksar Ovası ya da Erbaa-Niksar Havzası olarak geçmektedir (Ardos, 1984). Niksar Ovasının ayrı bir ova olduğunu söyleyebilmek mümkündür. Ancak, genel görünüm açısından jeomorfolojik bir havza içerisinde bulunan iki ayrı ovadırlar. Saha kuzeyden Canik ve güneyden Sakarat Dağları ile kuşatılmıştır. Niksar ovası bu kütlelere paralel olarak kabaca doğu-batı yönlü uzanır. Kuzeyde en yüksek noktalar Gölağa Tepe (1 502 m), Keltepe (1 794 m) ve Somunbaba Tepe (1 780 m)'dir. Güneyde Dönek Dağı kütlesi yer almaktadır (1 820 m).

Kelkit çayı Niksar ovası doğusunda dar bir yarma vadi içindedir. Köklüce köyü (Fatlı) önlerinde ova başlar, Buzköy güneyinde son bulur ve Kelkit çayı Ayan Boğazı içerisine girer. Ova ortalama 5 km genişliğinde ve 25 km uzunluğundadır. Ortalama yükseltisi 290 m'dir (DSİ, 1991).



Şekil 3.2. Niksar Ovası ve Kelkit Çayı görünümü

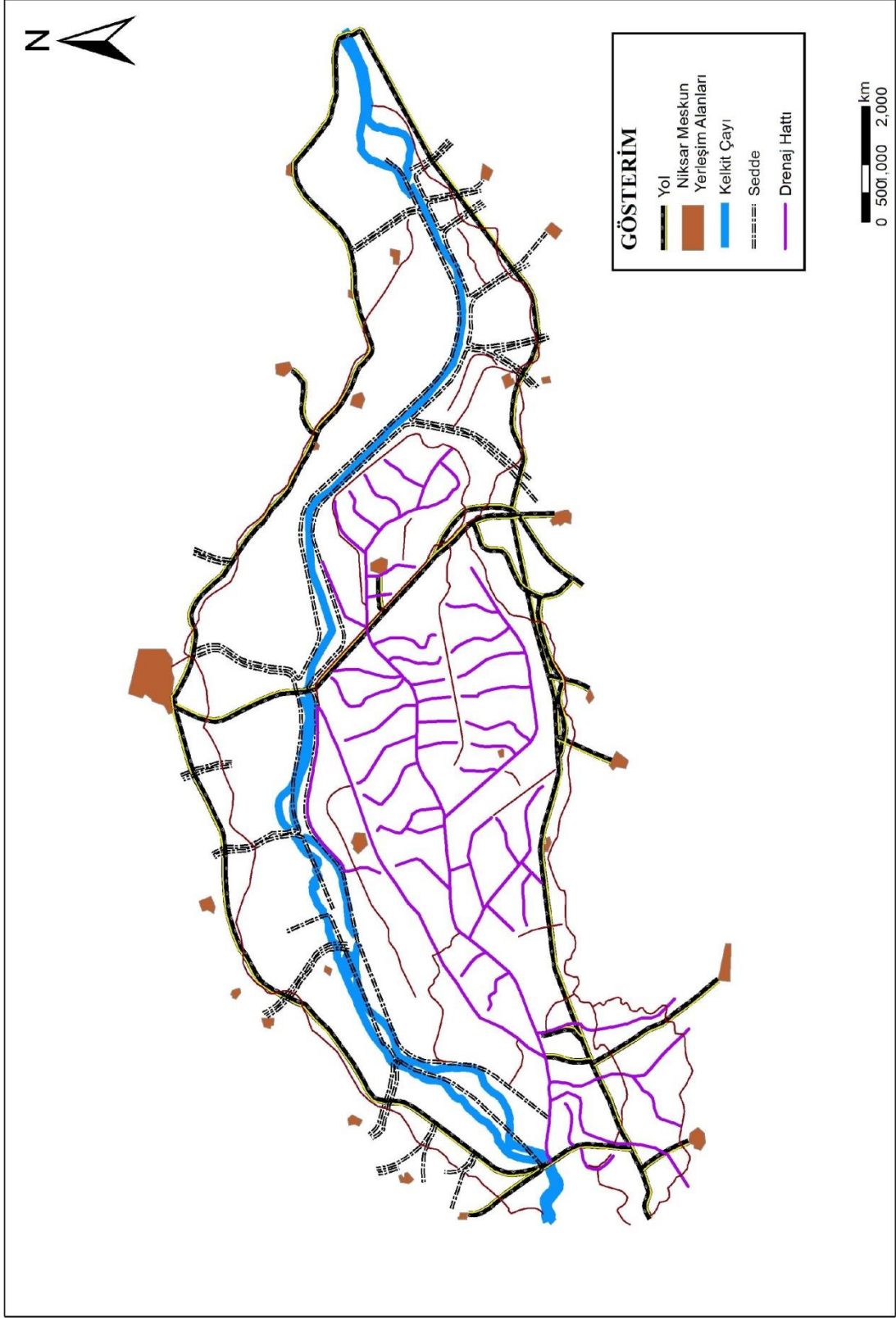
Çalışma alanı olan Niksar Ovası'nın ortalama kotu 290 m'dir. Kuzeybatı yönünde ortalama 250 m, güneydoğu yönünde 300 m kote sahiptir. Uzunluğu güneydoğudan kuzeybatıya doğru 25 km, genişliği ise 100-5 000 m arasında değişiklik göstermektedir. Niksar Ovasının topoğrafik eğimin izin verdiği bütün araziler 12 965 ha olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.2).

Çizelge 3.1. Niksar Ovası 1991 yılı arazi kullanım durumu (DSİ, 1991)

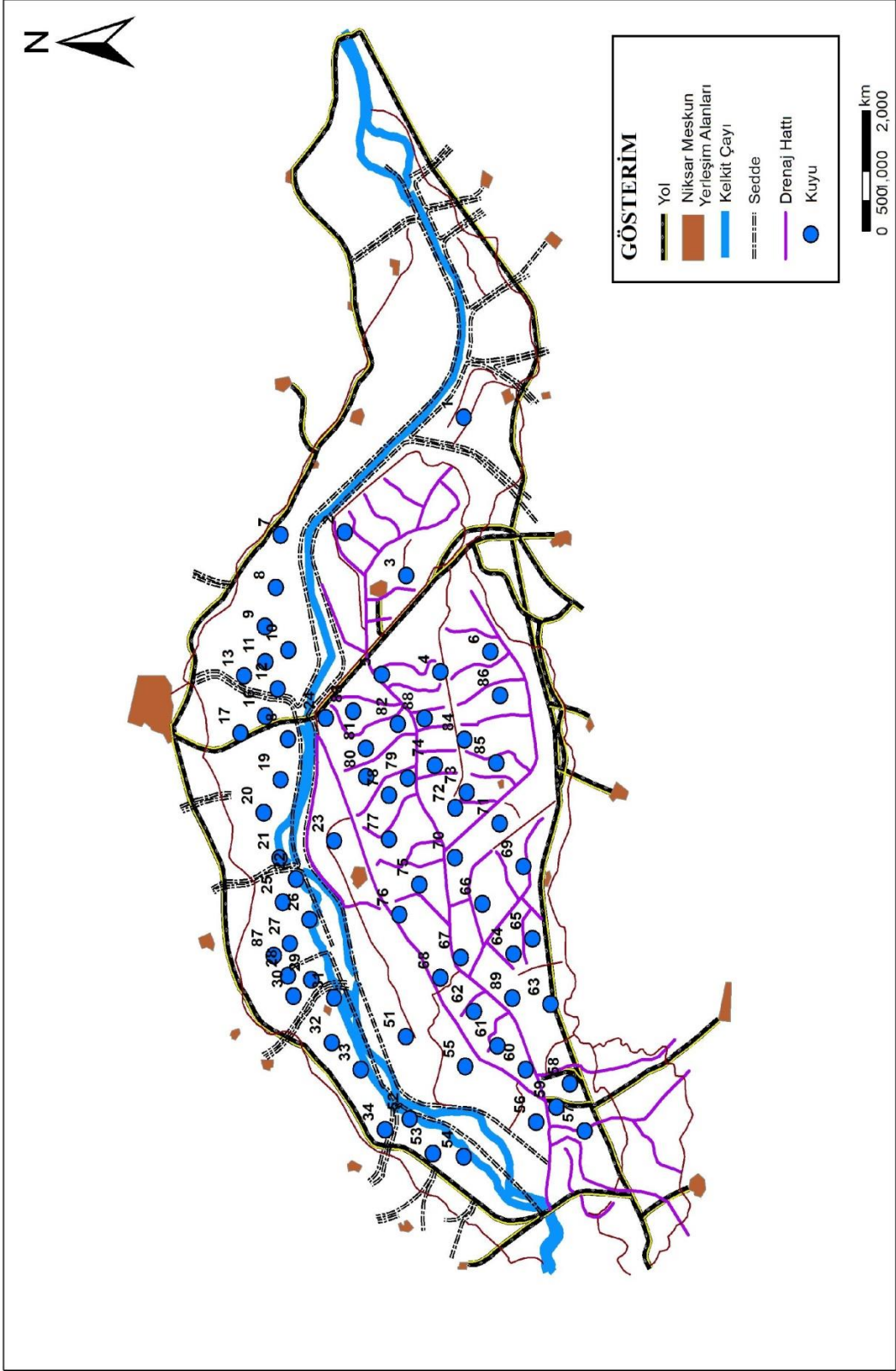
| <b>Arazi Kullanımı</b> | <b>Alan (ha)</b> | <b>Oranı (%)</b> |
|------------------------|------------------|------------------|
| Kuru Tarım (L)         | 2 552            | 19.7             |
| Sulu Tarım (C)         | 8 535            | 65.8             |
| Mer'a (G)              | 335              | 2.6              |
| Ağaçlık (B)            | 30               | 0.2              |
| 6. sınıf               | 1 513            | 11.7             |
| TOPLAM                 | 12 965           | 100              |

Çizelge 3.1 incelendiğinde 1955-1959 yılları arasında başlayan drenaj çalışmaları 1971-1973 yılları arasında devam etmiştir. 1987-1991 yılları arasında % 90 oranında tamamlanmıştır. Sulu tarım yapılan alanlara daha sonra pompaj istasyonlarının eklenmesi ile birlikte 8 915 ha sulamaya açılan alan olarak son halini almıştır. Bu şekilde çalışma alanımızı oluşturmaktadır. Farklı zaman dilimlerinde 89 adet taban suyu kuyusundan ölçümler 2003 yılından itibaren aylık olarak alınmaya başlanmıştır. Çizelge 3.1'de verilen 1 513 ha 6. sınıf arazinin 1 190 ha'ı ırmak yatağı şeklindedir. Bu durumda 6. sınıf arazi varlığı 323 ha'dır.

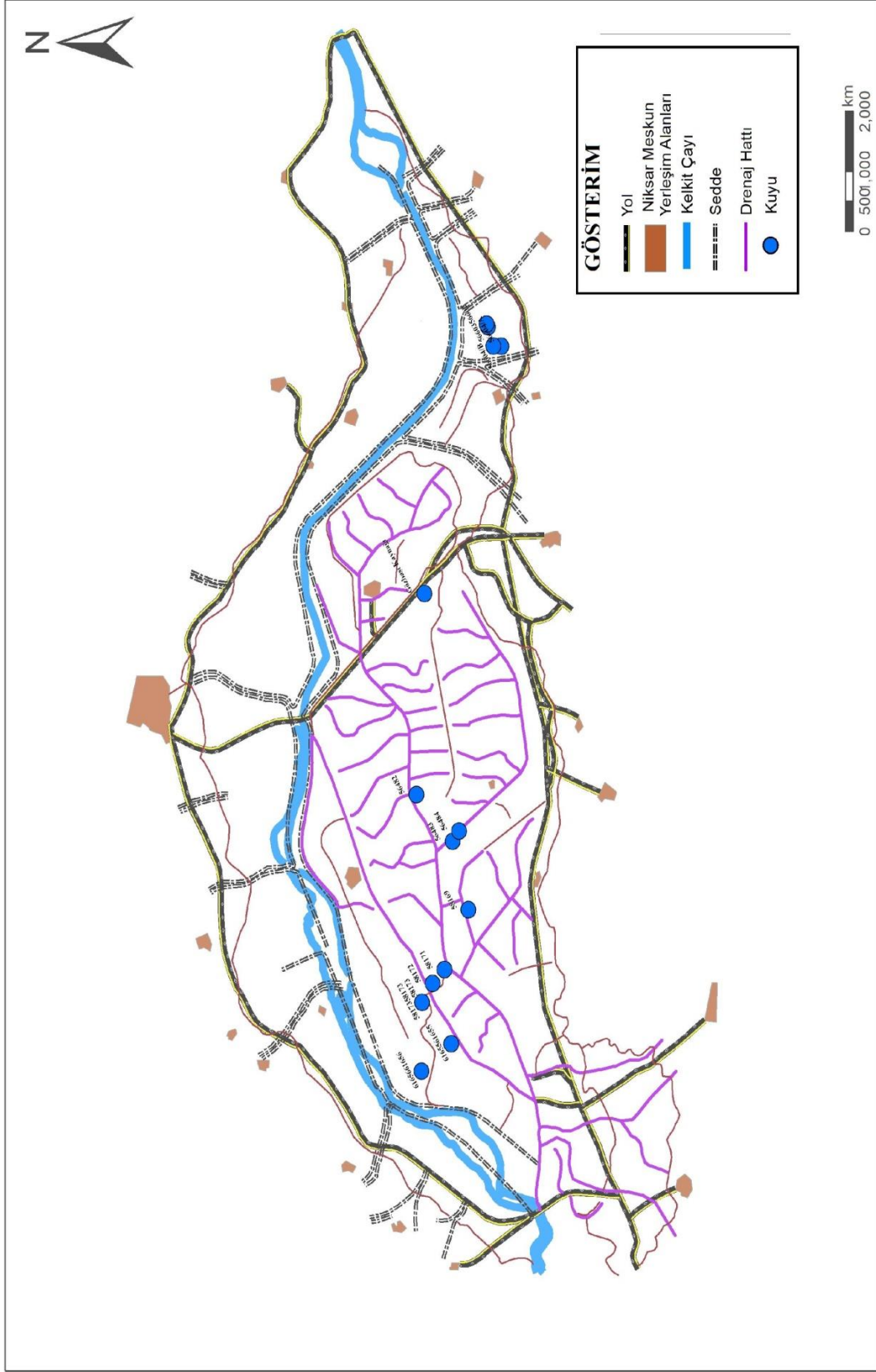
Şekil 3.3'te vaziyet planı verilmiştir. Vaziyet planı çalışma alanının bütünü göstermektedir. Farklı dönemlerde açılan drenaj kanalları ile yerleşim yerleri ve ana sulama sitemini oluşturan Kelkit çayı ilişkisi gösterilmiştir. Şekil 3.4'te gözlem kuyuları konumları ve çalışma alanı ilişkisi gösterilmeye çalışılmıştır. 89 adet taban suyu gözlem kuyularının bir kısmı çalışır durumda olmadığı için veri alınamayan kuyular gösterilmemiştir. Bu gözlem kuyularından 2003 yılından itibaren aylık taban suyu derinlik ölçümleri alınmıştır. DSİ tarafından farklı dönemlerde açılmış 18 derin kuyu bulunmaktadır. Bu kuyuların çalışma alanındaki konumları ve çalışma alanı ilişkisi Şekil 3.5'te verilmiştir. 18 kuyudan, 1989 yılından itibaren her kuyu için 1 kalite ölçümü ile 1989 yılından itibaren Eylül ve Mayıs aylarında taban suyu derinlik ölçümleri alınmıştır. Çalışma alanında gözlem kuyularının konumları ile sondaj kuyularının konumları Şekil 3.6'da verilerek genel vaziyet planına işlenmiştir.



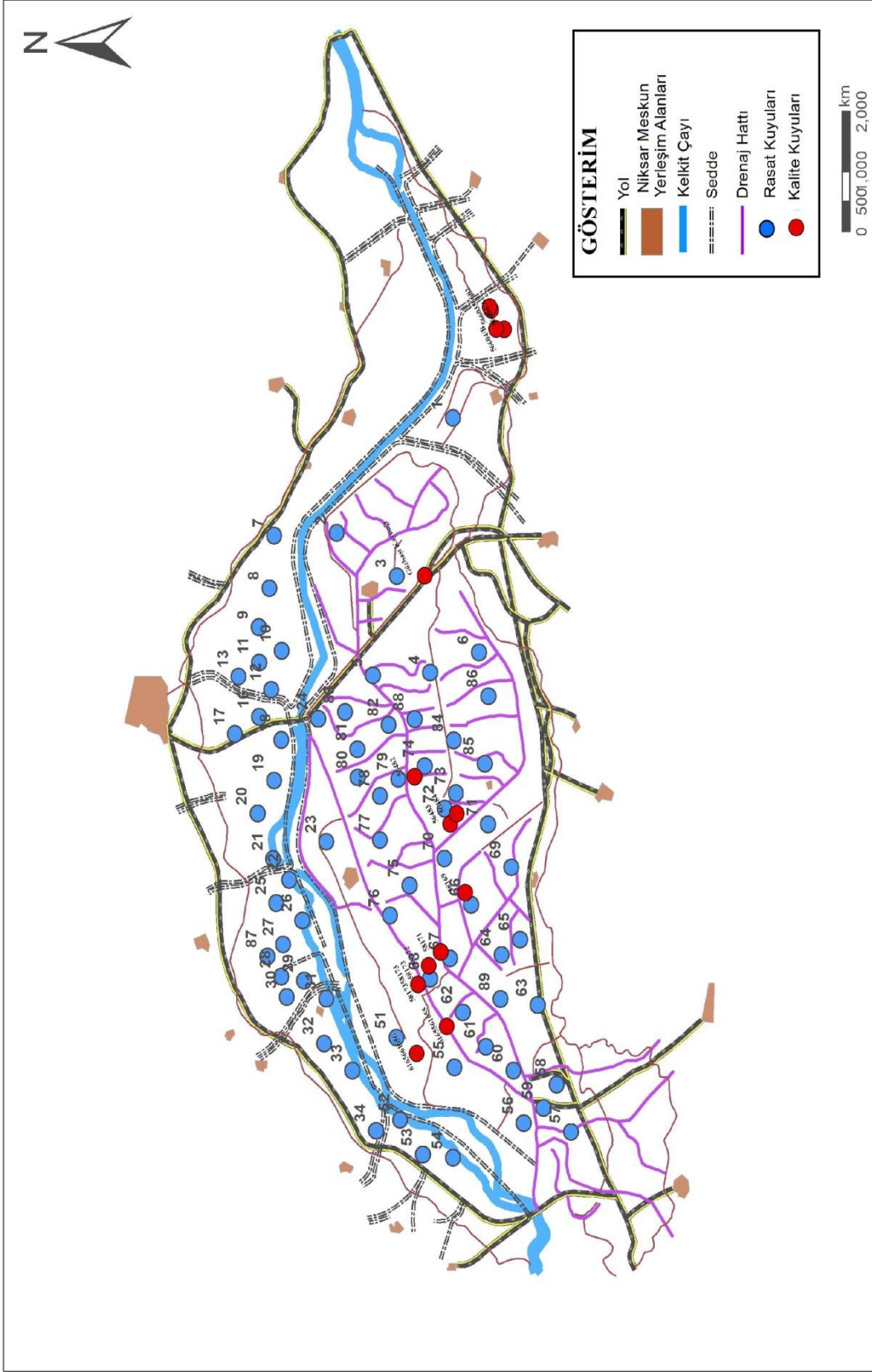
Şekil 3.3. Çalışma alanı drenaj ağı genel vaziyet planı haritası



Şekil 3.4. Çalışma alanı gözlem kuyuları yerleşim planı haritası



Şekil 3.5. Çalışma alanı derin sondaj kuyuları yerleşim planı haritası

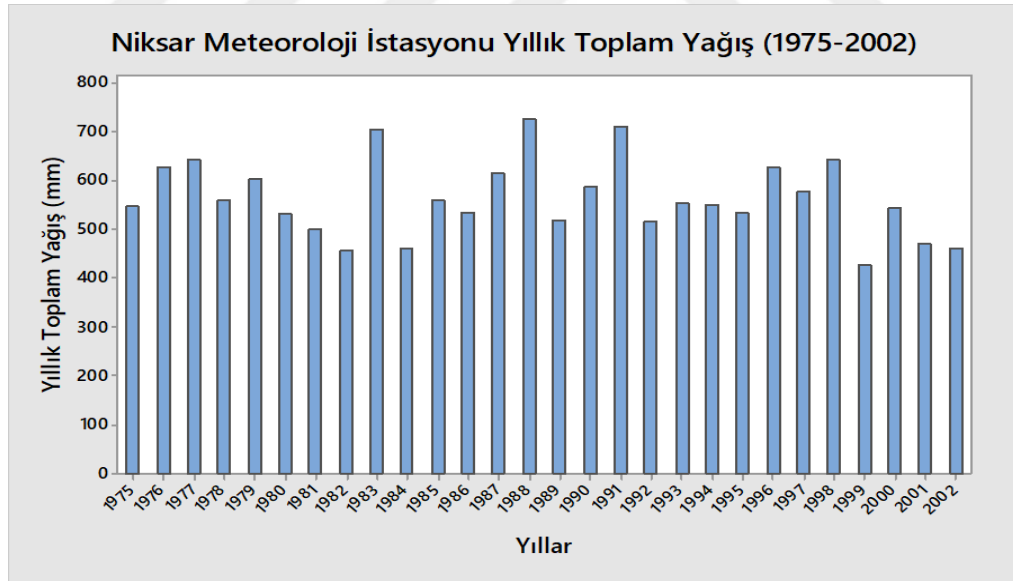


Şekil 3.6 Çalışma alanı gözlem / sondaj kuyuları yerleşim planı haritası

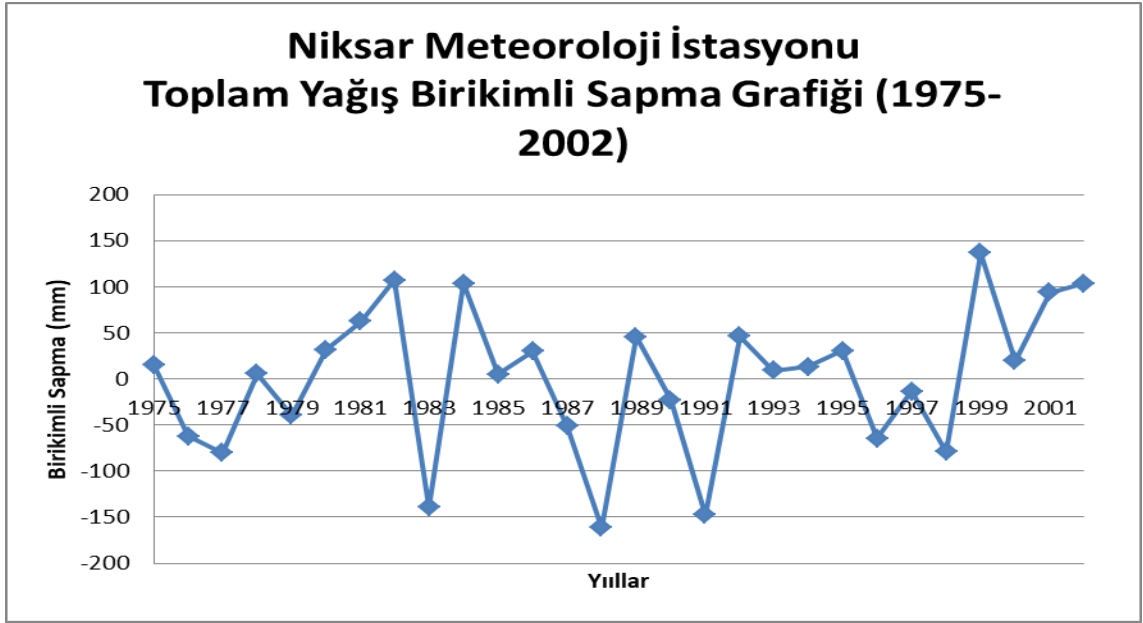
### 3.1.2. İklim özellikleri

Niksar meteoroloji istasyonunun 1975-2002 (28 yıllık) ölçümleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. En fazla yağışın gerçekleştiği ay Mayıs (79.1 mm) ve yağışın en az olduğu ay ise Ağustostur (9.6 mm)'tur. Yağışın mevsimlere dağılımına bakıldığında en fazla yağışın İlkbaharda düştüğü görülür (% 34.7), yağışın en fazla düştüğü ikinci mevsim kış (% 28.7) mevsimidir. Yıllık yağışın kalan % 23.7 oranındaki kısmı sonbahar ve % 12.9 oranındaki kısmı ise yaz mevsiminde düşmektedir.

Niksar meteoroloji istasyonunda yıllık ortalama yağış 562.8 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 3.7). Birikimli sapma grafiğine göre 1975-1979 yılları arası kurak, 1980-1982 yılları yağışlı, 1983-1988 yılları arası kurak, 1988 yılı yağışlı, 1989-1991 yılları arası kurak, 1992-2001 yılları arası yağışlı olarak belirlenmiştir (Şekil 3.8).

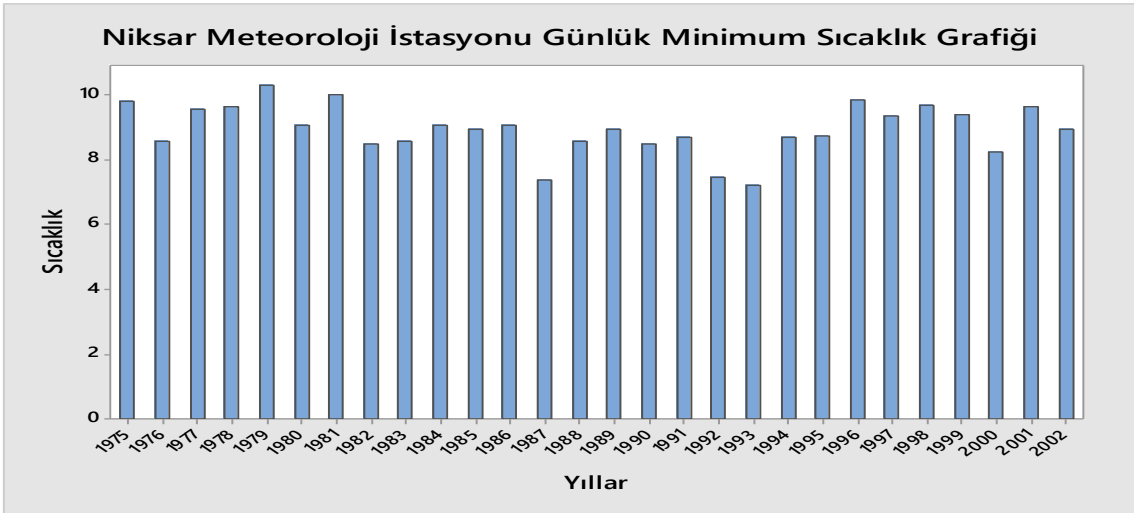


Şekil 3.7. Niksar Meteoroloji İstasyonu yıllık toplam yağış miktarı değerleri (1975-2002)



Şekil 3.8. Niksar Meteoroloji İstasyonu yıllık toplam yağış birikimli sapma grafiği (1975-2002)

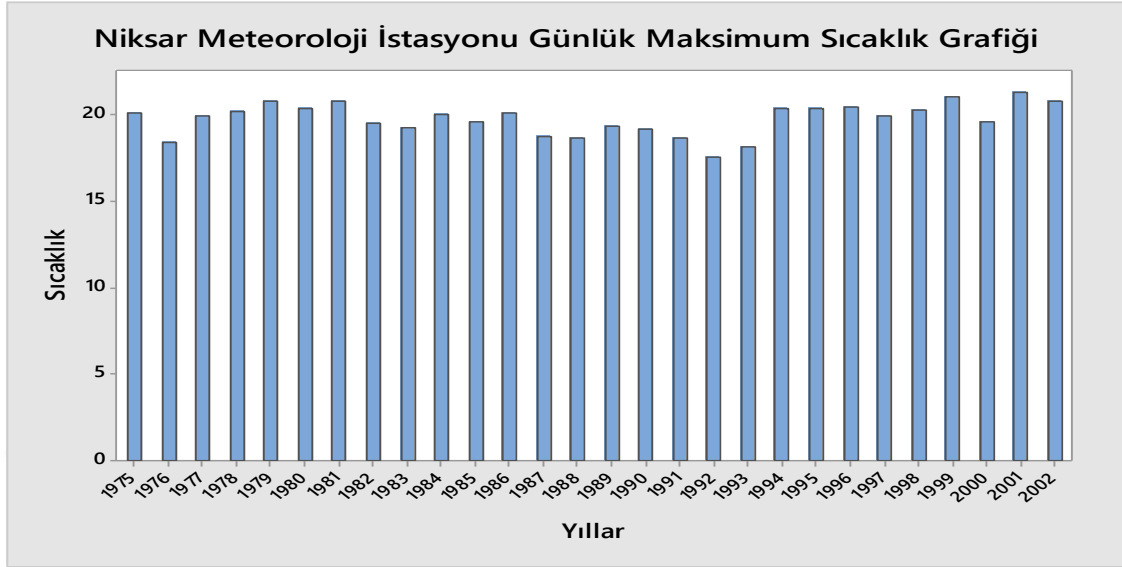
Ortalama düşük sıcaklık 8.9 °C olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Niksar Meteoroloji İstasyonu günlük minimum sıcaklık grafiği (1975-2002)



Ortalama yüksek sıcaklık 19.7 °C hesaplanmıştır.



Şekil 3.10. Niksar Meteoroloji İstasyonu günlük maksimum sıcaklık grafiği (1975-2002)

Yapılan hesaplamalarda ortalama sıcaklık 14 °C, ortalama yüksek sıcaklık 19.7 °C, ortalama düşük sıcaklık 8.9 °C, ortalama yağış 562.8 mm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Niksar Meteoroloji İstasyonu ortalama meteorolojik verileri (1975-2002)

| Aylar               | O    | Ş    | M    | N    | M    | H    | T    | A    | E    | E    | K    | A    | Yıllık       |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| Ortalama S. (°C)    | 4    | 5.3  | 9.1  | 14   | 17.5 | 20.8 | 23.2 | 23   | 20   | 14.9 | 9.8  | 6    | <b>14.0</b>  |
| Ort. Yüksek S. (°C) | 9.2  | 11.2 | 16.7 | 20.1 | 23.8 | 28.3 | 29.6 | 29.6 | 27.7 | 21.9 | 16.8 | 11.1 | <b>19.7</b>  |
| Ort. Düşük S. (°C)  | 0.6  | 1.3  | 4.2  | 8.4  | 11.7 | 14.8 | 17.3 | 17   | 13.9 | 9.8  | 5.5  | 2.5  | <b>8.9</b>   |
| Ort. Yağ. (mm)      | 54.7 | 47.4 | 44.9 | 70.4 | 79.1 | 42.9 | 20.3 | 9.6  | 22.4 | 50.8 | 60.8 | 59.5 | <b>562.8</b> |

Ortalama sıcaklığın en düşük olduğu ay Ocak (4.0 °C) ve en yüksek olduğu ay Temmuz (23.2 °C) olarak ölçülmüştür. Bütün bu veriler ışığında Niksar'ın Karadeniz iklimi ile İç Anadolu karasal iklimi arasında bir geçiş iklimine sahip olduğunu söylemek mümkündür (Yürüdü, 2009).

### 3.1.3. Jeomorfoloji

Çalışma alanının jeomorfolojik oluşumunun, Oligosen sonlarındaki tektonik olaylarla başladığı Miyosen, Pliyosende devam ettiği ve bugünkü morfolojisini son olarak Kuvaternerde kazandığı bilinmektedir. Jeomorfolojik birimlerin oluşmasında çalışma alanında yer alan Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun ve iklim koşullarının payı büyüktür. Bu durum bölgede fay aynaları, mağaralar, vadiler, geniş düzlükler yani ovaların oluşumunu hızlandırmıştır (Toprak ve Şahin, 2017).

Paleozoyik'te bölgenin temelini oluşturan Permo-Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığı kapsamındaki kayalar oluşmuştur. Mesozoyik'te Karakaya Karmaşığı üzerine uyumsuz olarak Kretase yaşlı detritik birimler gelmektedir. Avrasya levhası ile Anadolu levhası bu dönemde birbirlerine yaklaşmıştır. Bunun sonucu olarak bölgede kuzey-güney yönlü sıkışma meydana gelmiştir. Sıkışmanın neticesinde yaşlı birimler birbiri üzerine bindirmiş; bindirme sonucu doğu-batı gidişli ve yer yer devrik kıvrımlar meydana gelmiştir (Aktimur ve ark., 1992).

Çalışma alanı yakın çevresinde; yapısal düzlükler, Oligo-Miyosen ve Pliyosen aşınım düzlükleri, Pliyosen dönem dolgu düzlükleri, sekiler, alüviyal yelpazeler, birikim konileri, eski ve yeni heyelanlar ve volkanik çıkıntılar ile bunları birbirinden ayıran tabanlı ve tabansız vadiler bölgenin jeomorfolojik görünümünü oluşturmaktadırlar (Aktimur ve ark., 1992).

### 3.1.4. Jeoloji

Yer Bilimleri (Jeoloji) disiplin olarak tüm meslek disiplinleri ile dolaylı ve/veya direkt bağlantı halindedir. Yapılacak bilimsel çalışmalarda, çalışma alanının tanımlanması için jeoloji önemli bir meslek disiplinidir.

İnceleme alanında yeraltı suyu bulunduran alanların belirlenmesi, yeraltı sularının fiziksel davranışları, yeraltı suyu seviyesinde mevsimsel ve yıllık değişimler, yeraltı sularının etkileşimde olduğu kayaçlar, yeraltı sularının kullanımını doğrudan etkileyen

parametrelerdir. Bu bilgilerin doğru tespiti için öncelikle inceleme alanında bulunan jeolojik davranışları bilmemiz gerekmektedir.

Çalışma alanı olan Niksar Ovası, çek-ayır havzası olarak tanımlanan bir jeolojik döngünün bir parçasıdır. Çalışma konumuzun da altlığını oluşturmaktadır.

### *Genel jeoloji*

Alpin dağ oluşumu yaklaşık kuzey-güney doğrultulu bir sıkışma ve doğu-batı uzanımlı Kuzey Anadolu dağlarının oluşumuyla sonuçlanmıştır. Anadolu'nun kuzeyinde doğu-batı doğrultusunda geçen Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Niksar'ın da üzerinden geçer. Genel olarak dar ve uzun bir çukurluk oluşturur. Güneybatıdan Ezinepazarı fayı Niksar'ın çok yakın güneyinde KAF'a kavuşturur. Bu kavuşma muhtemelen Niksar'ın güneyinde geniş bir düzlüğün (Niksar Ovası) oluşumunu sağlamıştır.

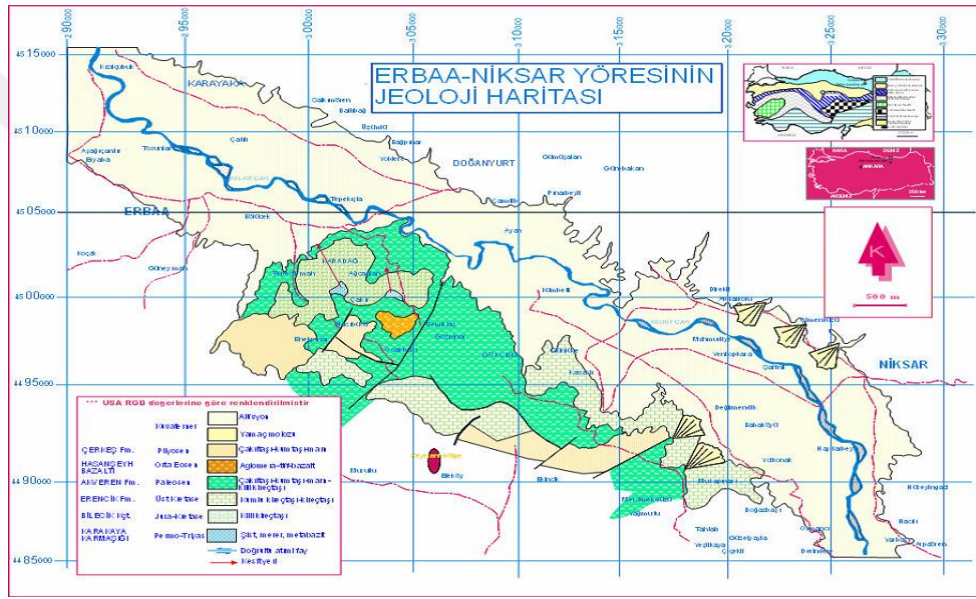
Kelkit çayı KAF'ın oluşturduğu dar-uzun çukurluk içinde doğudan batıya doğru akarken, yer yer geniş düzlük ve verimli tarım alanları oluşturur. Eski Niksar, Kelkit Çayı'nın oluşturduğu geniş düzlüğün kuzeydoğuda bittiği ve aniden dağlık alanlara geçilen ilk yüksekliklerde kurulmuştur. Bir çift fay, Niksar yerleşim alanında hafifçe kıvrımlanarak doğuya doru Çanakçı dere boyunca ve batı kuzey-kuzeybatıya doğru Niksar Ovası'nın, kuzeyden sınırlayan dağlık alanın başlangıcını izleyerek uzanır.

Çanakçı dere, inceleme alanının önemli bir akarsuyunu oluşturur ve yaklaşık doğudan batıya düzgün olarak Niksar'da, Niksar ovası düzlüğüne açılır. Kuzeyden gelerek Niksar şehir merkezine Çanakçı Dere' ye kavuşan Maduru Dere yine inceleme alanının önemli bir drenaj ağını oluşturur.

Çanakçı Deresi'ni kuzeyinden sınırlayarak gelen yükselti, sözünü ettiğimiz fay çifti boyunca batı-kuzeybatı yönünde uzanır. Bu yükselti, batıdan doğuya doru Deliktepe, Zidantepe Sarımışık Tepe, Ilıcak tepelerini oluşturarak uzanır. Delik tepe, Zidantepe, Sarımışık Tepe, Ilıcak tepesi kuzeyden sınırlayan fayın kuzeyinden, Akgünler Köyü'ne doğru uzanan küçük ve yumuşak topoğrafya sunan, öteki yüksek alanlara göre oldukça

düz görünümlü bir alan yer alır. Doğu-batı uzanımlı yükselti alanları kuzey-güney uzanımlı drenaj sistemleriyle kesilirler (Şahin, 2017).

Çanakçı deresi güneyinden Taşlı Sırtı-Hıdırlık tepe boyunca uzanarak Niksar şehir merkezine kadar uzanan ikinci bir yükselti alanını sınırlar. Mödüklü-Ayvaz mahalleleri boyunca Niksar ovası düzlüğü tedricen Çanakçı deresi güneyinden sınırlayarak yüksek alanlara geçer ve bu geçiş alanı muhtemelen burada örtülü olarak GD-KB doğrultulu bir fayda sınırlanır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Niksar yöresi jeoloji haritası (Toprak, 2014)

Niksar şehrinin bulunduğu alanda Üst Kretase yaşlı filiş ve volkanikler, Eosen filişleri ile eski ve yeni Kuvaterner alüvyonlar görülmektedir. Saha tektonik açıdan aktif durumdadır. KAF (Kuzey Anadolu Fayı) kuşağında bulunan sahada çok sayıda fay bulunmaktadır (MTA, 1974).

Bu sistem içerisinde üç büyük fay çizgisi gözlenir. Bunlar Kelkit Vadisi fay zone, Hanyeri-Gökçebel fay zone ve Lâdik-Niksar-Bereketli fay zonudur. Adından da anlaşılacağı üzere Lâdik-Niksar-Bereketli hattı Niksar şehri üzerinden geçmektedir (Temiz, 1989).

Tektonik açıdan, Türkiye'nin en aktif fay hatlarından KAF üzerinde yer alması Nıksar şehrinde deprem riskini hep gündemde tutmuş, kent önemli depremler yaşamış ve birçok kez yıkılmıştır. Son iki bin yıl içerisinde Nıksar şehri 14 önemli deprem yaşamıştır.

Alpin Formasyonlar diye adlandırılan Mesozoyik yaşlı araziler, Jura ve Kretase yaş aralığında temsil edilmekte olup, fliş, kumlu şist, kalker ve marnlardan oluşmaktadır. Bölgede Kretase sonlarında Laramiyen Orojenezi esnasında bolca andezitik lavlar çıkmıştır. Bunlar Erbaa-Nıksar kuzeyi ile Nıksar Ovası güneyinde geniş bir yayılım alanı göstermektedirler. Bu volkanik alanlar Neojen peneplenasyonuna maruz kalmış, daha sonraki Epirojenik-Kratojenik hareketlerle yükselmiş ve bugünkü görünümünü kazanmışlardır.

Nıksar Ovasının gerek kuzeyinde Neojen penepleni daha sonraki yeni tektonik hareketlerle yükselme eğilimi göstermiş arada bulunan ovalık kısımlar ise çökmüş olup tipik birer grabendir. Çökmenin halen devam ettiği, fayların deprem esnasında gençleşmelerinden, alüvyonlardaki tansiyon çatlaklarından ve bataklıkların halen mevcut olmalarından dolayı anlaşılmaktadır.

Kuzey Anadolu Fay Hattının buradan geçmesi, bazı depremlerde tansiyon çatlaklarının oluşması, bölgenin depremsellik bakımından halen aktif olması, hareketlerin sona ermediği, çökme ve yükselmelerin devam ettiğini göstermektedir. Nıksar Ovasında mevcut alüviyal taraçaların varlığı, bunların çok yeni tektonik hareketlerin eseri olduğunun kanıtıdır (Toprak ve Şahin, 2017).

### **3.1.5. Su Kaynakları**

#### Akarsular

*Kelkit Çayı:* Erzincan'ın kuzeyinde Sipikör, Pülür, Otlukbeli, Sarhan, Balaban dağlarından doğan ufak derelerin Kelkit kasabası civarında birleşmesiyle meydana gelir. Memba kotu 1 460 m'dir. 4 000 hektarlık Kelkit ovasını geçtikten sonra güney-batı doğrultusunda uzanan dar ve dik yamaçlı bir vadi içerisinde akarak sağdan Suşehri çayını alarak 5 317 hektarlık Suşehri Ovası'na girer. Bundan sonra da yine dar ve dik

yamaçlı vadi içerisinde akarak Fatlı mevkiinde Niksar Ovası'na açılır. Kelkit çayı Niksar Ovası'ndan sonra 14 989 hektarlık Erbaa Ovası'nı katederek Yeşilirmak'la birleşir. Uzunluğu 320 km ve drenaj alanı 11 445 km<sup>2</sup>'dir.

Kelkit üzerinde 2 adet baraj yapılmıştır. Kılıçkaya Barajı 1993 yılında, Çamlığöze Barajı ise 2000 yılında hizmete girmiştir. Ayrıca son yıllarda çok sayıda HES projesi başlatılmış olup; bir kısmı tamamlanarak işletmeye alınmıştır. Kelkit ırmağına ait özet bilgiler Çizelge 3.3'te verilmiştir (DSİ, 1991).

Çizelge 3.3. Kelkit Irmağı özet bilgileri

| Akarsu        | Yaklaşık Uzunluğu (km) | Maksimum Debisi (m <sup>3</sup> /s) | Minimum Debisi (m <sup>3</sup> /s) | Ortalama Debisi (m <sup>3</sup> /s) | Yıllık Toplam Akımı (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> ) |
|---------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---|
| <b>Kelkit</b> | 320                    | 905                                 | 47                                 | 70, 5                               | 2 526   |

*Çanakçı Deresi:* Canik Dağlarının, 1 820 m kotlarında doğan sular irili ufaklı birkaç dereden sonra Aksu Deresi'ni oluşturur. Daha sonra Aksu Deresi, 1 160 m kotlarında sağ sahilten Eğilcesu Deresi, 1 130 m kotlarından yine sağ sahilten Sineklik Deresi ve Çataltarla Deresi'ni alarak Çanakçı Deresi adını alır. 600 m kotlarında sağ sahilten Dedeli Deresi'ni alır ve aynı adla batı yönünde akmaya devam ederek Niksar'ı da geçtikten sonra sağ sahilten Kelkit Çayı'na dökülür. Çanakçı Deresi, Niksar Ovası'nda bulunan yan derelerden biridir. Dere Niksar ilçe merkezi içerisinde geçmektedir. Doğudan, batıya doğru akarak, Niksar Ovası düzlüğüne açılır. Dere üzerinde bir regülatör inşa edilmiştir ve suları tarım arazilerinde sulama suyu olarak kullanılmaktadır. DSİ'nin çok yıllık meteoroloji istasyonu verilerine göre Çanakçı Deresi'ne ait bilgiler Çizelge 3.4'de verilmiştir.

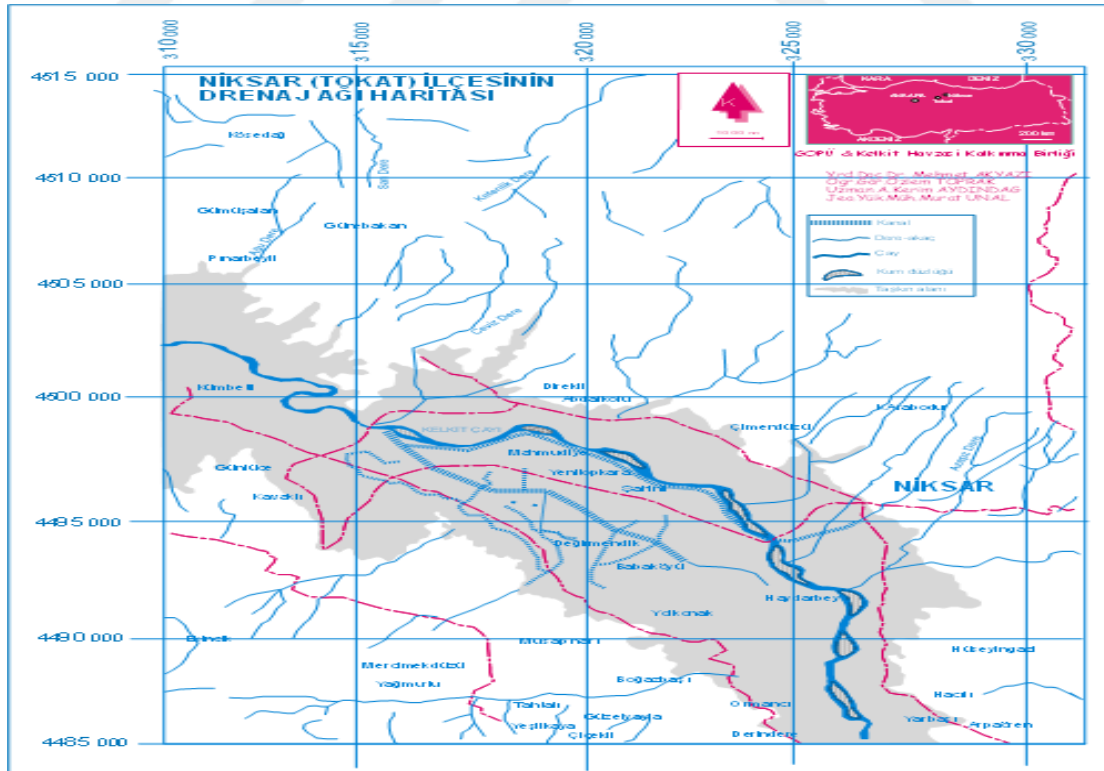
Niksar Ovası ve çevresinin yüzey su kaynakları ve drenaj ağı Şekil 3.12'de verilmiştir (Akyazı, 2006).

Çizelge 3.4. Çanakçı Deresi özet bilgileri

| Akarsu  | Ana Dere Drenaj Alanı (km <sup>2</sup> ) | Ana Dereden Yıllık Ort. Gelen Su (hm <sup>3</sup> ) | Toplam ort. Gelen su (hm <sup>3</sup> ) | Yıllık Ort. Debi (m <sup>3</sup> ) |
|---------|--|---|---|------------------------------------|
| Çanakçı | 42, 40                                   | 20 760  | 20 760                                  | 0, 66                              |

### 3.1.6. Yeraltı suları

Niksar batısı ve güneyi Niksar Ovası'nı oluşturan Kelkit Çayı alüvyonları, Başçiftlik batısında geniş yayılım gösteren Jura-Kretase yaşlı karstik Bilecik Kireçtaşları (JKb) ve Niksar'ın batısında yüzeylenen Jura yaşlı konglomera, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı, yer yer marn, kireçtaşı ve volkanit (aglomera, tüf, bazalt, andezit, dasit-riyolit) mercek, seviye ve ara katkılarını kapsayan Hamurkesen Formasyonu (Jha) birimleri, Reşadiye'nin doğu-batısında koridor şeklinde uzanım gösteren Kelkit Çayı alüvyonları DSİ Samsun Bölgesi tarafından su kütlesi potansiyeli olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.12. Çalışma alanı drenaj ağı haritası

Açılmış kuyuların verilerine göre Niksar Ovası'nda yer alan alüvyon genelde killi, kumlu çakıl, kil düzeylerinden oluşmaktadır ve kalınlığı 30-50 m arasında değişmektedir. Özgül verimleri de düşüktür. Buna karşın DSİ tarafından açılmış derin kuyularda alüvyondan sonra kireçtaşı ve onun altında da volkanik seriye girilmiş ve bu serilerden alüvyona göre daha fazla su alınması mümkün olmuştur. Tokat-Niksar Ovası'nda açılmış bazı kuyuların bilgileri DSİ verilerinin birleştirilmesi sonucunda Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çalışma alanının su alma ve suyu iletme özelliği iki şekilde tarif edilebilmektedir;

*Geçirimsiz birimler (Akifüj):*

Birbiriyle bağlantılı gözenekliliği olmayan, bu yüzden bünyesine su alma ve suyu iletme özelliği yok denebilecek kadar düşük birimlerdir. Bu birimler bünyelerinde su bulundurabilir ancak içerdikleri suyu vermezler. Bu birimlerin geçirimsizliği 7-10 m/s'nin altındadır. İnceleme alanında geçirimsiz (akifüj) birimler yer almamaktadır.

*Geçirimli birimler (Akifer):*

Yeraltı suyunu iletme ve kısmen bünyesinde bulundurma özelliğine sahip gözenekli, çatlaklı ve erime boşluklu birimlerdir. Akiferler açılan kuyu ve doğal boşalım şeklindeki kaynaklara su sağlar, yani bu birimler yer altı suyu verir, taşır ve bulundurur. Çalışma alanında bulunan tüm birimler geçirimsiz birimler olarak sınıflandırılmaktadır (Akyazı, 2006).

Çalışma alanında tutturulmamış ve/veya az tutturulmuş detritiklerden oluşan, karasal ortamın çeşitli alt ortamlarını karakterize eden ve yüksek kesimlerdeki oluşukların bozulmuş gereçlerinden ve fiziksel ufalanma ürünlerinden, dere kenarı ve akaçların düzlüklere açıldığı yerlerde ise alüviyal ve kolüviyal döküntüler şeklinde gözlenen Kuvaterner yaşlı birimlerden oluşmaktadır.

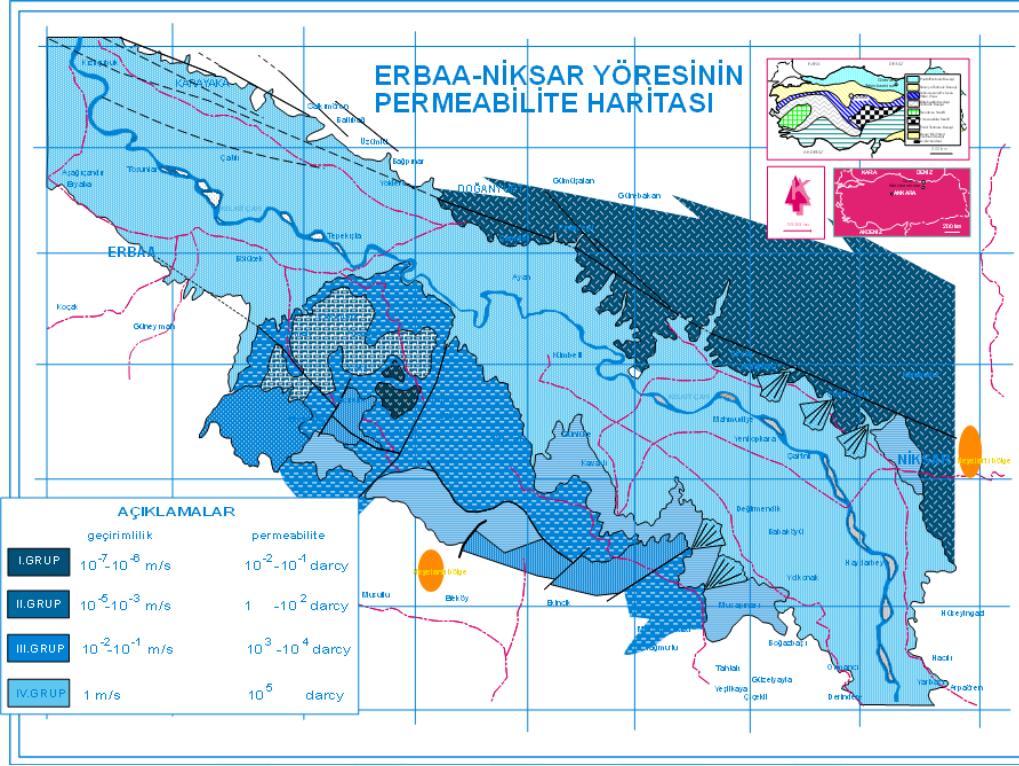


Çizelge 3.5. Niksar Ovası'nda bulunan bazı kuyuların, derinlik ve hidrolik özellikleri

| Kuyu No | İli   | İlçesi | Mevkii                            | Derinlik (m) | Özgül Verim (l/s/m) |
|---------|-------|--------|-----------------------------------|--------------|---------------------|
| 20159   | Tokat | Niksar | Niksar Belediyesi Salça Fabrikası | 31           | 9.94                |
| 20588   | Tokat | Niksar | Niksar Belediyesi Un Fabrikası    | 31           | 7.53                |
| 27267   | Tokat | Niksar | DSİ 72. Şube Bahçesi              | 45           | 0.278               |
| 27291   | Tokat | Niksar | Kelkit Çayı Sağ Yakası            | 30           | 5.21                |
| 4133    | Tokat | Niksar | Kömüslük                          | 178.4        | 0.18                |
| 4134/A  | Tokat | Niksar | Mahmudiye                         | 168.75       | 0.2                 |
| 4135    | Tokat | Niksar | Yağan                             | 181.25       | Artezyen            |
| 4136    | Tokat | Niksar | Şahinli                           | 240          | 4.8                 |
| 4137    | Tokat | Niksar | Haydarbey                         | 172.15       | 38.96               |
| 4138    | Tokat | Niksar | Şadoğlu                           | 118.75       | 19.05               |
| 42581   | Tokat | Niksar | Gürçeşme Köyü                     | 189          | 0.37                |
| 42582   | Tokat | Niksar | Kümbetli Köyü                     | 189          | 1.99                |
| 42584   | Tokat | Niksar | Kıracı Köyü civarı                | 174          | 0.29                |
| 47826/A | Tokat | Niksar | Gürçeşme Köyü                     | 195          | 0.08                |
| 49078   | Tokat | Niksar | Yakınca                           | 80           | 0.6                 |
| 4985    | Tokat | Niksar | Niksar                            | 110          | 1.37                |
| 4990    | Tokat | Niksar | Beleşen                           | 145          | 12.6                |
| 50398   | Tokat | Niksar | Kümbetli                          | 151          | 0.55                |
| 50399   | Tokat | Niksar | Kümbetli                          | 154          | 2.99                |
| 50400   | Tokat | Niksar | Kümbetli                          | 154          | 0.28                |
| 51364   | Tokat | Niksar | Kıracı Köyü                       | 140          | 0.37                |
| 53539/B | Tokat | Niksar | Buzköy                            | 152          | 0.62                |
| 53714/A | Tokat | Niksar | Günlüce                           | 152          | 0.38                |
| 53714/B | Tokat | Niksar | Günlüce                           | 104          | 71.43               |

Çalışma alanında yer alan kuyuların büyük bir çoğunluğu geçirimli kabul edilen bu birimlerde açılmıştır. Çalışma alanının akifer sınıflama ve dağılımı, Darcy yasası kullanılarak hazırlanan harita Şekil 3.13'te verilmiştir (Akyazı, 2006).

Buna göre çalışma alanı bir ve ikinci gruba girmektedir. Geçirimli ve permabilitesi yüksek bir alandır. Yapılan sondajlardan sonuç alınmıştır. DSİ tarafından açılan ve/veya bölgedeki drenaj sitemlerinin planlanmasında kullanılmak üzere farklı tarihlerde su numuneleri alınarak kalite çalışmaları yapılmıştır. Bir kez yapılan bu çalışmalarda sulama amaçlı açılan kuyularda yer almaktadır (Çizelge 3.5).



Şekil 3.13. Niksar İlçesi permabilite ve geçirimsizlik dağılım haritası

1989-2016 yıllarında yapılan kalite ölçüm noktaları verilmiştir (Çizelge 3.7). 1989 yılından itibaren açılış tarihlerine göre 2017 yılına kadar taban suyu seviyesi (Statik seviye, Yeraltı suyu seviyesi) ölçümleri alınmıştır.

### 3.1.7. Toprak ve bitki deseni

Çalışma alanı olan Niksar Ovası çek-ayır havzası niteliğindedir. Kuzey Anadolu Fay Hattının çok aktif olması bölgenin oluşumunun en önemli sebebidir. KAF Niksar Ovası'nın bugünkü şeklini almasını sağlarken su kaynaklarını, toprak yapısını ve topoğrafyasını da değiştirmiştir. Erbaa Ovası'na doğru eğim düşerken Niksar Ovası'ndaki kot 280-300 m arasında değişmektedir. Canik ve Dönek dağlarının vahşi topoğrafyasının getirdiği çeşitlilik toprak yapısında da bir çeşitliliğe sebep olmuştur. Yüksek noktalardan yamaç moloz hareketleri, Kelkit ırmağının tali kollarının taşıdığı rüsupler birikinti konileri oluşturarak ovanın bütünde değişik toprak sınıfları olmasına sebep olmuştur. Niksar Ovasında Üst Kretase yaşlı filiş ve volkanikler, Eosen filişleri ile eski ve yeni Kuvaterner alüvyonlar görülmektedir.

Çalışma alanı olan Niksar Ovası sulaması 1969'da DSİ tarafından işletmeye alınmıştır. İşletmeye alınması ile birlikte bitki deseninde bir değişim olmuştur. Ürün dağılımı drenaj çalışmasından sonra (1973); arpa, tütün, hububat, şeker pancarı, soğan, sebze, mısır ve bakliyat şeklinde çeşitlenmiştir. Taban suyu sorunu, tuzluluk ve sodyumluluk problemleri nedeniyle drenaj ve sulama gereksinimleri 1969-2000 yılları arasında DSİ tarafından yatırımlarla desteklenmiştir.

Tarım arazilerinden daha fazla ürün alınabilmesi, temelde bitki-toprak ve su arasındaki üçgenin özelliklerine göre gerekli dengenin kurulmasına bağlıdır. Herhangi bir bitki için, farklı derinliklerde oluşan yüksek taban suyu düzeyleri, farklı verim değerlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Yani kök bölgesinin farklı seviyelerinde bulunan taban suyu, bitki verimini farklı miktarlarda etkilemektedir. Bitkilerin en yüksek verimi, her bitki için araştırmalarla belirlenecek olan en uygun taban suyu düzeyinde elde edilmektedir. Çeşitli bitkiler için en uygun taban suyu düzeyleri Çizelge 3.6'da verilmiştir. Taban suyunun belirtilen bu en uygun düzeyde kontrol altında tutulması ancak drenaj sistemleri ile mümkün olmaktadır (Eminoğlu ve Demir 2007).

Çizelge 3.6. Farklı bitki türleri için en uygun taban suyu düzeyleri (Eminoğlu ve Demir 2007)

| Tarla bitkileri |                        | Sebzeler     |                        |
|-----------------|------------------------|--------------|------------------------|
| Bitki çeşidi    | Taban Suyu düzeyi (cm) | Bitki çeşidi | Taban Suyu düzeyi (cm) |
| Buğday          | 140                    | Bezelye      | 90                     |
| Arpa            | 100                    | Domates      | 75                     |
| Mısır           | 90                     | Biber        | 80                     |
| Pamuk           | 90                     | Soğan        | 80                     |
| Ş. pancarı      | 80                     | Kabak        | 80                     |
| Patates         | 100                    | Havuç        | 80                     |
| Fasulye         | 120                    | Lahana       | 50                     |
| Soya            | 80                     |              |                        |
| Yonca           | 100                    |              |                        |

Çizelge 3.7. Niksar Ovası'nda DSİ tarafından sulama amaçlı açılan kuyuların derinlik, konum ve hidrolik özellikleri

|                                 |                            |                            |                            |              |                    |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------|--------------------|
| Kuyu Adı                        |                            |                            |                            |              |                    |
| Kuyu No                         | 32099                      | 27229                      | 32923                      | 42581        | 56482              |
| Pafta No                        | G37D2                      | G37D3                      | G37D3                      | G37C1        | G37C4              |
| Zemin Kotu                      | 286, 00                    | 526, 00                    | 505, 00                    | 432, 00      | 377, 00            |
| Zon                             | 37                         | 37                         | 37                         | 37           | 37                 |
| Koordinatı                      | X (D)                      | 307779                     | 308307                     | 314669       | 311590             |
| Y (K)                           | 4510050                    | 4498940                    | 4499034                    | 4494237      | 4499844            |
| Kuyu Derinliği (m)              | 110, 00                    | 100, 00                    | 132, 00                    | 148, 00      | 189, 00            |
| Tip (Arş./İşletme)              | İŞLETME                    | ARAŞTIRMA                  | İŞLETME                    | İŞLETME      | İŞLETME            |
| İl                              | TOKAT                      | TOKAT                      | TOKAT                      | TOKAT        | TOKAT              |
| İlçe                            | NIKSAR                     | NIKSAR                     | NIKSAR                     | NIKSAR       | NIKSAR             |
| Köy / Mahalle                   | GÖZPİNAR TOPRAK VE SU KOOP | GÖZPİNAR TOPRAK VE SU KOOP | GÖZPİNAR TOPRAK VE SU KOOP | GÜRÇEŞME     | GÜRÇEŞME           |
| Havza Adı                       | YEŞİLİRMAK                 | YEŞİLİRMAK                 | YEŞİLİRMAK                 | YEŞİLİRMAK   | YEŞİLİRMAK         |
| Alt havza/Ova Adı               | ERBAA-TAŞOVA               | NIKSAR OVASI               | NIKSAR OVASI               | NIKSAR OVASI | NIKSAR OVASI       |
| Temsil Ettiği Akifer            | Altıvyon                   | FLİŞ                       | FLİŞ+VOLKANİK              | ALÜVYON      | ALÜVYON+KİREÇ TAŞI |
| Ölçüm Metodu (Limnigraf/Manuel) | Manuel                     | Manuel                     | Manuel                     | Manuel       | Manuel             |

Çizelge 3.7. (Devam) Nıksar Ovası'nda DSİ tarafından sulama amaçlı açılan kuyuların derinlik, konum ve hidrolik özellikleri

| Kuyu No              | 56483        | 56484        | 50397        | 50398        | 42582             |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| Pafta No             | G37C4        | G37C4        | G37D3        | G37D4        | G37C1             |
| Zemin Kotu           | 507, 00      | 533, 00      | 470, 00      | 442, 00      | 377, 00           |
| Koordinatı           | Zon          | 37           | 37           | 37           | 37                |
|                      | X (D)        | 313443       | 309517       | 309957       | 311590            |
|                      | Y (K)        | 4494122      | 4493620      | 4499146      | 4499844           |
| Kuyu Derinliği (m)   | 96, 00       | 130, 00      | 150, 00      | 151, 00      | 189, 00           |
| Tip (Arş./İşletme)   | İŞLETME      | İŞLETME      | İŞLETME      | İŞLETME      | ARAŞTIRMA         |
| İl                   | TOKAT        | TOKAT        | TOKAT        | TOKAT        | TOKAT             |
| İlçe                 | NİKSAR       | NİKSAR       | NİKSAR       | NİKSAR       | NİKSAR            |
| Köy / Mahalle        | GÜRÇEŞME     | GÜRÇEŞME     | KÜMBETLİ     | KÜMBETLİ     | KÜMBETLİ          |
| Havza Adı            | YEŞİLİRMAK   | YEŞİLİRMAK   | YEŞİLİRMAK   | YEŞİLİRMAK   | YEŞİLİRMAK        |
| Alt havza/Ova Adı    | NİKSAR OVASI | NİKSAR OVASI | NİKSAR OVASI | NİKSAR OVASI | NİKSAR OVASI      |
| Temsil Ettiği Akifer | FLİŞ         | KİREÇTAŞI    | VOLKANİK     | VOLKANİK     | ALÜVYON+KİREÇTAŞI |
| Ölçüm Metodu         | Manuel       | Manuel       | Manuel       | Manuel       | Manuel            |

Çizelge 3.7. (Devam) Niksar Ovası'nda DSİ tarafından sulama amaçlı açılan kuyuların derinlik, konum ve hidrolik özellikleri

|                      |                    |              |                   |                  |                    |                    |              |              |
|----------------------|--------------------|--------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|
| Kuyu No              | 50399              | 49078        | 58169             | 58171            | 58172              | 58173              | 42584        | 51364        |
| Pafta No             | G37C4              | G37C4        | G37C4             | G37C4            | G37C4              | G37C3              | G37C1        | G37C4        |
| Zemin Kotu           | 429,00             | 605,00       | 681,00            | 497,00           | 539                | 512,00             | 434          | 373,00       |
| Zon                  | 37                 | 37           | 37                | 37               | 37                 | 37,00              | 37           | 37,00        |
| Koordinatı           |                    |              |                   |                  |                    |                    |              |              |
| X (D)                | 310544             | 309495       | 311039            | 309357           | 309596             | 309305             | 315428       | 314623       |
| Y (K)                | 4499142            | 4494828      | 4494777           | 4496799          | 4496279            | 4497801            | 4502087      | 4502292      |
| Kuyu Derinliği (m)   | 154,00             | 80,00        | 55,00             | 123,00           | 110                | 116,00             | 174          | 140,00       |
| Tip (Arş./İşletme)   | İŞLETME            | İŞLETME      | İŞLETME           | İŞLETME          | İŞLETME            | İŞLETME            | İŞLETME      | İŞLETME      |
| İl                   | TOKAT              | TOKAT        | TOKAT             | TOKAT            | TOKAT              | TOKAT              | TOKAT        | TOKAT        |
| İlçe                 | NIKSAR             | NIKSAR       | NIKSAR            | NIKSAR           | NIKSAR             | NIKSAR             | NIKSAR       | NIKSAR       |
| Köy / Mahalle        | KUMBELİ            | YAKINCA      | YAKINCA           | YAKINCA          | YAKINCA            | YAKINCA            | KIRACI       | KIRACI       |
| Havza Adı            | YEŞİLİRMAK         | YEŞİLİRMAK   | YEŞİLİRMAK        | YEŞİLİRMAK       | YEŞİLİRMAK         | YEŞİLİRMAK         | YEŞİLİRMAK   | YEŞİLİRMAK   |
| Alt havza/Ova Adı    | NIKSAR OVASI       | NIKSAR OVASI | NIKSAR OVASI      | NIKSAR OVASI     | NIKSAR OVASI       | NIKSAR OVASI       | NIKSAR OVASI | NIKSAR OVASI |
| Temsil Ettiği Akifer | VOLKANO SEDİMANTER | KIREÇTAŞI    | FLİŞ+KÇT+VOLKANİK | ALÜVYON+FLİŞ+KÇT | VOLKANO SEDİMANTER | VOLKANO SEDİMANTER | ALÜVYON      | VOLKANİK     |
| Ölçüm Metodu         | Manuel             | Manuel       | Manuel            | Manuel           | Manuel             | Manuel             | Manuel       | Manuel       |

### **3.2. Yöntem**

Çalışma alanında 1989-2018 yılları arasında DSİ tarafından elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Aylara, yıllara göre taban suyundaki ve kalitesindeki değişimler ayrı ayrı ve genel olarak incelenmiştir. Niksar Ovası'nda yapılan tüm gözlem ve kayıtlar mümkün olduğunca ilgili makamlardan alınmıştır. Ay ay yapılan değerlendirmeler birleştirilerek yıllara sari sonuçlar haline dönüştürülmüştür. Çalışma 3 aşamada tamamlanmıştır.

#### **3.2.1. 2003-2018 yılları arasında taban suyu derinlik ve su kalitesi değişimleri**

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün 7. Bölgesi olan Samsun Bölge Müdürlüğü'nün Tokat Şubesi ve buna bağlı sulama birlikleri marifeti ile aylık drenaj kuyuları gözlem formu kullanılmış ve ölçümler formlara işlenmiştir (Ek-1). Her 100 ha alan için 1 adet taban suyu izleme kuyusu açılarak toplamda 8 915 ha alan için 89 kuyu açılmıştır. Zamanla bazı kuyular tahrip olduğundan dolayı iptal edilmiştir. Düzenli olarak 68 gözlem kuyusundan ölçüm alınmaktadır. Sulama alanı üç parçaya bölünerek (Kelkit, Ayvaz, Boğazbaşı) üç farklı sulama birliği yapılanmasına gidilmiştir. Birlikler arasındaki mali ve idari dengesizlik sebebiyle yeniden bir yapılanma ile birleştirilerek tek çatı altında toplanmıştır. Gözlem formunda tahripli, arızalı, kuru ve iptal olan kuyular simgesel olarak belirtilmiştir (Ek-1). 2003-2008 yılları arasında bazı dönemlerde ölçümler alınamamış, bazı kuyularda ise tamir edildikten sonra veri alınmasına başlanmıştır.

Aktif çalışan 68 kuyudan yılda bir kez alınan su numunelerinden 2010-2018 yıllarında su analizleri yapıp pH, EC, Na, K, Ca, Mg, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, toplam sertlik ve su sınıfı değerleri için veri toplanmıştır. Şube, Bölge ve Genel Müdürlükle yapılan görüşmelerde bu kalite analizlerinin 2015 ve 2017 yıllarına ait analiz sonuçları elde edilmiştir. Değerlendirme de bu iki yıla göre yapılmıştır.

46 kuyudan alınan su örneklerinde kalite analizleri yapılmıştır. 2015 ve 2017 yıllarında alınan sonuçlara göre sulama suyu kalite sınıfları, kalıcı sodyum karbonat (RSC), reaksiyon (pH), elektriksel iletkenlik (EC), sülfat konsantrasyonu (SO<sub>4</sub>), Sodyum

adsorpsiyon oranı (SAR), toplam sertlik (TS), toplam çözünmüş madde miktarı (TDS), potansiyel tuzluluk (PS), magnezyum oranı (MR), Kelly indeksi (KI) hesaplanarak kalite değerlendirmeleri yapılmıştır.

Gözlem kuyuları arası değişiklik göstermekle birlikte ortalama 600 m aralıklardadır. Gözlem kuyuları genel olarak 4 m derinliğinde açılmıştır. Bazı kuyularda bu derinliğe inilememiştir. Kuyularda 63 mm çapında PVC boru kullanılmış ve borulara 4 tarafından 5 cm aralıklarla 4 mm çapında delikler açılmıştır.

Kuyuların açılmasında genellikle Hollanda tipi burgu kullanılmış, toprağın alt katmanlarına doğru kum ile karşılaşıldığında kovan burgu kullanılmıştır. Borular yerleştirildikten sonra boru etrafındaki deliklerin sonraki zamanlarda tıkanmaması için borunun etrafına 4-8 mm elenmiş 4-12 mm boyutlarında çakıl yerleştirilmiştir.

Çalışma alanında bulunan 68 adet kuyunun koordinatları UTM koordinat sistemine referanslaştırılmış ve gerekli dönüşümler yapılmıştır (Ek.4).

Çalışma alanı ait tüm veriler analog şekilde bulunmaktadır. Tüm haritalama çalışmaları hazır paftalar üzerine el ile renkli çizim çalışmaları şeklinde yapılmaktadır. Çalışma alanının sınırları, yükseklik verileri, drenaj kanallarının çalışma alanındaki konumları sayısallaştırılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri, gelişen teknoloji ile birlikte multidisipliner çalışmaların farklı programlar ile birlikte yapılabildiği, mekânsal anlamda planlama ve analiz çalışmalarının en kolay şekilde gerçekleştirebilen bir araçtır. Elimizde çalışma alanına ait kuyuların verileri öncelikle Excel ortamında düzenlenmiştir (pH, EC, Na, K, ...). Düzenlenen veriler ArcGIS (CBS programı) programı içerisine entegre edilerek “veritabanı üretimi” gerçekleştirilmiştir. Gerek sondaj kuyusu, gerekse kalite kuyuları ve gözlem kuyularının veritabanı içerisinde tüm verileri bulunmaktadır. Bu da verilerin saklanması ve analiz edilmesi açısından oldukça kolay bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma, verilerin karşılıklı ayrı ayrı analizini mümkün kılmaktadır. Örneğin kuyulardaki pH durumu, Na durumu, K durumu gibi. Ayrıca veritabanı içerisindeki verilerin çaprazlanarak analiz paftaları elde edilmiştir. Örneğin “pH<0, 7 ve EC>1 200” analizi yapılabilmektedir. Bu analize de



“SQL” sorgulama denilmektedir. Bu durumda ayrı ayrı değerlendirilmiş amaçlar doğrultusunda sorgulama ve sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur. Ayrıca kalite sınıflarına çalışılmıştır. Kuyulara ait EC değerleri (2011 yılı kayıtlarına ulaşılamamıştır) yıllık değerlendirilmiş. T.S.S.T.H. oluşturulmuştur. EC ve taban suyu değerlerinin artış ve azalış durumlarına göre bir alan haritası oluşturulmuştur.

Çalışma alanı Nixsar Ovası’nda taban suyu gözlem kuyularının kalite değerlendirilmesi aşağıda verilen esaslara göre yapılmıştır.

#### *Reaksiyon (pH)*

Sulama sularında genellikle pH değerinin 6.5-8.0 arasında olması istenilir. Bununla beraber, bitki çeşidi, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri pH değerinin uygunluk sınırlarını etkileyebilir. pH suyun alkali veya asit karakterde olduğunu gösterir. pH’ın değerlerine göre suyun gösterdiği karakterler belirlenmiştir (Acatay, 1996).

#### *Elektriksel İletkenlik (EC)*

Sulama suyundan katyon veya anyonlar bulunur. *Katyonlar*; kalsiyum ( $Ca^{++}$ ), magnezyum (Mg), sodyum ( $Na^+$ ) ve potasyumdur (K). *Anyonlar* ise; karbonat ( $CO_3$ ), bikarbonat ( $HCO_3$ ), klor (Cl), sülfat ( $SO_4$ ) ve nitrattır. Suda erimiş halde bulunan tuzlar suyun fiziksel ve kimyasal özelliğini değiştirir, bu durum toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine de doğrudan etkilemektedir. Suda erimiş halde bulunan tuzların toplam konsantrasyonunun ifadesinde “Elektriksel İletkenlik” değeri kolay ve hassas bir şekilde tayin edilebildiği için uygulamada yaygın bir biçimde kullanılmaktadır (Özbek 1990).

#### *Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)*

Sodyum zararının belirlenmesi için önemli bir parametredir. Sodyum miktarının artması toprak için arzu edilen bir şey değildir. Suların genel kalitesini belirlemede önemli bir parametredir.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad (1)$$

1 no.lu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. SAR ve EC değerleri için ABD tuzluluk laboratuvarınca hazırlanmış diyagram (Şekil 3.14, Şekil 3.15) kullanılmıştır.

#### *Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC)*

Suların tarımsal alanda kullanılıp kullanılmayacağı konusunda fikir veren bir ölçüt olarak kabul edilmektedir. Sulama suyu kalite sınıflandırılmasında bazı araştırmacılar tarafından önerilen bir parametredir. Karbonat bikarbonat konsantrasyonu ile  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  konsantrasyonu arasındaki farka bakılarak olası sodyum karbonat oluşması olayı incelenir.

$$RSC = (CO_3^- + HCO_3^-) - (Ca^{++} + Mg^{++}) \quad (2)$$

RSC değerleri Na zararı olasılığının varlığı için önemlidir (-) değer Na zararı olasılığının olmadığını bir göstergesidir. RSC değeri aşağıdaki 2 no.lu eşitlik ile hesaplanmıştır.

#### *SO<sub>4</sub> Konsantrasyonu*

Sülfat bir kalsiyum tuzu olan alçıdır. Düşük konsantrasyonlarda sulama sularında ve topraklarda bulunabilir. Sodyum ve magnezyum sülfatlar suda çözünebilirken; kalsiyum sülfat suda çok az çözünür. Eaton ve ark. (1950)'na göre sülfat konsantrasyon değerleri için sınıflandırma yapılmıştır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. SO<sub>4</sub> konsantrasyonuna göre sınıflandırma (Eaton ve ark., 1950)

| SO <sub>4</sub> Konsantrasyonu (mg/l) | Sınıf    |
|---------------------------------------|----------|
| <192                                  | 1. Sınıf |
| 192-576                               | 2. Sınıf |
| >576                                  | 3. Sınıf |

#### *Sodyum Yüzdesi (% Na)*

Özellikle killi toprakların su ve hava geçirme özelliklerine etki ettiği, toprağın işlenmesini zorlaştıran Na yüzdesi; 3 no.lu eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır (Wilcox, 1955; Todd, 1960).

$$Na \% = \frac{Na^{+}}{Na^{+} + Ca^{++} + Mg^{++} + K^{+}} 100 \quad (3)$$

#### *Potansiyel Tuzluluk (PS)*

Eriyebilme olanakları fazla olan, Cl ve SO<sub>4</sub>'a bağlı olarak oluşabilecek yüksek tuz konsantrasyonu tehlikesini belirlemektedir. Potansiyel tuzluluk, eşitlik 4 kullanılarak hesaplanmıştır (Doneen, 1962).

$$PS = Cl^{-} + 0.5SO_4^{-} \quad (4)$$

#### *Magnezyum Oranı (MR)*

Sulama suyunda yüksek oranda Magnezyum oranı istenmemektedir. Yüksek magnezyum oranı toprağın tuzlanmasına sebep olmaktadır. Bu durum bitkiler için istenen bir durum değildir. Magnezyum oranı (MR) , eşitlik 5 kullanılarak hesaplanmıştır (Szabolcs ve Darab 1964; Raghunath, 1987).

$$MR = \frac{Mg^{++}}{Ca^{++} + Mg^{++}} 100 \quad (5)$$

### *Kelly İndeksi (KI)*

Kelly indeksi, sodyum ( $Na^+$ ) ölçümüne karşı , kalsiyum ( $Ca^{++}$ ) ve magnezyum ( $Mg^{++}$ ) oranı olarak ifade edilir. Kelly indeksinin 1'den büyük değeri, sudaki aşırı sodyumu göstermektedir. Kelly indeksi 1'den az olan su, sulama için uygun kabul edilir. Çalışma alanındaki taban suyu gözlem kuyuları 6 no.lu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Kelley, 1963).

$$KI = \frac{Na^{++}}{Ca^{++} + Mg^{++}} \quad (6)$$

### *Toplam Çözünmüş Madde Miktarı (TDS)*

Toplam çözünmüş madde miktarı suda çözünmüş halde bulunan inorganik tuzları ve az miktarda organik maddeyi ifade etmektedir. TDS değeri kanalizasyon, doğal kaynaklar, endüstriyel atık sular, katı atık vahşi depolama sızıntı suyu gibi faktörlere bağlı olarak artış göstermektedir (WHO, 2003). Çalışma alanındaki taban suyu gözlem kuyuları 7 no.lu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır

$$TDS = 0.64.EC(mg / l) \quad (7)$$

### *Toplam Sertlik (TH)*

Sertlik suların tüm kullanım amaçları için önemli bir kalite kriteridir. 8 no.lu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (McCartly, 1967; Todd, 1980).

$$TH = 2.497Ca + 4.115Mg(mg / lCaCO_3) \quad (8)$$

### **3.2.2. Sondaj Kuyularının 1989-2017 yılları arasında seviye değişimleri**

DSİ Genel Müdürlüğü'nce inşa edilen yüzey sularını takviye etmek veya kombine bir sulama yapmak maksadıyla sondaj kuyuları açılmıştır. Bu sondajlar işletmeye alındıktan sonra sulama örgütlerine veya sulama kooperatiflerine devredilmiştir. Çalışma alanında 18 adet sondaj kuyusunun tanıtım kartları Çizelge 3.7'de verilmiştir. Her bir kuyunun hidrolojik, jeolojik, koordinat, derinlik ve konum bilgileri işlenmiştir.

Diğer kuyulardan farklı olarak 1989 yılından başlamak üzere açılış tarihlerine göre taban suyunun en yüksek ve en az olduğu mevsimler olan Nisan (sulama öncesi) ve Eylül (sulama sonrası) aylarına ait yeraltı suyu seviyesi ölçümlerinin değişimleri izlenmiştir.

DSİ tarafından içerisinde çalışma alanında bulunan sulama amaçlı sondaj kuyuları da olacak şekilde Niksar şehir coğrafyasının bütününe kapsayacak şekilde 1988-2016 yılları arasında bir kez kalite ölçümü yapılmıştır. Bu analizler bütünde TS EN 10523, TS-9748 EN 27888, TS EN ISO 14911, TS-3790 EN ISO 9963-1, TS EN ISO 10304-1, TS-6288 EN IS 8647, TS 7739 standartları çerçevesinde raporlanmıştır.

Sondaj kuyusunun açılış tarihlerindeki sonuçlara göre sulama suyu kalite sınıfları, kalıcı sodyum karbonat (RSC), reaksiyon (pH), elektriksel iletkenlik (EC), sülfat konsantrasyonu (SO<sub>4</sub>), sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), toplam sertlik (TS), toplam çözünmüş madde miktarı (TDS), potansiyel tuzluluk (PS), magnezyum oranı (MR), Kelly indeksi (KI) hesaplanmıştır (Ek-10).

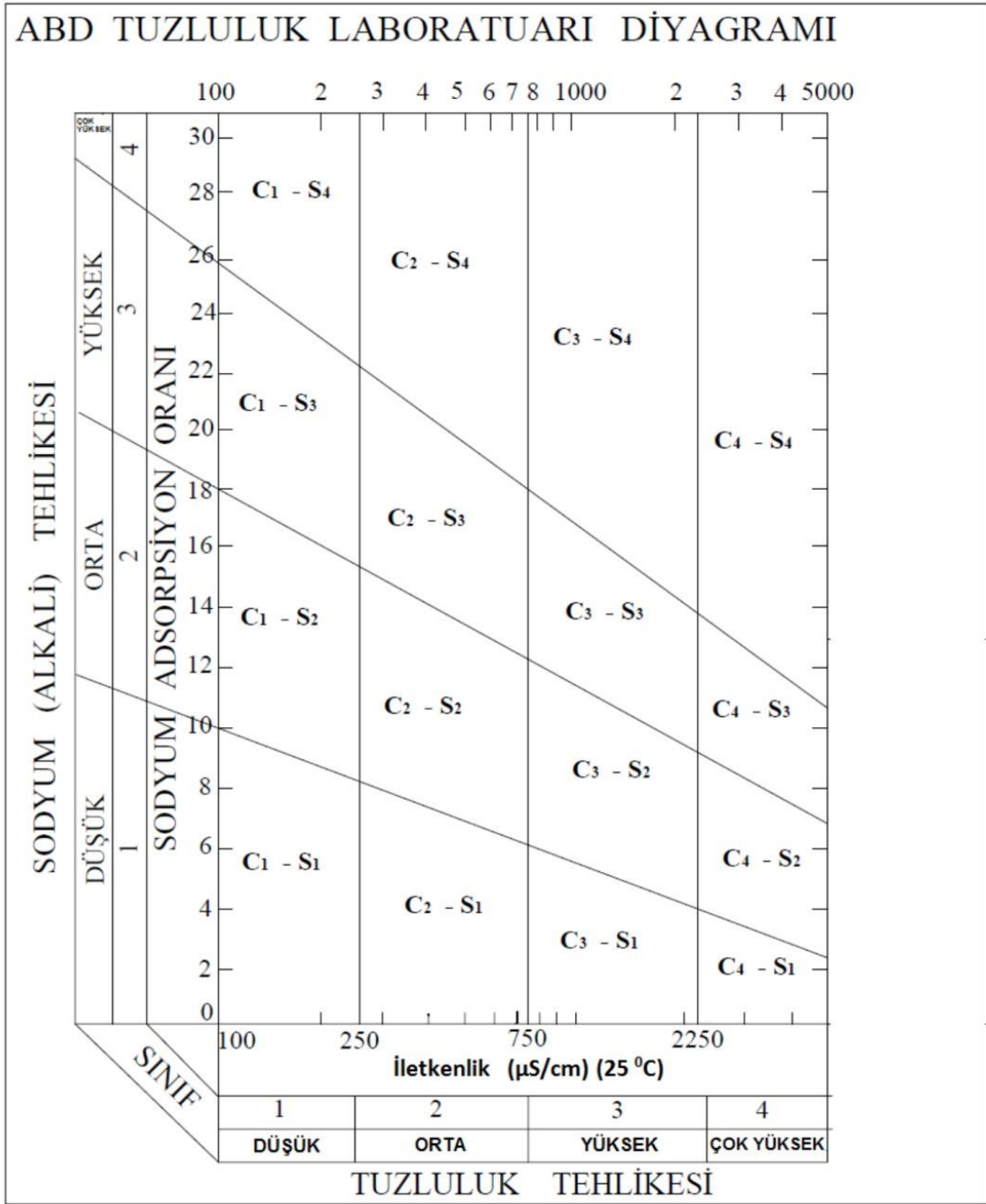
### **3.2.3 Bitki deseni ve sulama suyu kalite parametrelerinin değerlendirilmesi**

Yapılan çalışmada son yılda sulamaya açılan alan, fiilen sulan alan, sulama oranı, sulama randımanı, şebekeye alınan su, sulama suyu niteliği ile ilgili ayrı bir değerlendirme eklenmiştir. Son on yılda bitki desenindeki değişimler incelenmiştir.

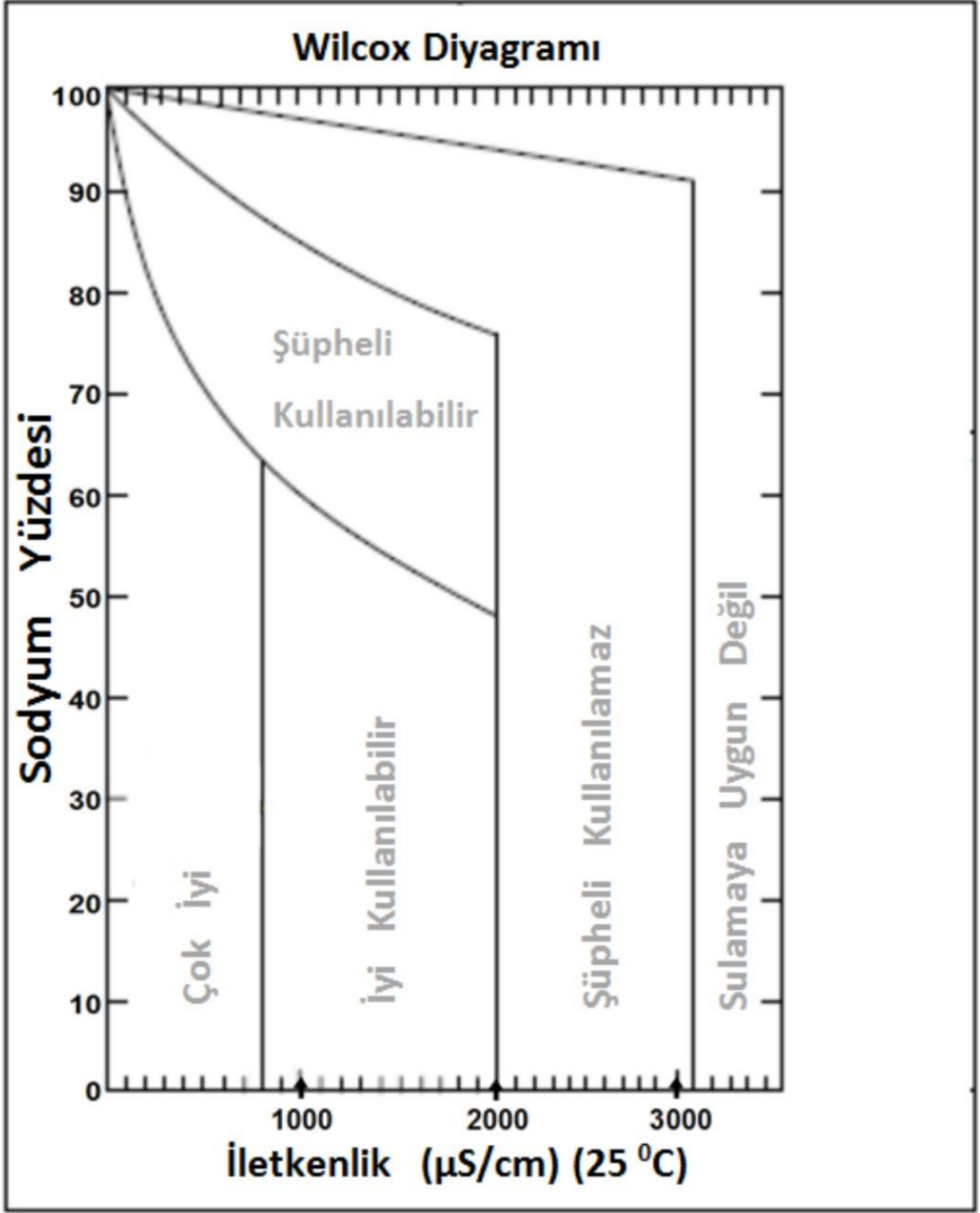
Tüm değerlendirmeler ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sulama Suyu Sınıflandırmasına göre SAR ve EC değerlerine göre 16 sınıfa ayrılmıştır (Şekil 3.14). Bu sistem suların sulamaya uygunluğunun tayininde diğer yöntemlere göre en yaygın kullanılan yöntemdir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı Şekil 3.14’de verilmiştir. Hazırlanan Wilcox diyagramı Şekil 3.15’te verilmiştir. Suların tuzluluk ve sodyum miktarlarına göre sınıflandırılması Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Suların tuzluluk ve sodyum miktarlarına göre sınıflandırılması

|                                    |                |   |
|------------------------------------|----------------|---|
| Tuzluluğa Göre Alt Sınıflar        | C <sub>1</sub> | Az tuzlu su; Bitkilerin çoğu için sulama suyu olarak kullanılabilir.  |
|                                    | C <sub>2</sub> | Orta tuzlulukta su; Orta derecede suya ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir.                                     |
|                                    | C <sub>3</sub> | Fazla tuzlu su; Drenaj yapılmadan bitkiler için kullanılamaz. Bazı bitkiler için kullanılabilir.                          |
|                                    | C <sub>4</sub> | Çok fazla tuzlu su; Sulama suyu için uygun değil. Ancak çok iyi drenaj yapılmış olanlarda bazı bitkiler yetiştirilebilir. |
| Sodyum Miktarına Göre Alt Sınıflar | S <sub>1</sub> | Az sodyumlu su; Sodyuma karşı çok duyarlı olan bitkilerin dışındaki her türlü tarım için uygun.                           |
|                                    | S <sub>2</sub> | Orta derecede sodyumlu su; Permeabilitesi iyi olan jipsli arazi için uygun.   |
|                                    | S <sub>3</sub> | Fazla sodyumlu su; Ender hallerde sulama suyu olarak kullanılabilir.  |
|                                    | S <sub>4</sub> | Çok fazla sodyumlu su; Çok düşük tuzluluk hallerinin dışında, sulama suyu olarak kullanılamaz.                            |



Şekil 3.14. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı



Şekil 3.15. Wilcox diyagramı



## 4. BULGULAR

### 4.1. Taban Suyu Derinlik Ve Su Kalitesinin Değişiminin Değerlendirilmesi

Niksar ilçe merkezinin toplam arazi varlığı 93 411.6 ha'dır. Bu alanın 46 224 ha'ı orman ve fidanlıktır. İlçenin bütününde işlenen tarım arazisi varlığı toplam 27 969.5 ha'dır. Niksar Ovasının toplam büyüklüğü 12 965 ha olarak belirlenmiştir. Niksar Ovası'nın, toplam arazi varlığı içerisindeki payı % 46'dır. Çalışma alanında 10 536 hektarlık alan sulanabilir arazilerdir (DSİ, 1973). Niksar şehir planındaki genişleme ile birlikte bu alan 8 915 ha alana kadar düşmüştür. Niksar Ovası'nın tüm tarım arazileri içerisindeki payı % 31'dir. 1955 den günümüze drenaj şartları dikkate alınarak, drenaj ihtiyacı giderilmiştir (Şekil 3.3).

Her 100 ha alan için 1 adet taban suyu izleme kuyusu açılarak toplamda 8 915 ha alan için 89 kuyu açılmıştır. Zamanla bazı kuyular tahrip olduğundan iptal edilmiştir. Düzenli olarak 68 kuyudan gözlem alınmaktadır.

2003-2008 yılları arasında bazı dönemlerde ölçümler alınamamış, bazı kuyularda ise tamir edildikten sonra veri alınmasına başlanılmıştır. Bu durumda elde edilen veriler ışığında Ek-4 ve Ek-5'te 1-89 No.lu gözlem kuyularının yıllara göre taban suyu derinliğinin değişimi verilmiştir.

Genel olarak 2008 yılında taban suyu seviyesinde belirgin bir yükseliş tespit edilmiştir. Aynı durum sondaj kuyularında da paralellik göstermektedir. Tokat Meteoroloji İstasyonu verilerine göre dönem itibarıyla ortalamanın üzerinde bir yağış varlığı tespit edilmiştir. Bu durum, yeraltı su seviyesi ve taban suyu yüksekliğini açıklamaktadır. Gerek yüzey sularının gerekse yeraltı sularını besleyen Kelkit Irmağındaki debi artışlarının bu duruma sebep olduğu düşünülmektedir (Ek-4 ve Ek-5).

Aylık olarak izlenen taban suyu ölçümlerinin değerlendirilmesi sonucunda, taban suyu derinliğinin 0-1 m olduğu toplam alan 924 ha (% 10), 1-1.5 m aralığında 2 980 ha (% 33), 1.5-2 m aralığında 969 ha (% 11), 2-3 m aralığında 719 ha (% 8), 3-4 m

aralığında 2 836 ha (% 32), 4 m'den fazla olanlar ise 487 ha (% 6)'dır. Sulama suyu ihtiyacının en çok olduğu ay Ağustos ayı olarak belirlenmiştir.

Yıllar göre değerlendirmede bazı gözlem kuyuların taban suyunda yükseliş, bazılarında da gerileme tespit edilmiştir. Taban suyu yükselişi gösteren kuyular (25 kuyu); 2, 4, 5, 17, 10, 9, 23, 33, 55, 56, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 73, 76, 81, 83, 84, 85, 87, 88, 89 No.lu kuyulardır.

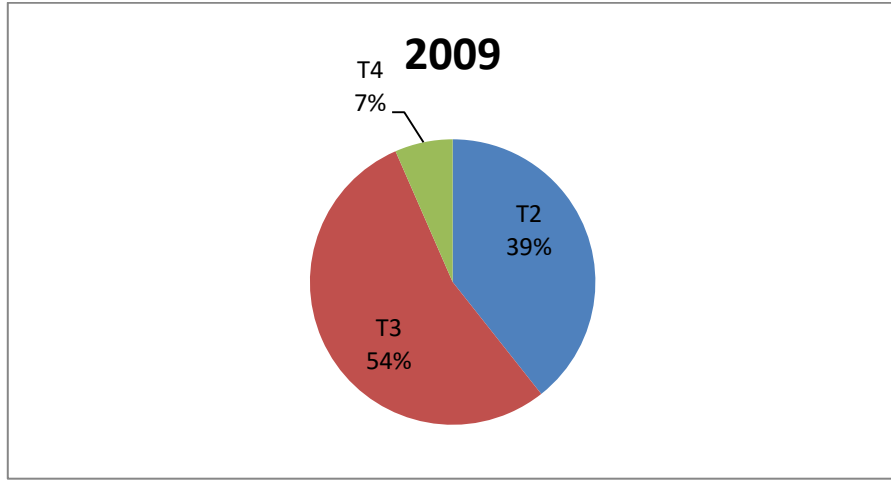
Taban suyu gerilemesi olan kuyular (34 kuyu); 1, 3, 10, 11, 18, 13, 16, 18, 19, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 34, 51, 52, 53, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 66, 71, 74, 75, 77, 86 No.lu kuyulardır. Burada belirtilmeyen diğer kuyularda seviye değişimleri normal düzeydedir.

Taban suyunun en düşük olduğu seviye; 280 cm ile 10 No.lu kuyu ve 285 cm ile 52 No.lu kuyudur. Taban suyunun en yüksek olduğu seviye; 60 cm ile 60 No.lu kuyu ve 43.5 cm ile 89 No.lu kuyudur.

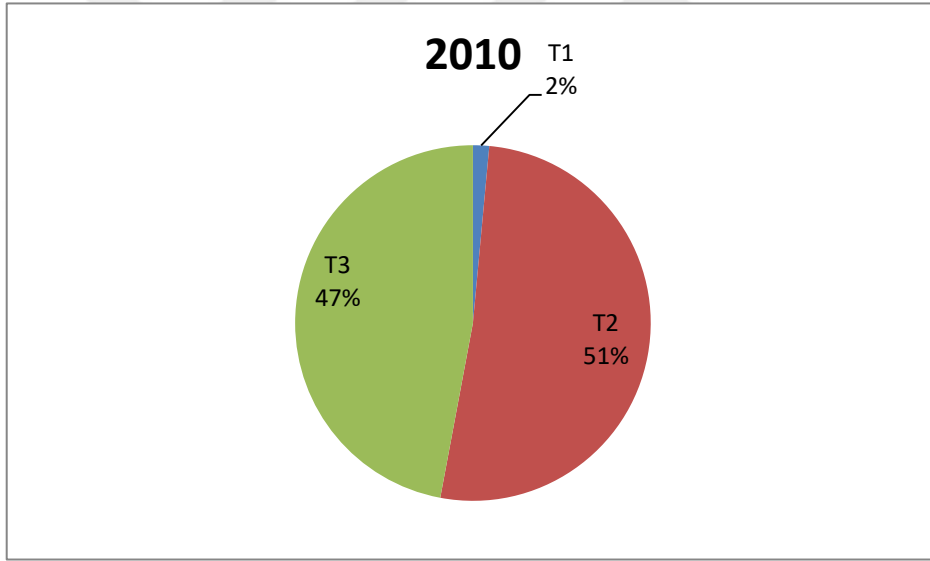
Çalışma alanında bulunan gözlem kuyularındaki eriyebilir tuz miktarına göre bir sınıflandırma yapılmıştır (Richards, 1954). 2009-2017 yılları için değerlendirme yapılmıştır. 2012 yılları verilerine ulaşamadığı için bu yıl değerlendirilmeye alınmamıştır (Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5. Şekil 4.6, Şekil 4.7. Şekil 4.8).

Bu yıllara göre T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> sınıfına giren kuyuların oransal dağılımları bulunmuştur.

Çalışma alanında bulunan gözlem kuyularında 2009 yılı için sulama suyu kalite sınıfı T<sub>1</sub> sınıfında kuyu bulunmamaktadır. 24 adet kuyu T<sub>2</sub> sınıfında, 33 adet kuyu T<sub>3</sub> sınıfında, 4 adet kuyu T<sub>4</sub> sınıfında tespit edilmiştir (Şekil 4.1).

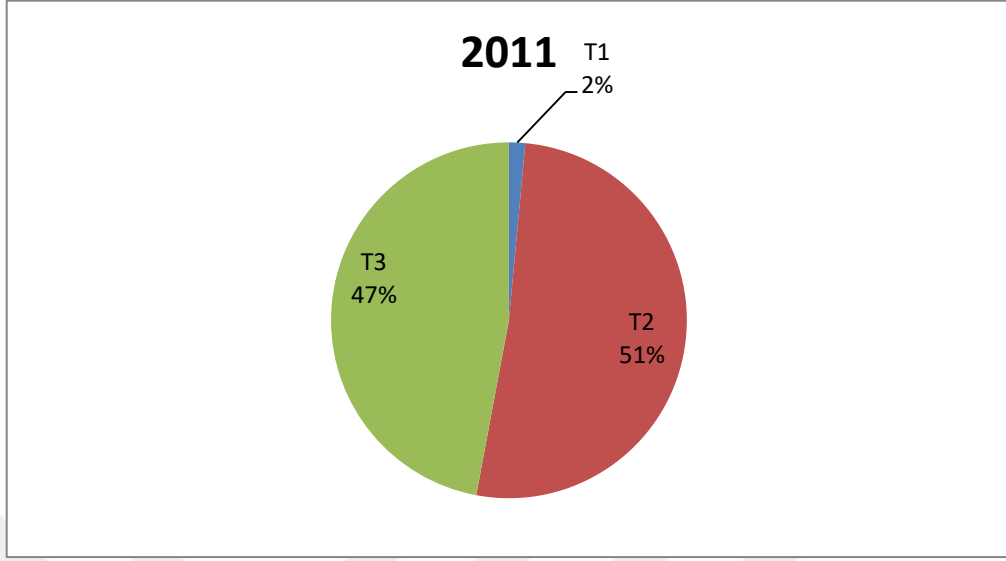


Şekil 4.1. 2009 yılı gözlem kuyuları su kalite sınıfları % dağılımları



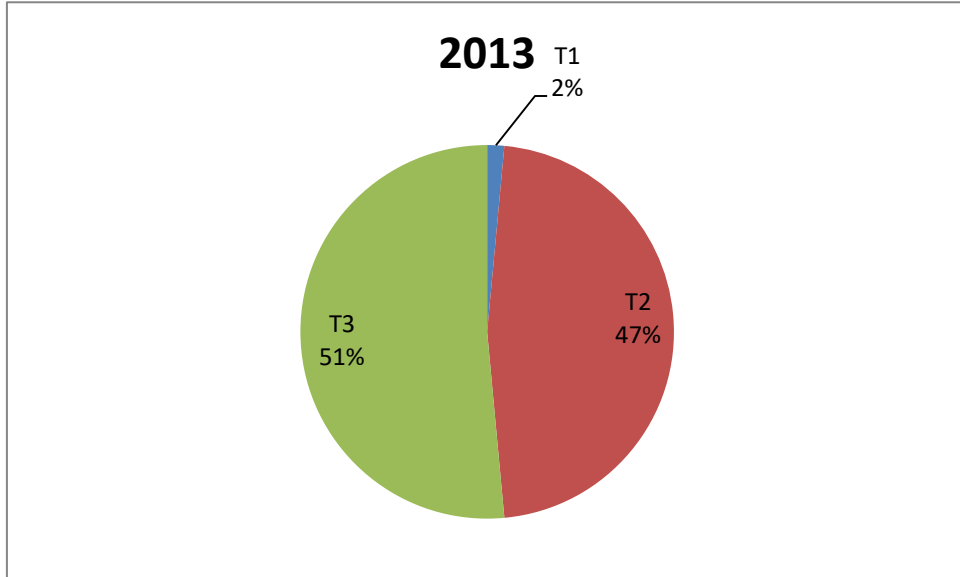
Şekil 4.2. 2010 yılı gözlem kuyuları su kalite sınıfları % dağılımları

Çalışma alanında bulunan gözlem kuyularında 2010 yılı için T<sub>1</sub> sınıfında 1 adet kuyu bulunmaktadır. 34 adet kuyu T<sub>2</sub> sınıfında, 32 adet kuyu T<sub>3</sub> sınıfında olup T<sub>4</sub> sınıfında kuyu bulunmamaktadır (Şekil 4.2).



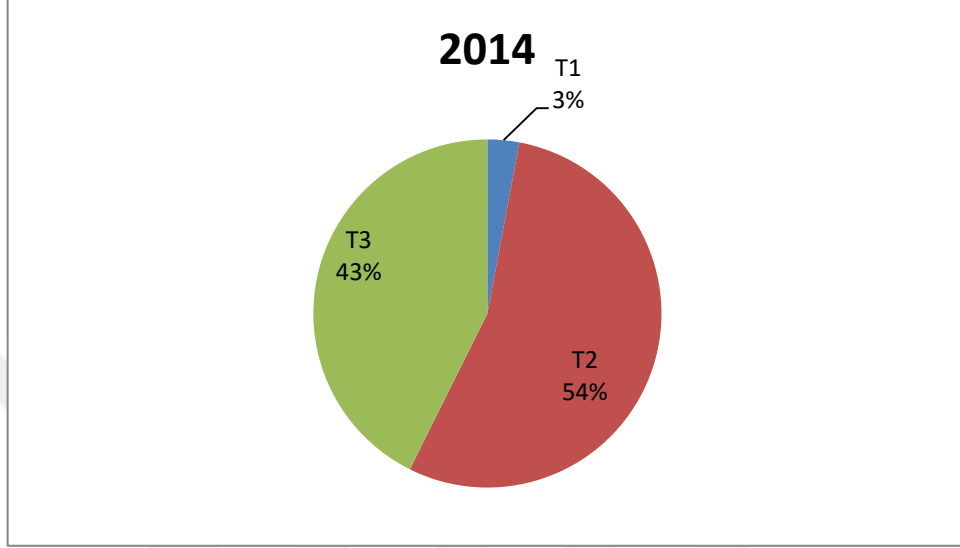
Şekil 4.3. 2011 yılı gözlem kuyuları su kalite sınıfları % dağılımları

Çalışma alanında bulunan gözlem kuyularında 2011 yılı için T<sub>1</sub> sınıfında 1 adet kuyu bulunmaktadır. 35 adet kuyu T<sub>2</sub> sınıfında, 32 adet kuyu T<sub>3</sub> sınıfında olup T<sub>4</sub> sınıfında kuyu bulunmamaktadır (Şekil4.3).



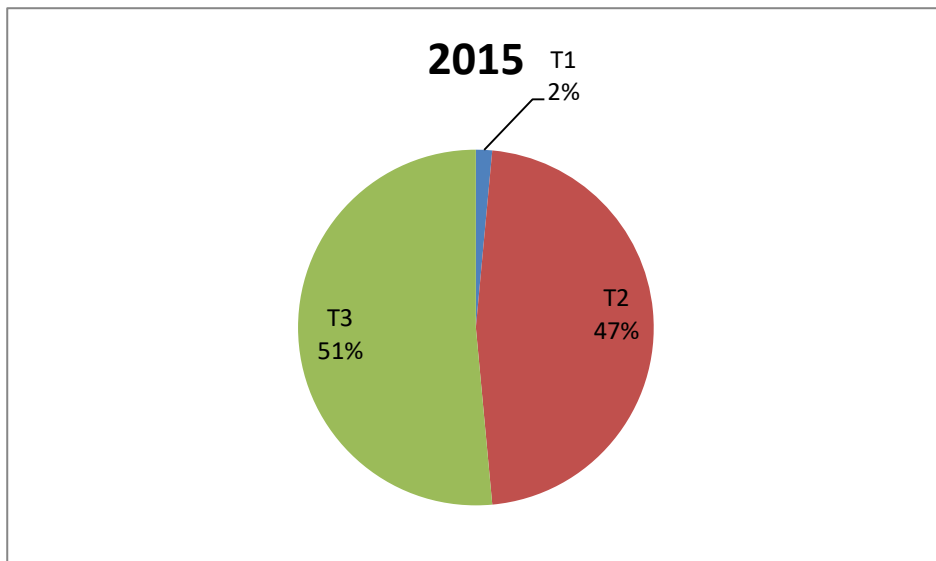
Şekil 4.4. 2013 yılı gözlem kuyuları su kalite sınıfları i % dağılımları

Çalışma alanında bulunan gözlem kuyularında 2013 yılı için T<sub>1</sub> sınıfında 1 adet kuyu bulunmamaktadır. 35 adet kuyu T<sub>2</sub> sınıfında, 32 adet kuyu T<sub>3</sub> sınıfında, T<sub>4</sub> sınıfında kuyu bulunmamaktadır (Şekil 4.4).



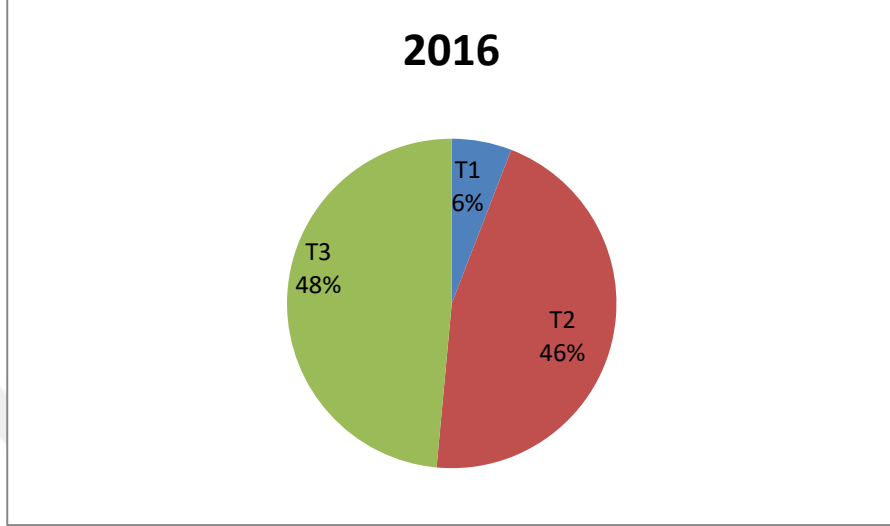
Şekil 4.5. 2014 yılı gözlem kuyuları su kalite sınıfları % dağılımları

Çalışma alanında bulunan gözlem kuyularında 2014 yılı için T<sub>1</sub> sınıfında 2 adet kuyu bulunmaktadır. 29 adet kuyu T<sub>2</sub> sınıfında, 37 adet kuyu T<sub>3</sub> sınıfında olup T<sub>4</sub> sınıfında kuyu bulunmamaktadır (Şekil 4.5).



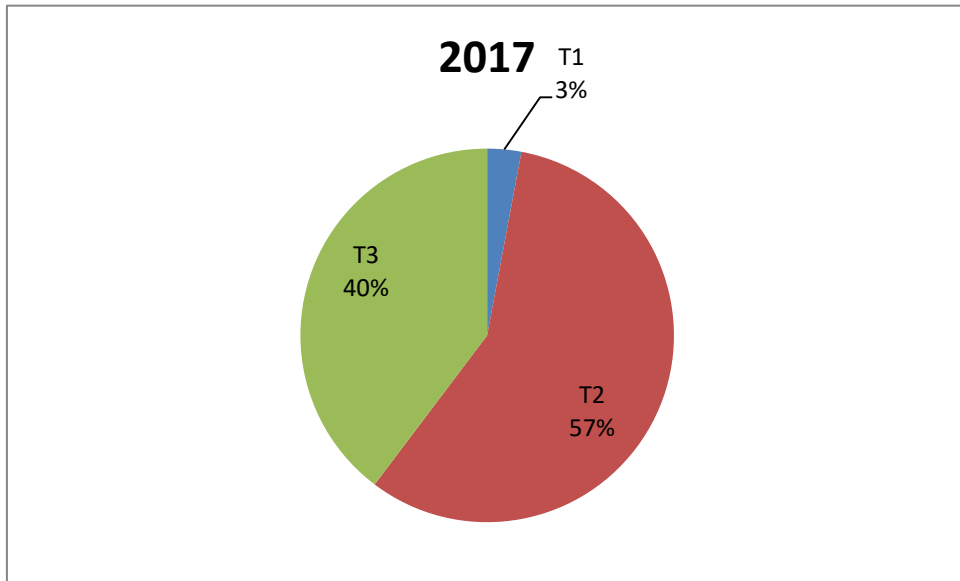
Şekil 4.6. 2015 yılı gözlem kuyuları su kalite sınıfları % dağılımları

Çalışma alanında bulunan gözlem kuyularında 2015 yılı için T<sub>1</sub> sınıfında 1 adet kuyu bulunmaktadır. 35 adet kuyu T<sub>2</sub> sınıfında, 32 adet kuyu T<sub>3</sub> sınıfında olup T<sub>4</sub> sınıfında kuyu bulunmamaktadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.7. 2016 yılı gözlem kuyuları su kalite sınıfları % dağılımları

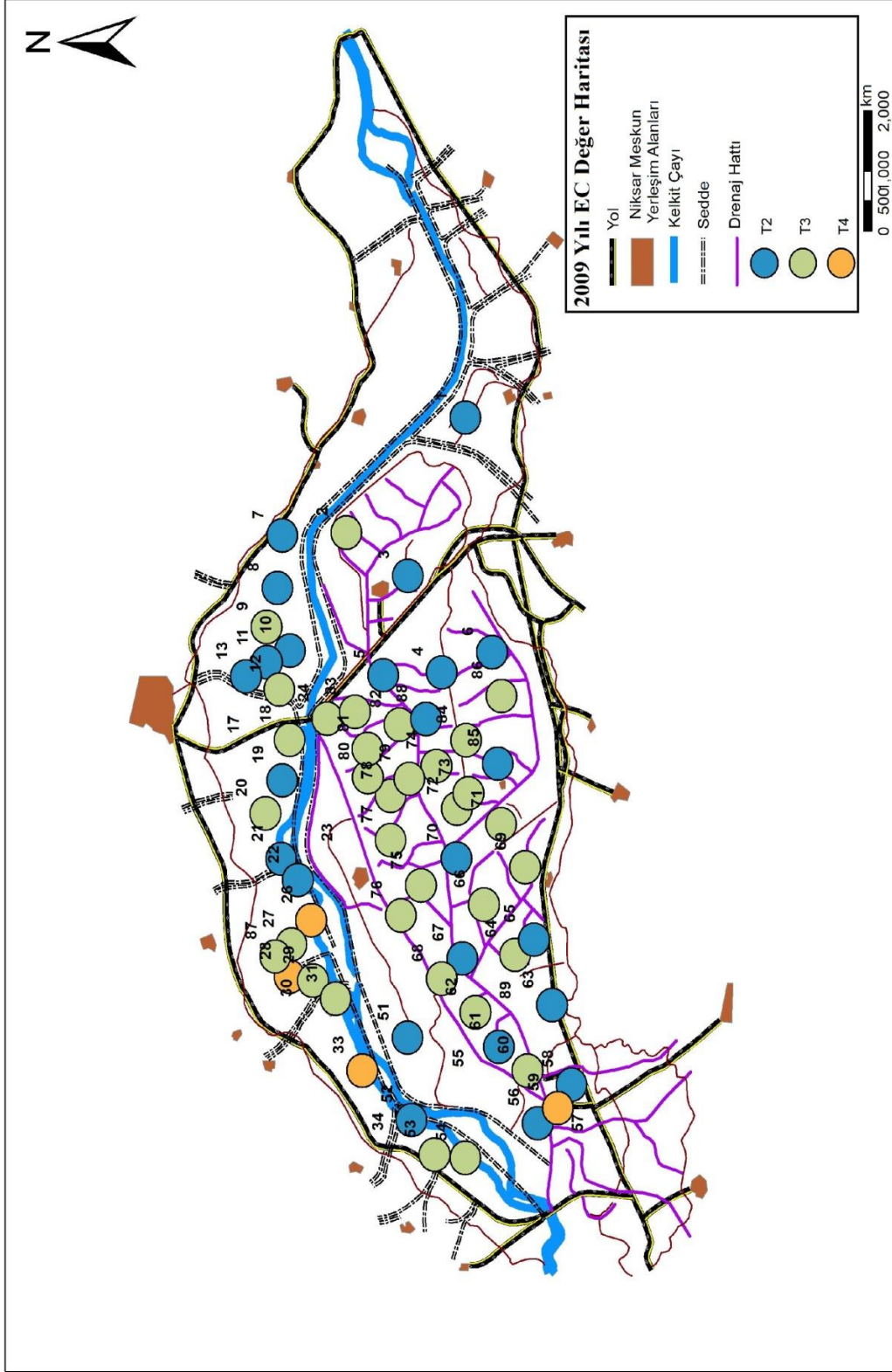
Çalışma alanında bulunan gözlem kuyularında 2016 yılı için T<sub>1</sub> sınıfında 4 adet kuyu bulunmaktadır. 33 adet kuyu T<sub>2</sub> sınıfında, 31 adet kuyu T<sub>3</sub> sınıfında olup T<sub>4</sub> sınıfında kuyu bulunmamaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.8. 2017 yılı gözlem kuyuları su kalite sınıfları % dağılımları

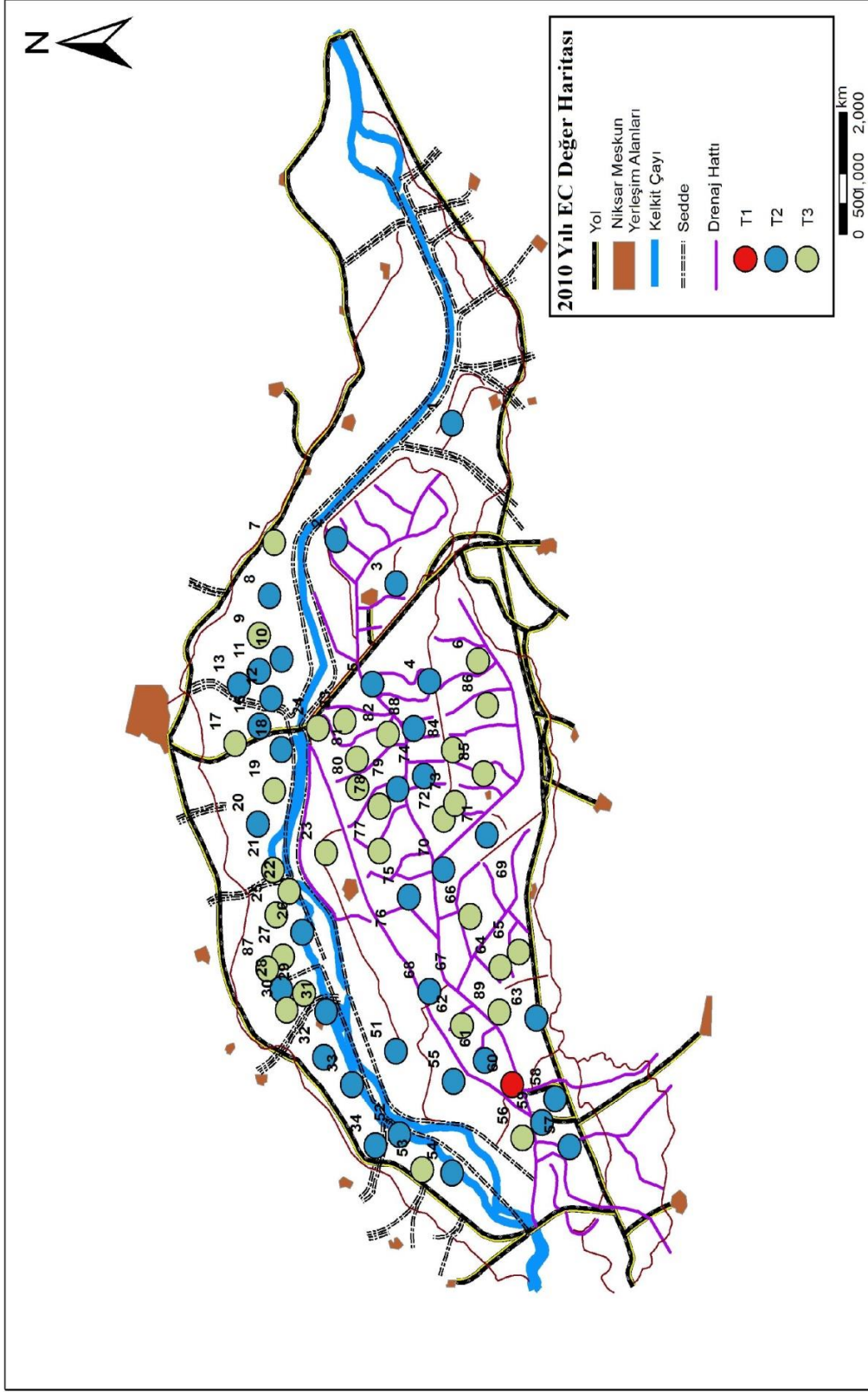
Çalışma alanında bulunan gözlem kuyularında 2012 yılı için T<sub>1</sub> sınıfında 2 adet kuyu bulunmamaktadır. 39 adet kuyu T<sub>2</sub> sınıfında, 27 adet kuyu T<sub>3</sub> sınıfında, T<sub>4</sub> sınıfında kuyu bulunmamaktadır. Yıllara göre noktasal dağılımları Şekil 4.9-4.16'da verilmiştir. EC değerlerinin 2009-2017 yılları arasında artışları noktasal ve alansal olarak haritalanmıştır (Şekil 4.24).



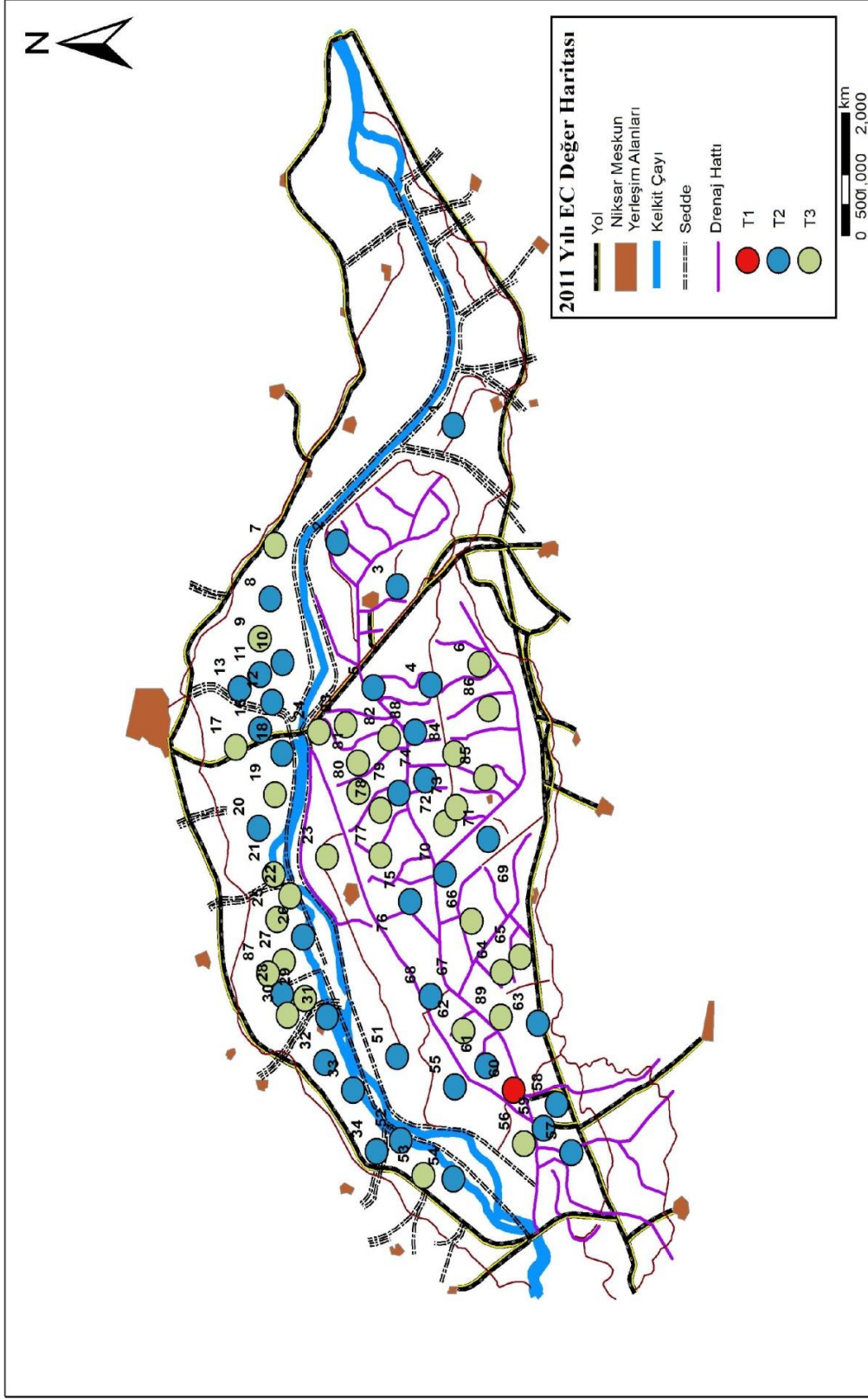


Şekil 4.9. 2009 yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası

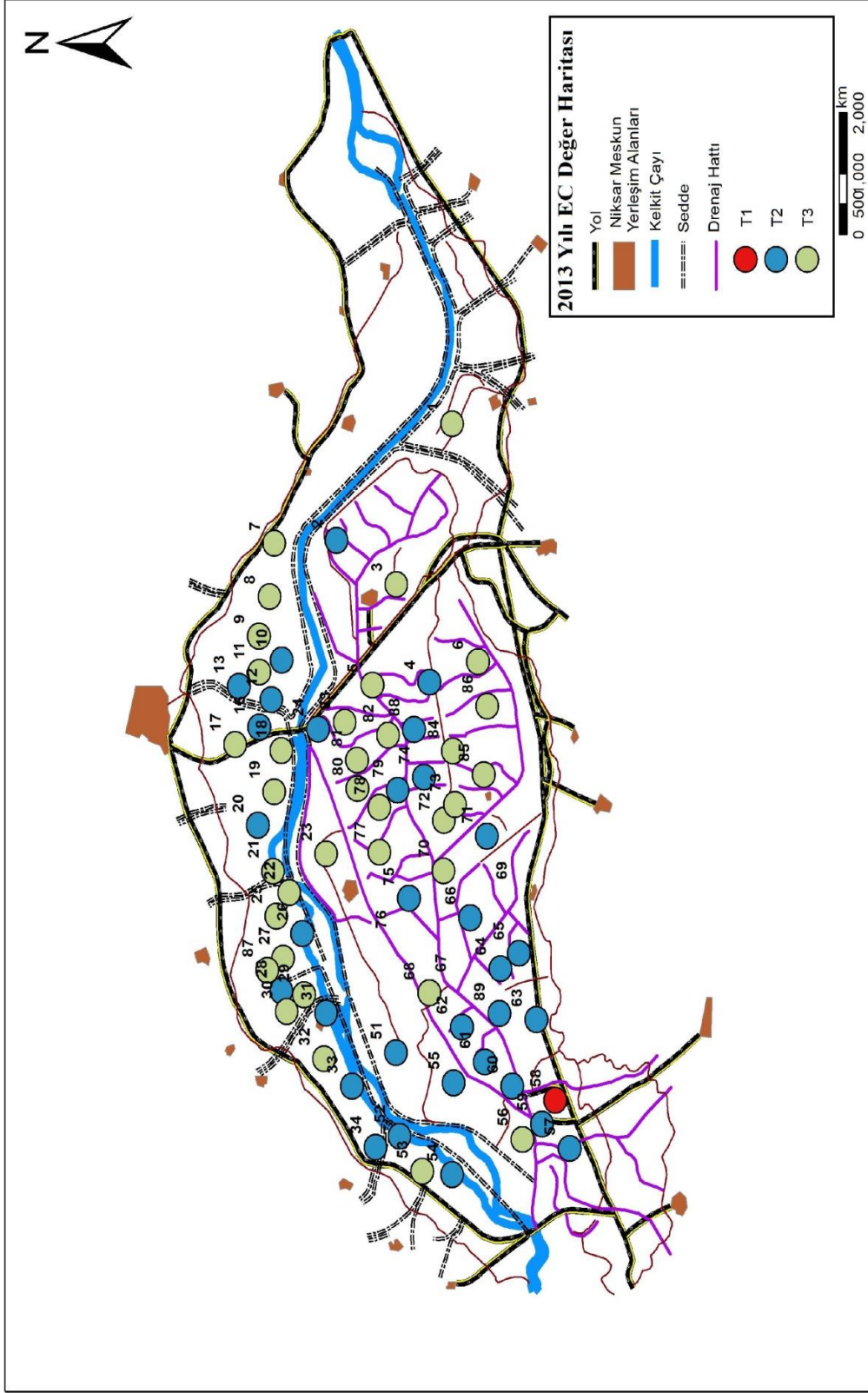




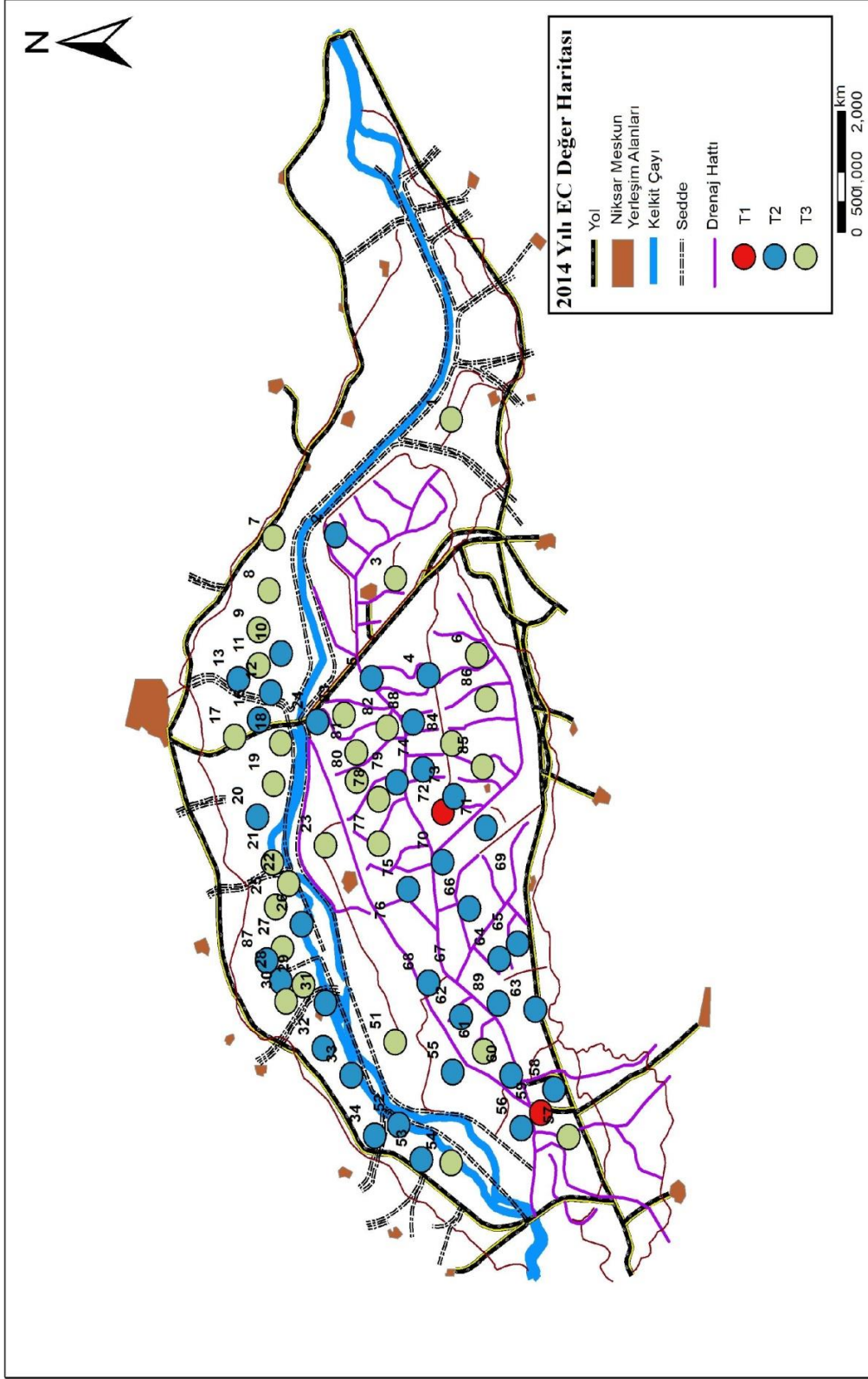
Şekil 4.10. 2010 yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası



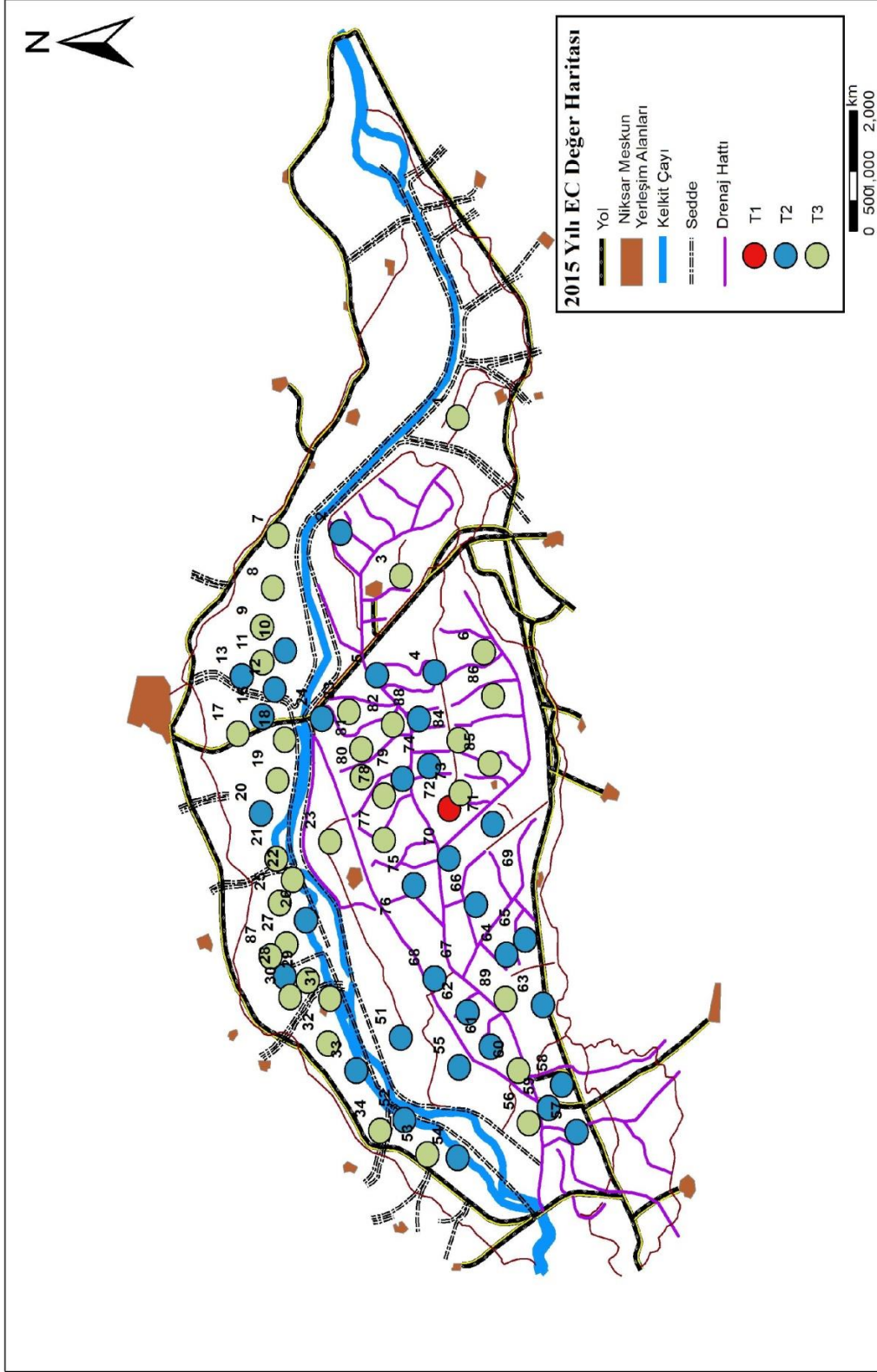
Şekil 4.11. 2011 yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası



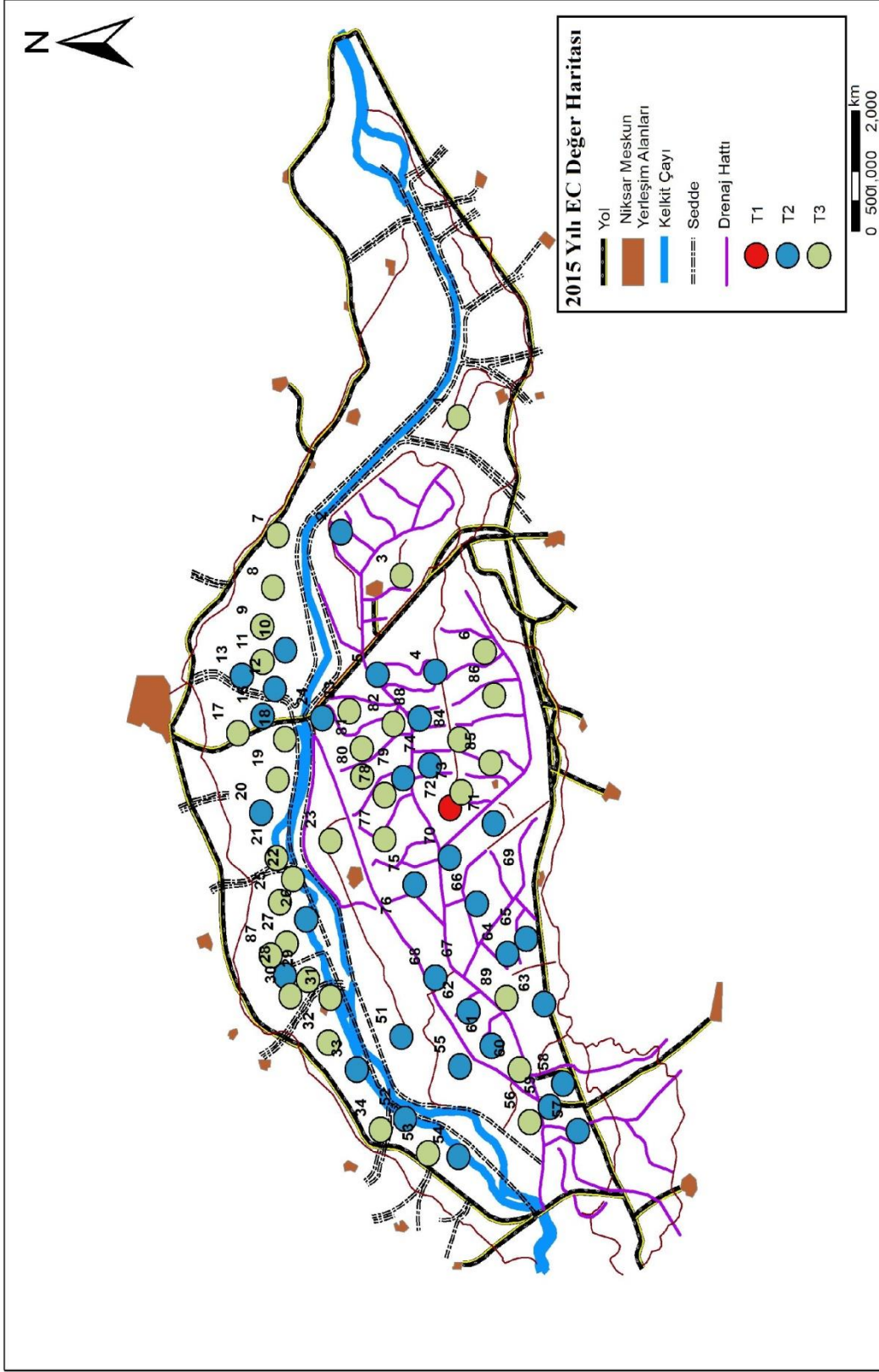
Şeki 4.12. 2013 yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası



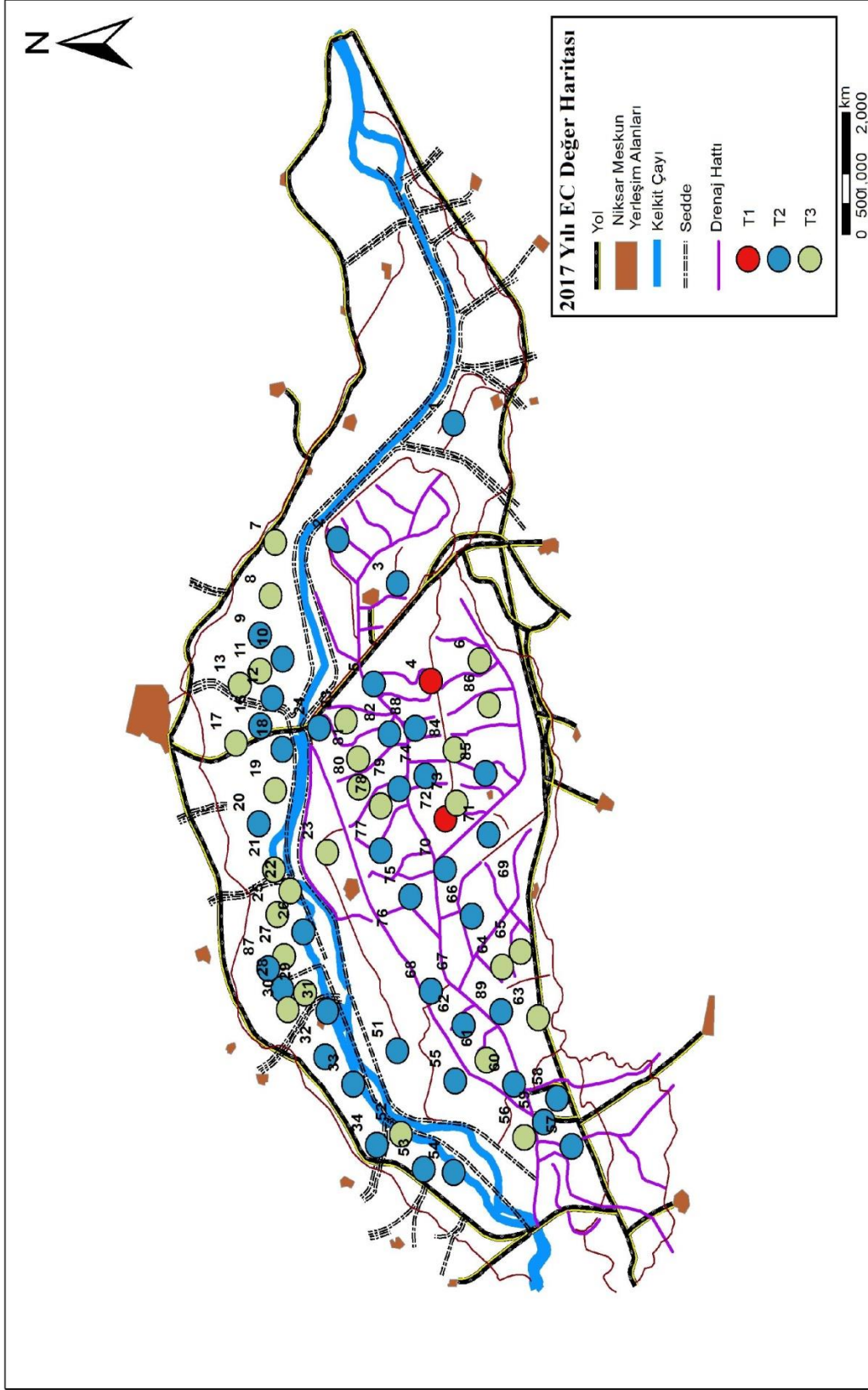
Şekil 4.13. 2014 yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası



Şekil 4.14. 2015 yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası



Şekil 4.15. 2016 yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası



Şekil 4.16. 2017 yılı EC değerlerinin çalışma alanındaki dağılım haritası

2009-2017 yılları arasında su kalitesindeki değişimi daha iyi anlayabilmek için 2009 yılı verilerini taban kabul ederek 2017 yılı arasındaki değişimler noktasal olarak Şekil 4.17’de verilmiştir. Çizelge 4.1’de verilen EC değerlerinin sınıflarında bir değişim olmamış olsa bile EC değerlerindeki artışın konum dağılımı önemlidir. Çizelge 4.9’dan faydalanarak tuzluluğun arttığı bölgeler tespit edilmiştir (Şekil 4.24).

Çizelge 4.1. Taban suyu gözlem kuyuları 2009-2017 yılları arasındaki EC değerleri (micromhos/cm)

| Kuyu No | 2009 Yılı | 2010 Yılı | 2011 Yılı | 2013 Yılı | 2014 Yılı | 2015 Yılı | 2016 Yılı | 2017 Yılı |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1       | 572       | 666       | 666       | 870       | 820       | 870       | 520       | 620       |
| 2       | 1126      | 740       | 740       | 704       | 604       | 704       | 500       | 404       |
| 3       | 732       | 629       | 629       | 900       | 850       | 900       | 550       | 700       |
| 4       | 493       | 444       | 444       | 320       | 300       | 320       | 120       | 100       |
| 5       | 627       | 515       | 515       | 570       | 520       | 540       | 400       | 320       |
| 6       | 467       | 1043      | 1043      | 1030      | 1000      | 1010      | 1300      | 1200      |
| 7       | 438       | 1136      | 1136      | 1190      | 1150      | 1230      | 1100      | 1060      |
| 8       | 625       | 729       | 729       | 1090      | 1040      | 1040      | 1650      | 1500      |
| 9       | 1106      | 1268      | 1268      | 1655      | 1600      | 1614      | 400       | 600       |
| 10      | 587       | 600       | 600       | 720       | 700       | 690       | 750       | 640       |
| 11      | 629       | 459       | 459       | 880       | 840       | 860       | 1000      | 850       |
| 12      | 1487      | 627       | 627       | 715       | 700       | 690       | 750       | 550       |
| 13      | 632       | 610       | 610       | 695       | 655       | 680       | 1100      | 890       |
| 16      |           | 613       | 613       | 740       | 700       | 720       | 850       | 650       |
| 17      |           | 801       | 801       | 820       | 790       | 809       | 1250      | 1000      |
| 18      | 1048      | 692       | 692       | 925       | 900       | 910       | 425       | 600       |
| 19      | 610       | 792       | 792       | 1105      | 1050      | 1120      | 1325      | 1100      |
| 20      | 1136      | 686       | 686       | 610       | 590       | 600       | 900       | 600       |
| 21      | 640       | 1030      | 1030      | 1430      | 1250      | 1420      | 2000      | 1500      |
| 22      | 511       | 1362      | 1362      | 1535      | 1450      | 1522      | 1750      | 1300      |
| 23      |           | 1374      | 1374      | 1425      | 1350      | 1410      | 1824      | 1600      |
| 24      | 1224      | 1522      | 1522      | 660       | 600       | 648       | 675       | 500       |
| 25      |           | 1505      | 1505      | 1720      | 1650      | 1705      | 2150      | 1850      |
| 26      | 4420      | 659       | 659       | 590       | 550       | 610       | 730       | 530       |
| 27      | 1420      | 1503      | 1503      | 1830      | 1750      | 1860      | 1850      | 1650      |
| 28      | 2620      | 266       | 266       | 310       | 250       | 320       | 250       | 300       |
| 29      | 1304      | 1499      | 1499      | 1790      | 1500      | 1805      | 1500      | 1600      |
| 30      |           | 1139      | 1139      | 1610      | 1350      | 1628      | 1100      | 1300      |
| 31      | 1172      | 675       | 675       | 750       | 600       | 780       | 475       | 500       |
| 32      |           | 737       | 737       | 765       | 458       | 792       | 775       | 650       |
| 33      | 2750      | 668       | 668       | 580       | 530       | 600       | 650       | 500       |
| 34      |           | 740       | 740       | 740       | 650       | 760       | 700       | 450       |
| 51      | 662       | 664       | 664       | 410       | 350       | 420       | 675       | 520       |



Çizelge 4.1 (Devam) Taban suyu gözlem kuyuları 2009-2017 yılları arasındaki EC değerleri (micromhos/cm)

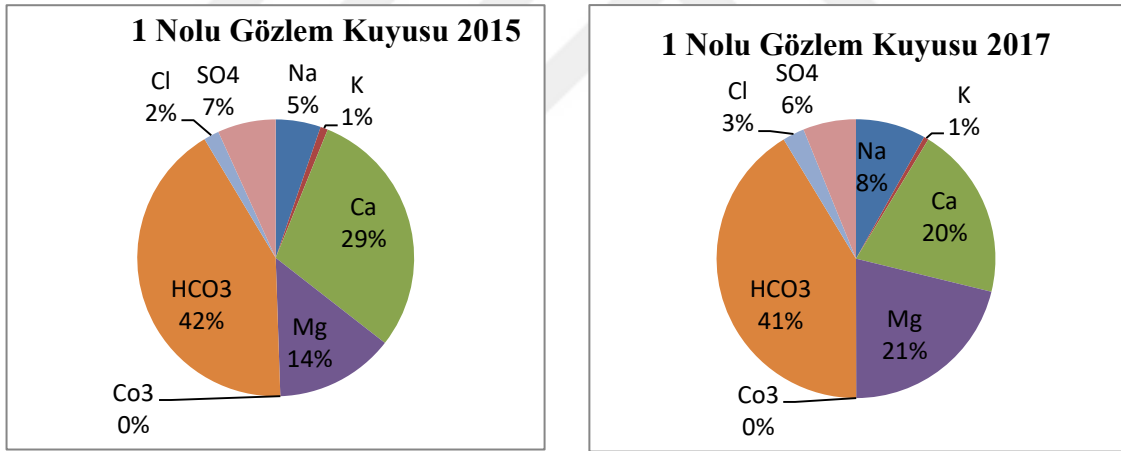
|    |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 52 | 575  | 309  | 309  | 335  | 350  | 320  | 1400 | 1100 |
| 53 | 765  | 1195 | 1195 | 1390 | 1200 | 1410 | 550  | 490  |
| 54 | 1263 | 488  | 488  | 425  | 390  | 260  | 500  | 350  |
| 55 |      | 682  | 682  | 450  | 400  | 460  | 650  | 500  |
| 56 | 565  | 1315 | 1315 | 1390 | 1200 | 1410 | 1250 | 1000 |
| 57 |      | 656  | 656  | 590  | 550  | 610  | 700  | 600  |
| 58 | 661  | 655  | 655  | 250  | 150  | 260  | 250  | 300  |
| 59 | 2660 | 606  | 606  | 690  | 650  | 710  | 350  | 300  |
| 60 | 1429 | 210  | 210  | 640  | 900  | 960  | 420  | 320  |
| 61 | 614  | 680  | 680  | 600  | 500  | 600  | 950  | 800  |
| 62 | 779  | 759  | 759  | 690  | 650  | 706  | 480  | 452  |
| 63 | 647  | 645  | 645  | 590  | 550  | 620  | 1000 | 850  |
| 64 | 843  | 766  | 766  | 630  | 600  | 620  | 1200 | 850  |
| 65 | 295  | 794  | 794  | 705  | 705  | 728  | 950  | 800  |
| 66 | 772  | 808  | 808  | 590  | 550  | 605  | 450  | 650  |
| 67 | 612  |      |      |      |      |      |      |      |
| 68 | 1755 | 613  | 613  | 575  | 525  | 600  | 925  | 725  |
| 69 | 1005 |      |      |      |      |      |      |      |
| 70 | 486  | 605  | 605  | 575  | 525  | 600  | 780  | 650  |
| 71 | 842  | 712  | 712  | 695  | 650  | 710  | 680  | 550  |
| 72 | 752  | 1344 | 1344 | 1210 | 100  | 210  | 180  | 120  |
| 73 | 782  | 742  | 742  | 804  | 750  | 804  | 1200 | 950  |
| 74 | 1296 | 585  | 585  | 470  | 450  | 470  | 450  | 400  |
| 75 | 1230 | 544  | 544  | 440  | 400  | 460  | 600  | 350  |
| 76 | 819  |      |      |      |      |      |      |      |
| 77 | 1065 | 1068 | 1068 | 850  | 800  | 969  | 600  | 750  |
| 78 | 1083 | 1071 | 1071 | 1160 | 1060 | 1160 | 1500 | 1000 |
| 79 | 1476 | 536  | 536  | 390  | 350  | 410  | 850  | 520  |
| 80 | 823  | 1472 | 1472 | 1240 | 1000 | 1360 | 1350 | 1000 |
| 81 | 1411 | 1458 | 1458 | 1250 | 1200 | 1410 | 1400 | 1300 |
| 82 | 1174 | 1030 | 1030 | 900  | 800  | 1000 | 750  | 650  |
| 83 | 945  | 1933 | 1933 | 1350 | 1250 | 1510 | 1300 | 1230 |
| 84 | 1449 | 1966 | 1966 | 1600 | 1500 | 1710 | 1400 | 1600 |
| 85 | 567  | 1022 | 1022 | 920  | 875  | 1011 | 900  | 750  |
| 86 | 1423 | 958  | 958  | 912  | 875  | 912  | 650  | 850  |
| 87 | 1078 | 951  | 951  | 780  | 650  | 906  | 600  | 500  |
| 88 | 519  | 511  | 511  | 400  | 300  | 520  | 450  | 350  |
| 89 |      | 811  | 811  | 680  | 600  | 790  | 450  | 500  |

Çalışma alanında bulunan ve ölçüm yapılan 68 taban suyu gözlem kuyusunun tuzluluk değerleri dışında DSİ 7. Bölge Müdürlüğü tarafından 2015 ve 2017 yılları için yapılan analizler değerlendirilmiştir. Kuyuların tamamından örnek alınamamış veya örnekler analiz laboratuvarında uygun zincirle gelmediği için değerlendirilememiştir. Mevcut

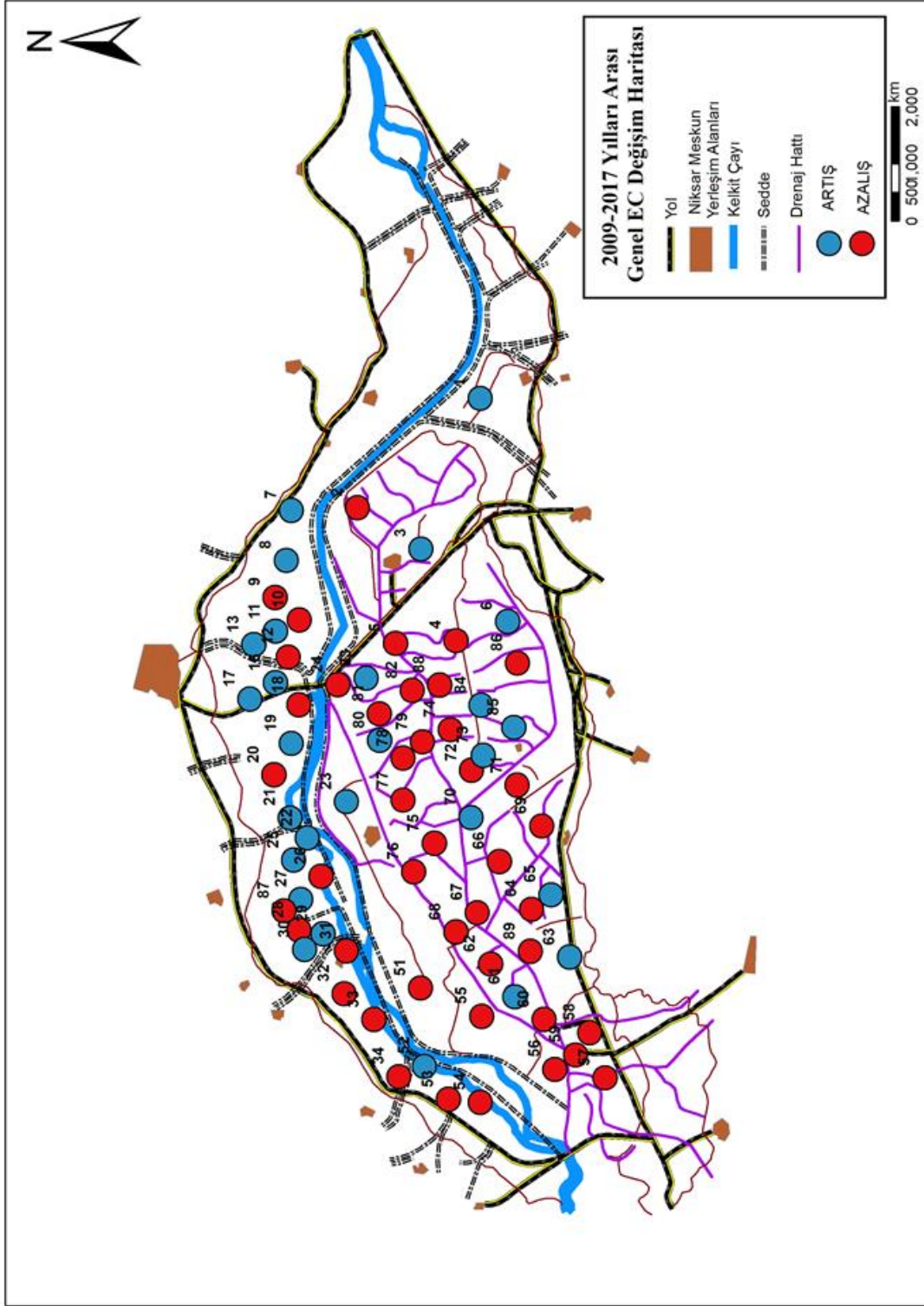
veriler üzerinden değerlendirme ve karşılaştırma yapılmıştır. Şekil 4.27’de bir örnek verilmiştir.

Niksar Ovası’nda bulunan 68 kuyudan alınan suların kalite analizlerinde pH değerleri 6.65-7.29 arasında değişmektedir. Uzun aralıklı ölçümleri nedeniyle 2009-2018 yılları arasında alınan ölçümler dikkate alınmıştır.

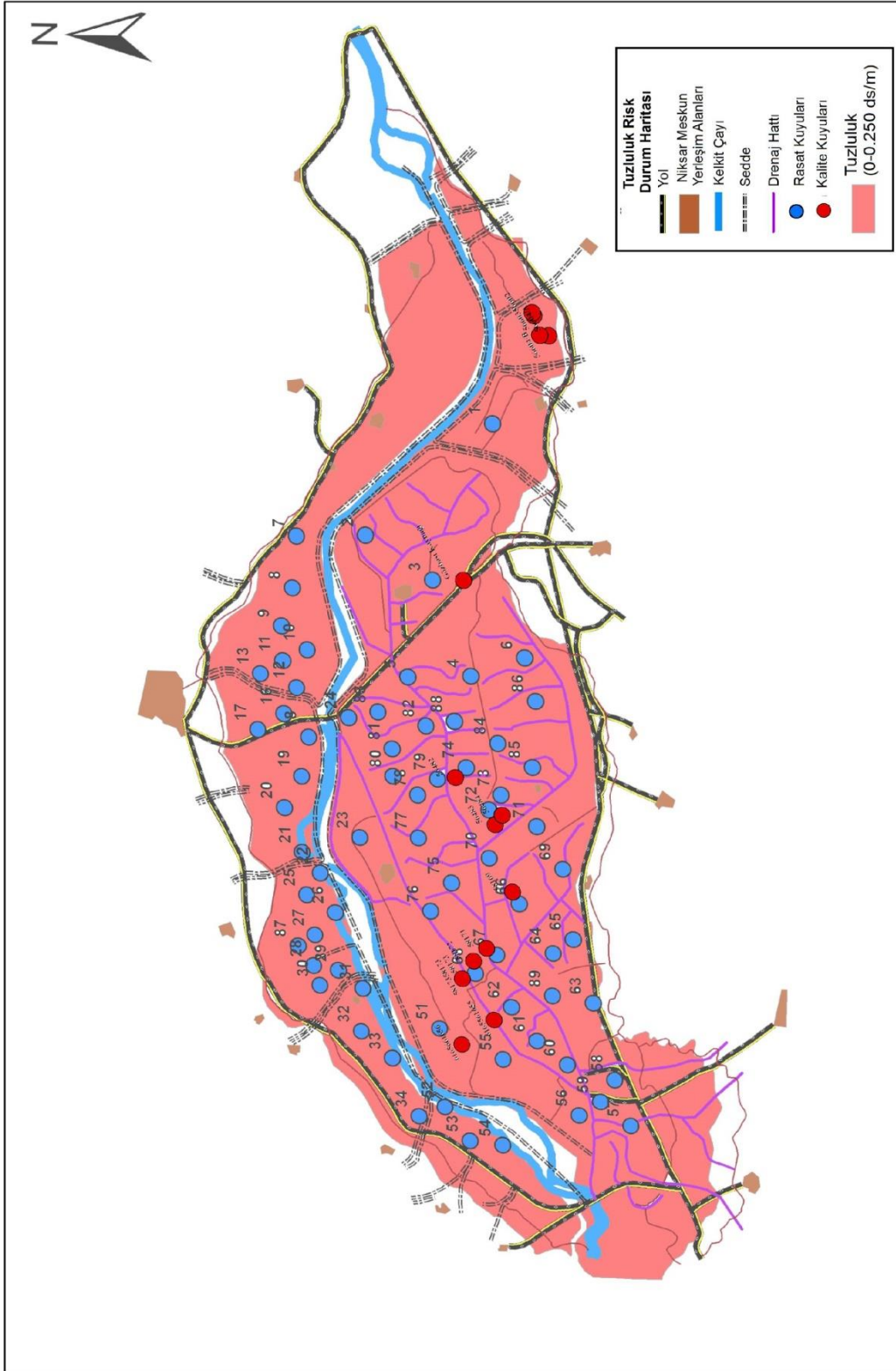
Niksar Ovası’nın bütününe bakıldığında 1980’li yılların sonundan başlamak üzere sağ ve sol sahilde toplam 6 717 arazi sulanabilmekteyken pompaj tesisleri ile bu oran 2 200 ha artırılmıştır. Toplam 8 914 ha’lık alan çalışma alanımızı oluşturmaktadır. DSİ tarafından, bir taraftan drenaj şartları iyileştirirken aynı zamanda sulama suyu ihtiyacı olan bölgelere de derin kuyular açmıştır. Bu kuyuların 1989 yılından itibaren taban suyu seviyeleri izlenmiş; ayrıca, açıldıklarında alınan su numuneleri ile kalite sınıflarına bakılmıştır.



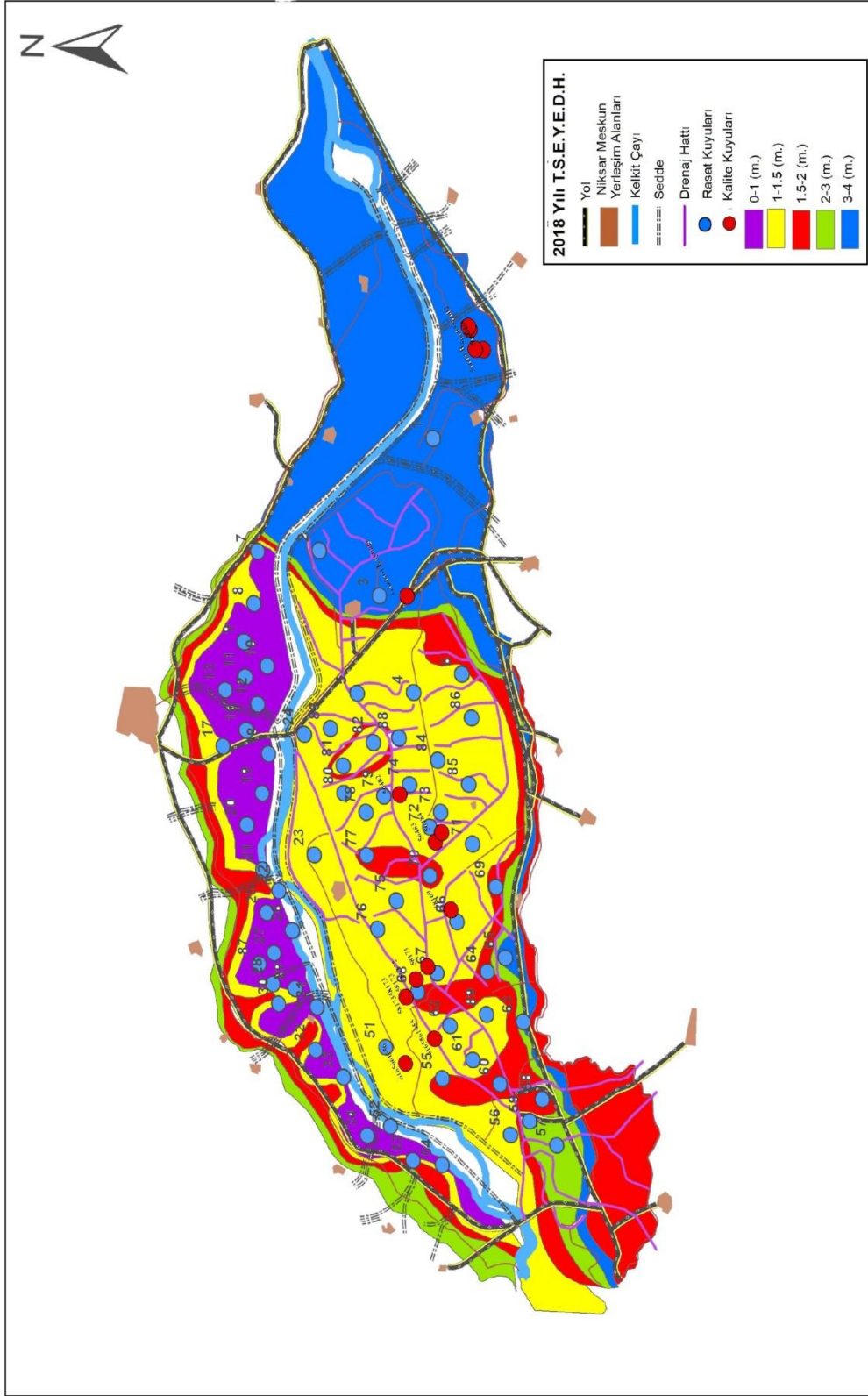
Şekil 4.27. 1 numaralı gözlem kuyusunun 2015/2017 yılı su kalitesi karşılaştırması



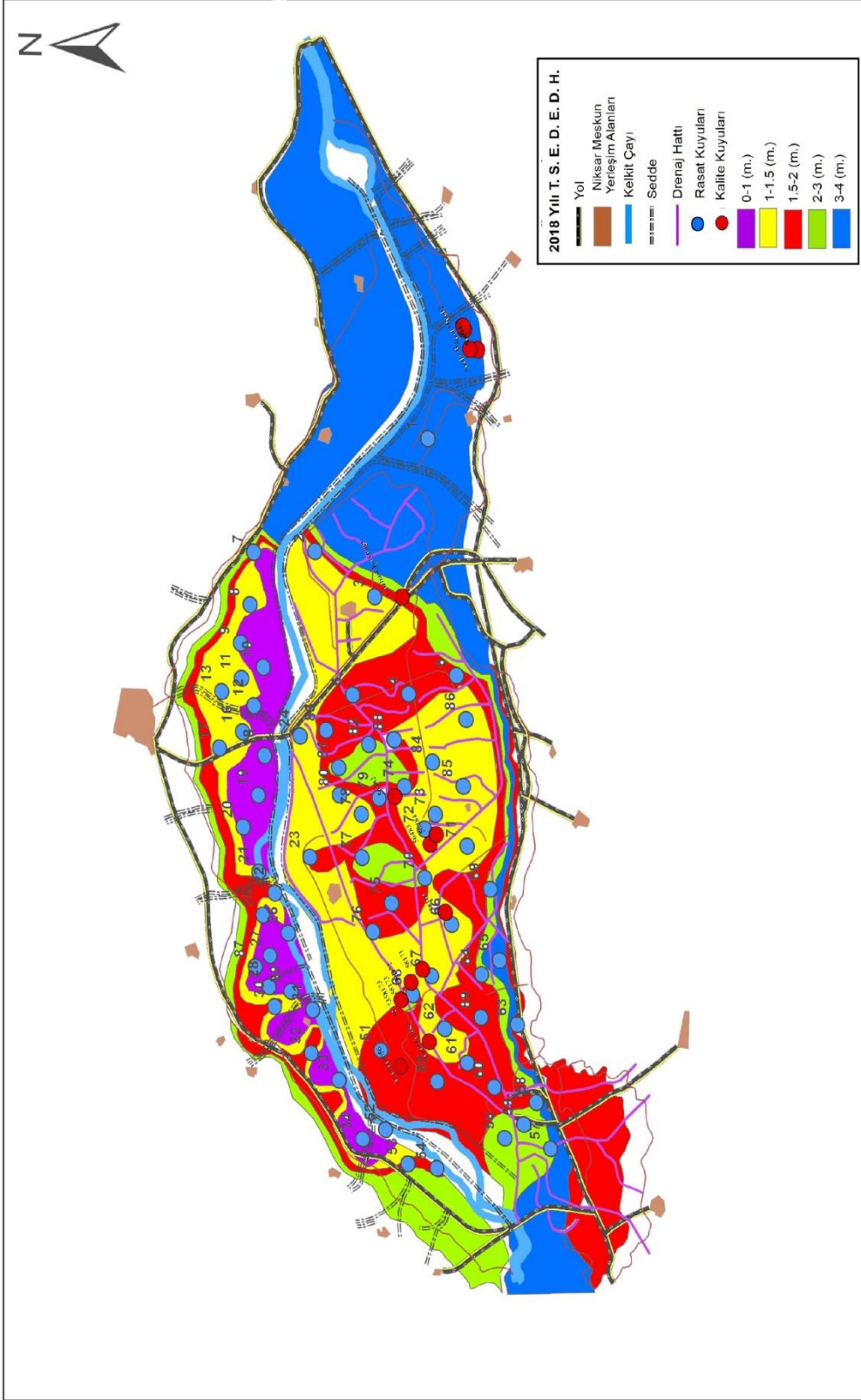
Şekil 4.17. Taban suyu gözlem noktaları 2009-2017 yılları arası EC değeri değişim haritası



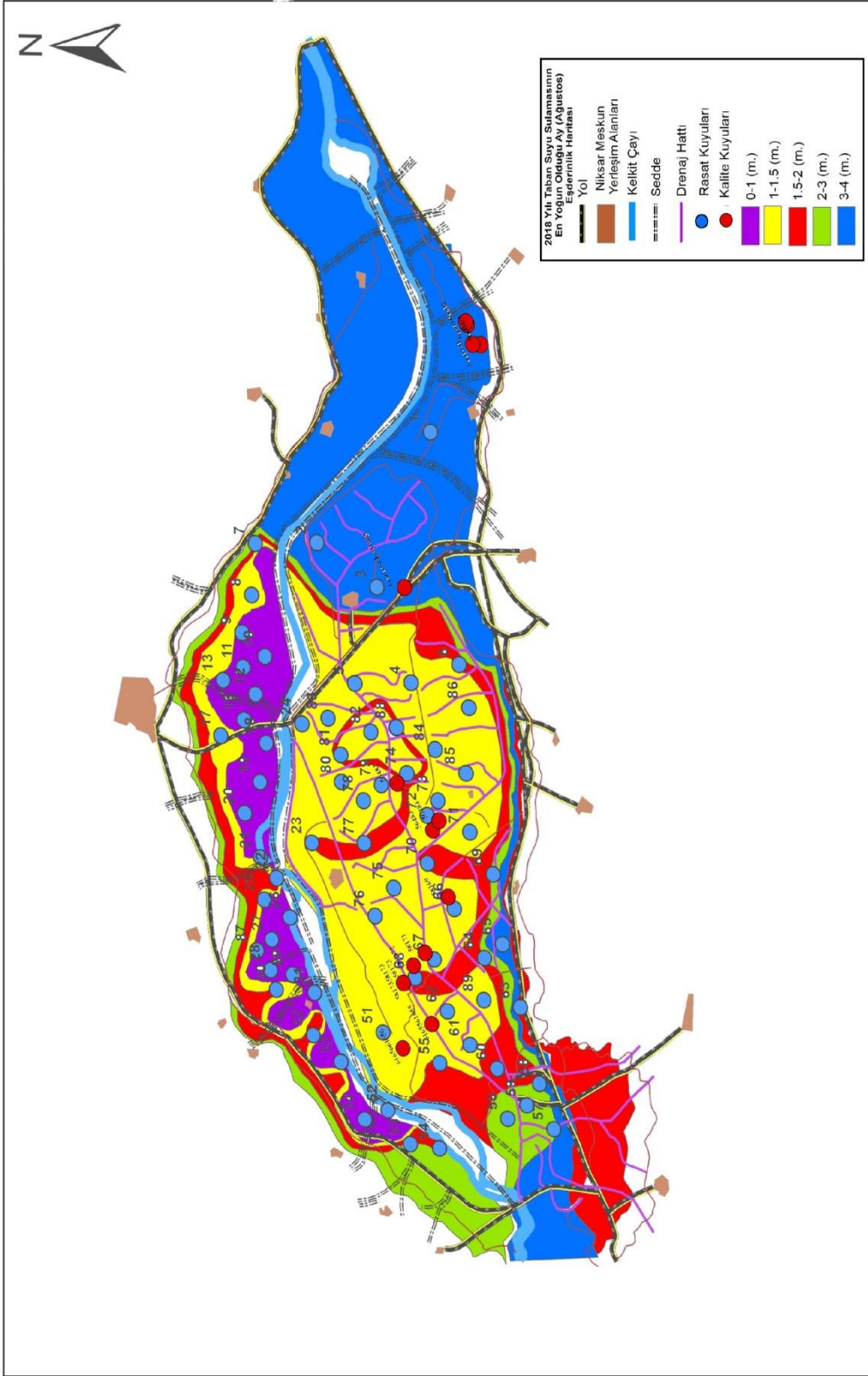
Şekil 4.18. Çalışma alanı DSİ kriterlerine göre EC risk durum sınıflandırma haritası



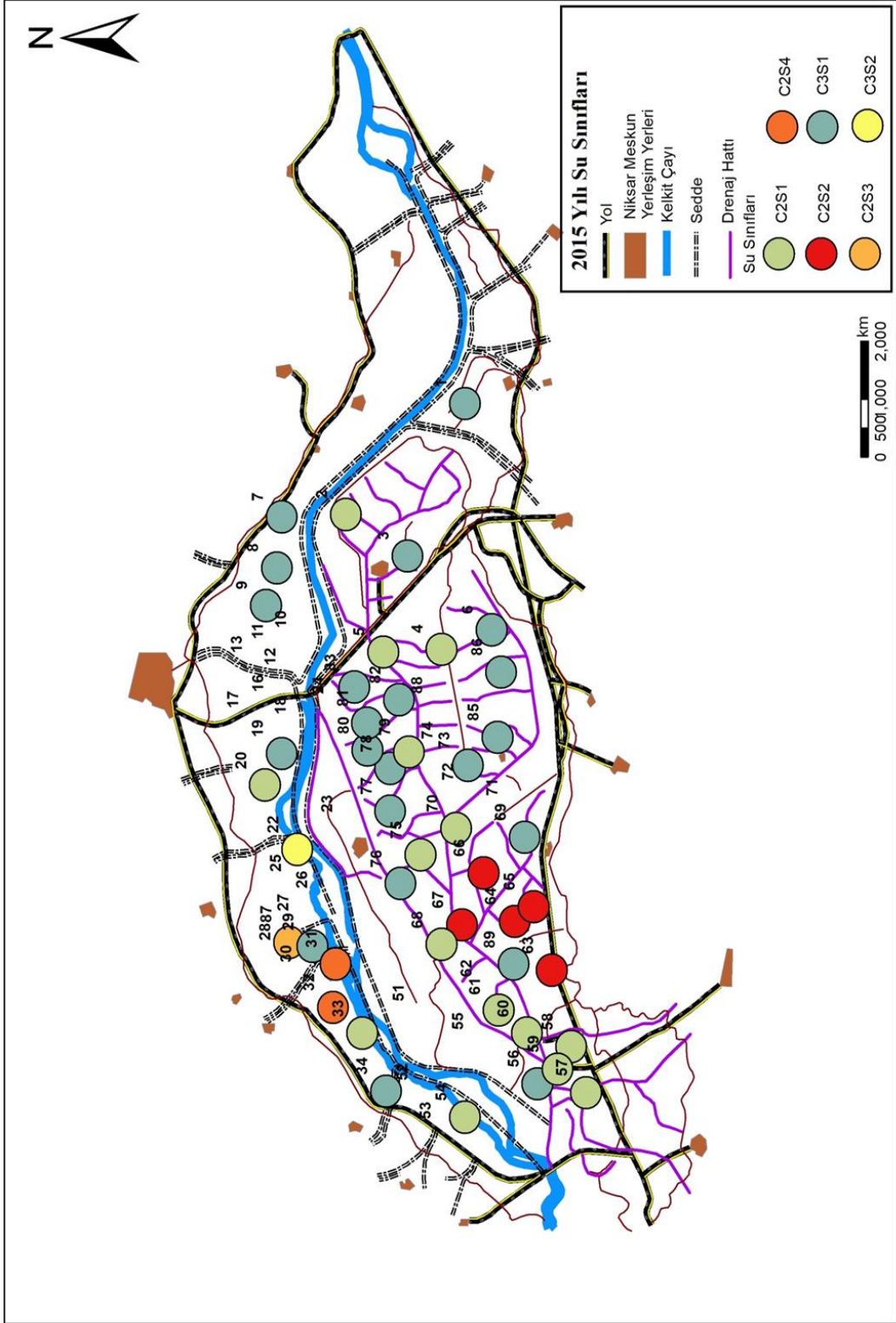
Şekil 4.19. 2018 Yılı Taban Suyu En Yüksek Eş Derinlik Haritası (T.S.E.Y.E.D.H.)



Şekil 4.20. 2018 Yılı taban suyu en yüksek eş derinlik haritası (T.S.E.D.E.D.H.)

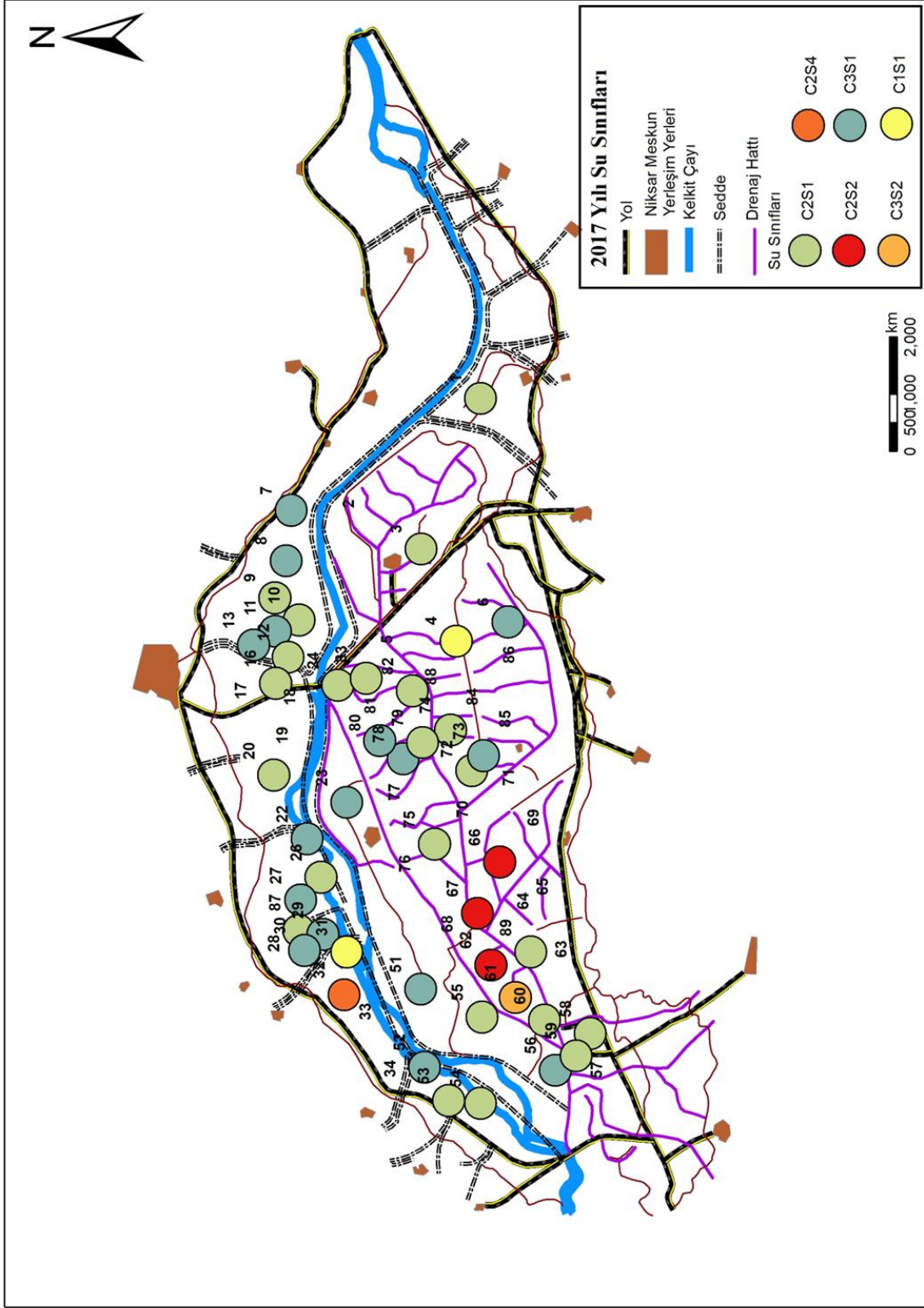


Şekil 4.21. 2018 Yılı sulamanın en yüksek olduğu ay (Ağustos, 2018) eş derinlik haritası

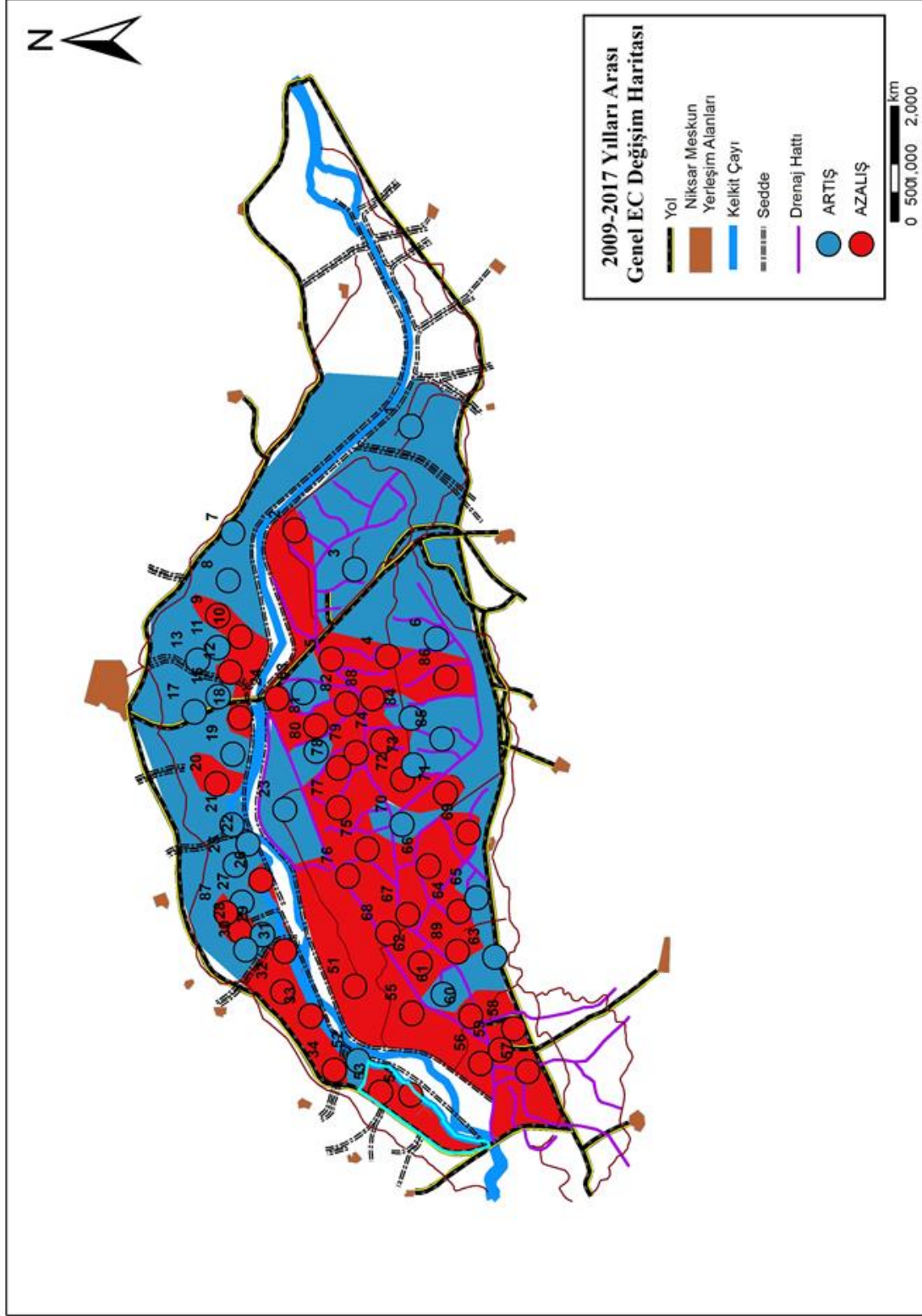


Şekil 4.22. 2015 yılı taban suyu gözlem kuyuları su sınıfları

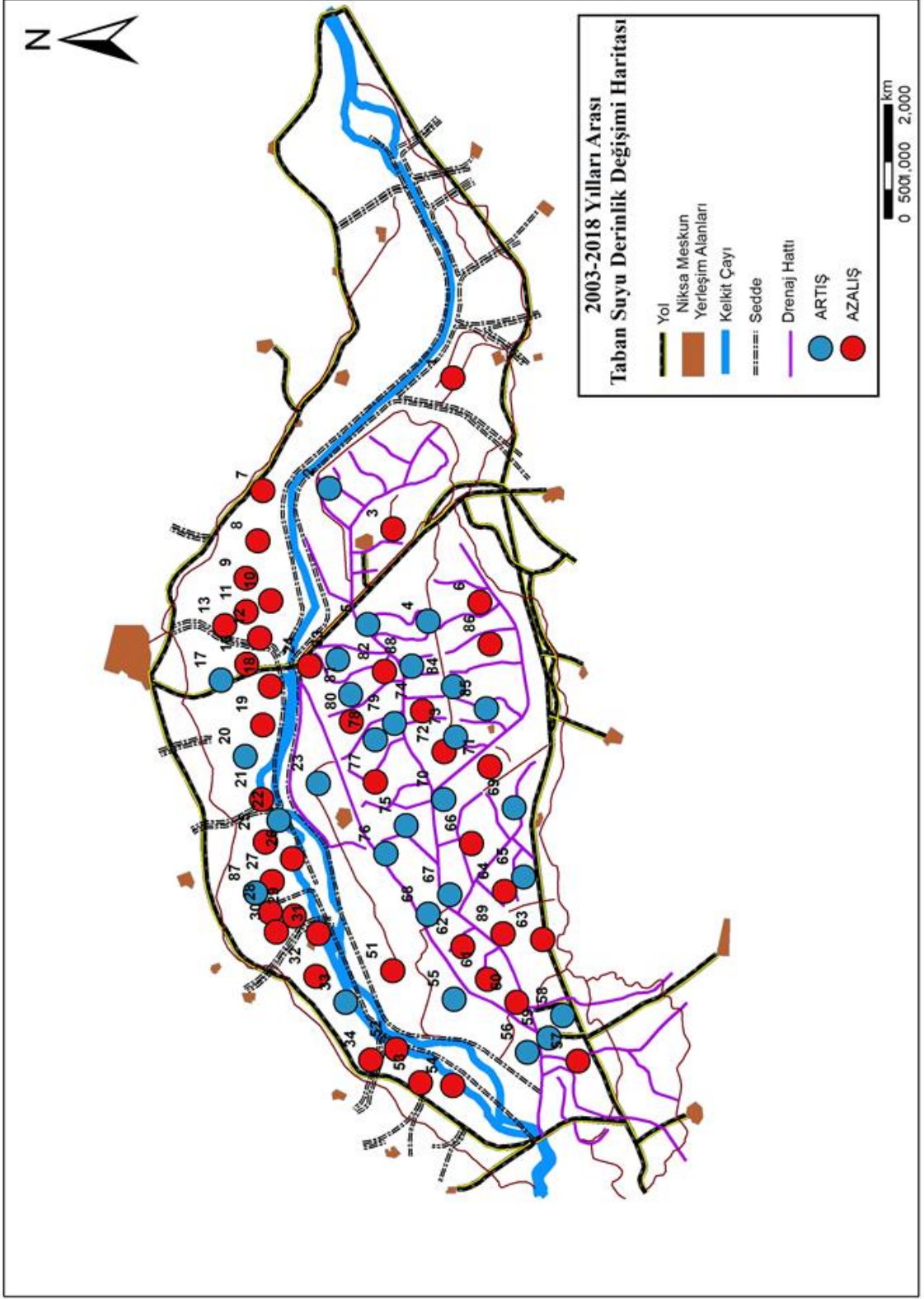




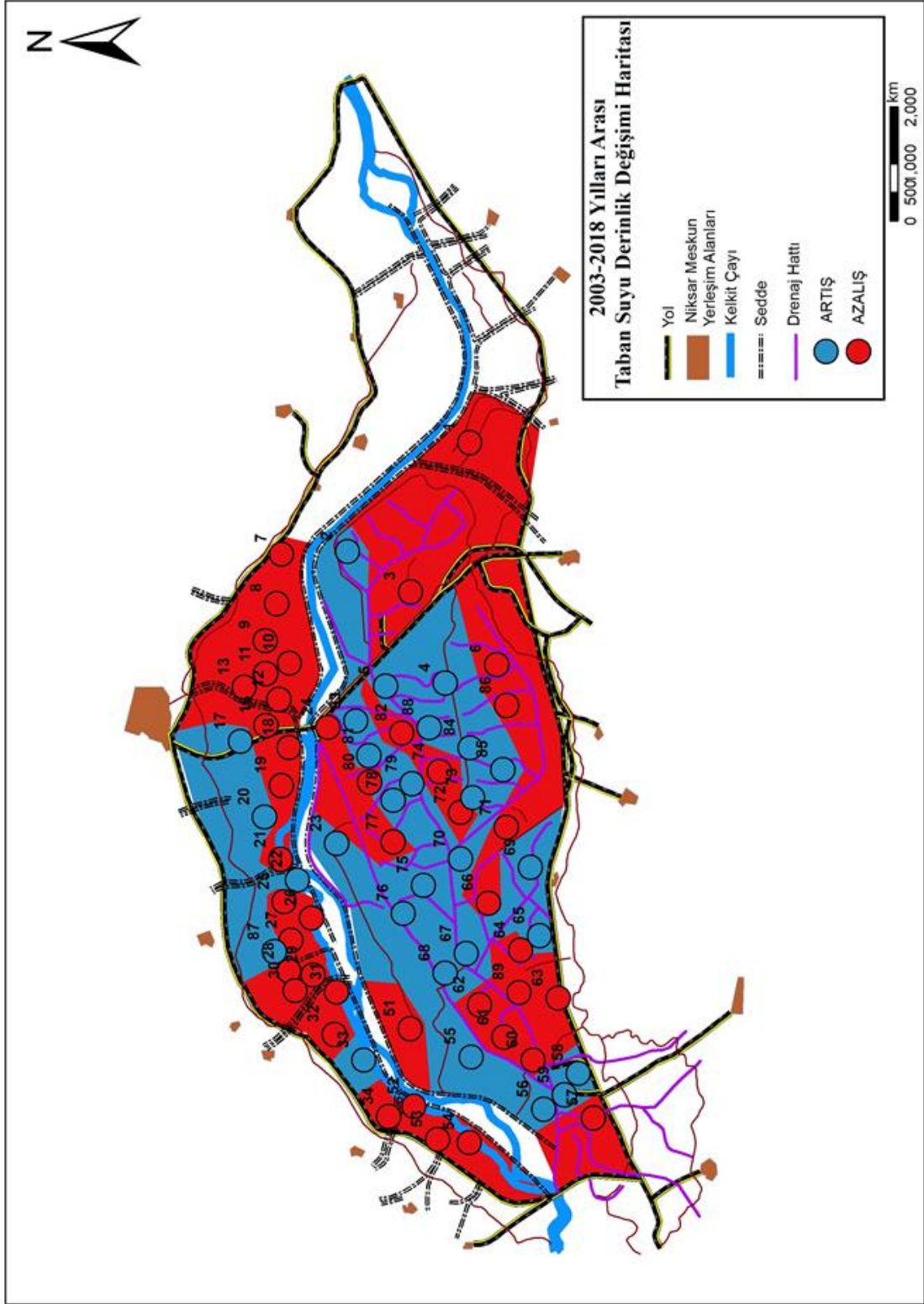
Şekil 4.23. 2017 yılı taban suyu gözlem kuyuları su sınıfları



Şekil 4.24. 2009- 2017 yılları arası elektriksel iletkenlik değişimi alan haritası



Şekil 4.25. Taban suyu gözlem noktaları 2003-2018 yılları arası derinlik değişim haritası



Şekil 4.26. 2003- 2018 yılları arası taban suyu değişimi alan haritası

Çizelge 4.2. Çalışma alanı 1-30 No.lu taban suyu gözlem kuyularının 2015 ve 2017 yılları su kalite analizleri

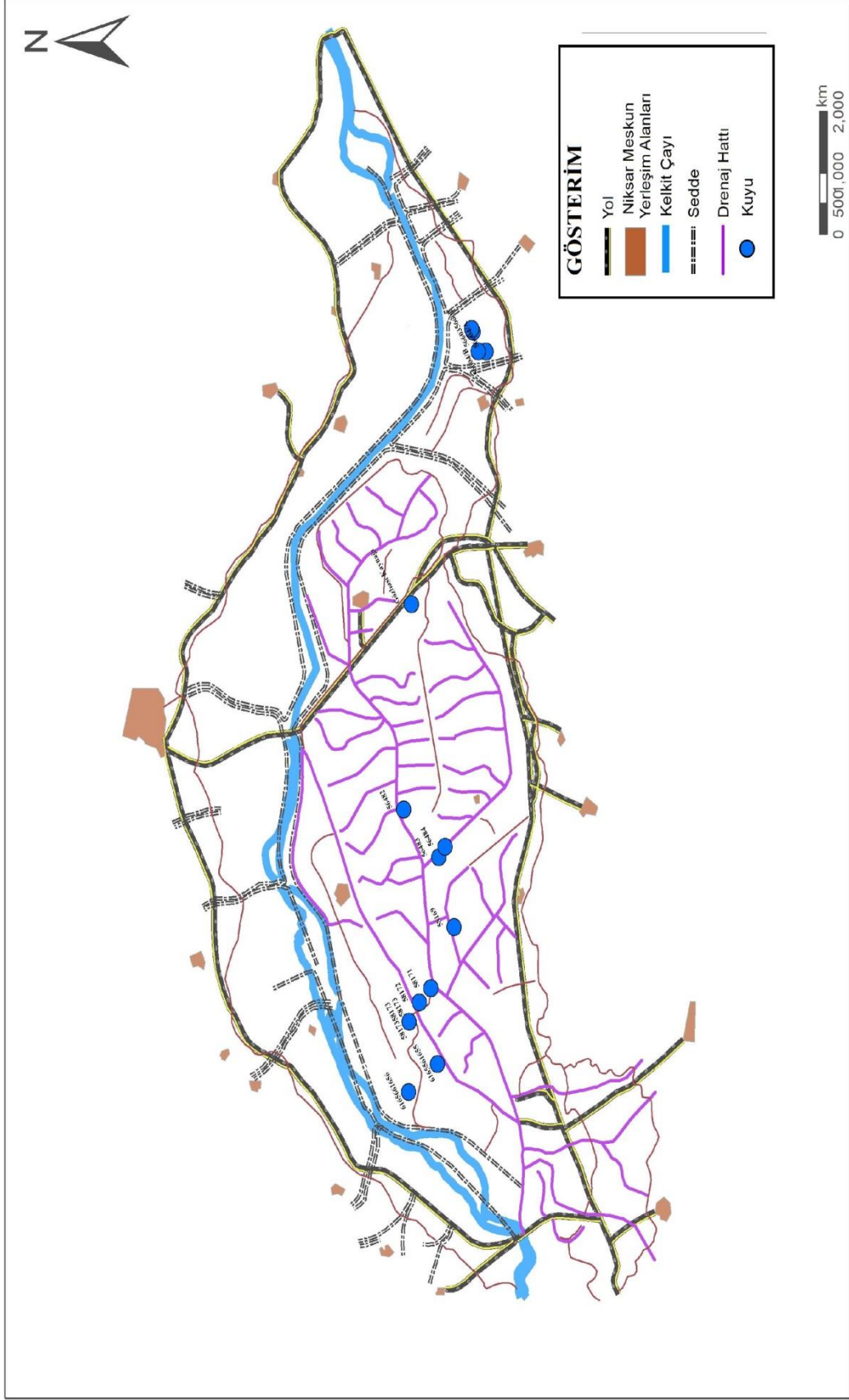
| Kuyu No        | 1      |       | 2     |       | 3     |       | 4     |       | 5     |       | 6     |       | 7     |       | 8      |        | 9      |       | 10    |       |       |
|----------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
|                | 2015   | 2017  | 2015  | 2017  | 2015  | 2017  | 2015  | 2017  | 2015  | 2017  | 2015  | 2017  | 2015  | 2017  | 2015   | 2017   | 2015   | 2017  | 2015  | 2017  |       |
| Yıllar         | 7,29   | 6,50  | 7,29  | 6,65  | 7,29  | 7,29  | 6,65  | 7,29  | 7,29  | 7,29  | 7,28  | 7,02  | 7,28  | 6,84  | 7,28   | 6,74   | 7,27   | 7,1   | 6,91  |       |       |
| Ph             | 870,00 | 620   | 704   | 700   | 900   | 320   | 100   | 100   | 540   | 540   | 1010  | 1200  | 1060  | 1500  | 1040   | 1500   | 1614   | 600   | 640   |       |       |
| Ec             | 0,79   | 2,05  | 0,75  | 1,29  | 6,18  | 4,17  | 2,45  | 4,17  | 2,05  | 2,05  | 10,83 | 4,07  | 4,73  | 2,74  | 2,29   | 1,47   | 3,22   | 1,82  | 3,65  |       |       |
| Na             | 0,13   | 0,14  | 0,18  | 0,06  | 0,13  | 0,09  | 0,13  | 0,09  | 0,14  | 0,14  | 0,33  | 0,05  | 0,16  | 0,08  | 0,79   | 0,05   | 0,73   | 0,63  | 0,04  |       |       |
| K              | 4,41   | 5,08  | 4,37  | 3,56  | 7,68  | 5,41  | 4,15  | 4,15  | 2,98  | 5,33  | 4,3   | 3,49  | 6,06  | 6,14  | 4,31   | 5,96   | 5,39   | 3,88  |       |       |       |
| Ca             | 2,09   | 5,34  | 1,97  | 3,9   | 9,41  | 6,99  | 6,99  | 9,41  | 4,32  | 13,27 | 6,42  | 6,61  | 6,5   | 6,58  | 4,97   | 7,19   | 5,27   | 8,82  |       |       |       |
| Mg             | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |       |       |
| Co3            | 6,29   | 10,43 | 6,59  | 8,34  | 13,77 | 13,86 | 13,86 | 13,77 | 6,48  | 16,05 | 13,43 | 9,13  | 14,95 | 10,01 | 7,25   | 10,01  | 14,52  | 9,98  | 25,69 |       |       |
| HCO3           | 0,27   | 0,64  | 0,28  | 0,45  | 0,77  | 0,6   | 0,6   | 0,77  | 0,67  | 2,73  | 0,92  | 1,19  | 0,64  | 1,65  | 0,42   | 2,15   | 0,78   | 1,37  |       |       |       |
| Cl             | 1,02   | 1,55  | 0,69  | 0,77  | 2,85  | 0,89  | 0,89  | 0,77  | 1,18  | 5,32  | 1,2   | 2,76  | 0,88  | 1,6   | 0,84   | 1,84   | 2,19   | 1,38  |       |       |       |
| SO4            | 0,172  | 0,004 | 0,201 | 0,221 | 0,511 | 0,271 | 0,212 | 0,271 | 0,252 | 0,531 | 0,234 | 0,282 | 0,218 | 3,653 | 0,23   | 4,95   | 0,0686 | 0,004 |       |       |       |
| NO3            | 32,48  | 52,2  | 31,69 | 37,4  | 74,06 | 55,8  | 55,8  | 74,06 | 36,53 | 93,02 | 53,7  | 50,49 | 62,9  | 46,4  | 63,60  | 46,4   | 65,74  | 53,4  | 63,6  |       |       |
| Toplam Sertlik | T2-A1  | T3-A1 | T2-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T2-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1  | T3-A1  | T3-A1  | T3-A1 | T3-A1 |       |       |
| Suyun Sınıfı   | T2-A1  | T3-A1 | T2-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T2-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1  | T3-A1  | T3-A1  | T3-A1 | T3-A1 |       |       |
| Kuyu No        | 11     | 12    | 13    | 19    | 16    | 20    | 20    | 20    | 22    | 22    | 23    | 24    | 24    | 26    | 27     | 28     | 29     | 29    | 30    |       |       |
| Yıllar         | 2017   | 2017  | 2017  | 2015  | 2017  | 2015  | 2017  | 2015  | 2015  | 2017  | 2017  | 2017  | 2017  | 2017  | 2017   | 2015   | 2017   | 2015  | 2017  | 2017  | 2017  |
| Ph             | 7      | 7,06  | 7,29  | 7,03  | 7,03  | 7,27  | 6,92  | 7,27  | 7,27  | 7,06  | 7,11  | 6,95  | 6,95  | 6,98  | 6,98   | 7,26   | 6,92   | 7,26  | 7,11  | 6,99  |       |
| Ec             | 850    | 550   | 890   | 650   | 1325  | 600   | 600   | 600   | 1522  | 1300  | 1600  | 500   | 500   | 530   | 1650   | 320    | 300    | 1805  | 1600  | 1300  |       |
| Na             | 2,61   | 2,78  | 4,91  | 1,24  | 0,93  | 2,11  | 1,47  | 2,11  | 25,48 | 2,14  | 4,38  | 2,78  | 4,28  | 6,75  | 85,02  | 30,58  | 3,76   | 2,68  | 1,35  |       |       |
| K              | 0,09   | 0,08  | 0,03  | 0,07  | 0,31  | 0,16  | 0,06  | 0,16  | 0,23  | 0,16  | 0,09  | 0,09  | 0,09  | 0,04  | 0,42   | 0,24   | 0,11   | 0,43  | 0,14  |       |       |
| Ca             | 4,02   | 3,79  | 2,07  | 4,97  | 2,89  | 3,93  | 6,13  | 3,93  | 5,35  | 5,55  | 3,18  | 5,56  | 3,84  | 3,36  | 6,04   | 32,8   | 5,1    | 9,83  | 7,44  |       |       |
| Mg             | 6,18   | 6     | 8,15  | 4,7   | 2,6   | 3,82  | 5,61  | 3,82  | 5,79  | 6,4   | 12,44 | 6,07  | 11,73 | 16,95 | 17,52  | 57,21  | 7,39   | 10,24 | 7,14  |       |       |
| Co3            | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |       |       |
| HCO3           | 10,01  | 9,15  | 16,14 | 10,49 | 4,86  | 6,11  | 11,36 | 6,11  | 8,75  | 15,97 | 17,34 | 12,04 | 15,4  | 17,89 | 14,74  | 12,92  | 10,12  | 28,08 | 7,23  |       |       |
| Cl             | 0,52   | 0,54  | 0,97  | 0,72  | 0,49  | 0,97  | 0,74  | 0,97  | 17,05 | 1,06  | 0,86  | 0,96  | 0,86  | 1,41  | 56,7   | 5,63   | 1,18   | 1,08  | 0,45  |       |       |
| SO4            | 2,57   | 2,6   | 4,53  | 4,29  | 1,25  | 1,71  | 6,65  | 1,71  | 6,61  | 2,25  | 3,56  | 2,41  | 4,66  | 7,4   | 20,37  | 98,45  | 3,24   | 0,88  | 8,02  |       |       |
| NO3            | 0,004  | 0,208 | 0,506 | 0,422 | 0,141 | 0,361 | 0,482 | 0,361 | 0,481 | 0,442 | 0,416 | 0,004 | 0,004 | 0,434 | 1,002  | 0,929  | 0,261  | 0,004 | 0,272 |       |       |
| Toplam Sertlik | 51,1   | 49    | 51,2  | 48,4  | 27,44 | 38,76 | 58,7  | 38,76 | 55,75 | 59,9  | 78,2  | 58,2  | 78    | 101,7 | 117,78 | 450,06 | 62,43  | 100,5 | 73    |       |       |
| Suyun Sınıfı   | T3-A1  | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T2-A1 | T2-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T4-A2 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1  | T4-A3  | T4-A1  | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 | T3-A1 |

Çizelge 4.3. Çalışma alanı 31-66 No.lu taban suyu gözlem kuyularının 2015 ve 2017 yılları su kalite analizleri

| Kuyu No        | 31          |             | 32          |             | 33          |             | 34          |             | 51          |             | 52          |             | 53          |             | 54          |             | 55          |             | 56          |             |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                | 2015        | 2017        | 2015        | 2017        | 2015        | 2017        | 2015        | 2017        | 2015        | 2017        | 2015        | 2017        | 2015        | 2017        | 2015        | 2017        | 2015        | 2017        | 2015        | 2017        |
| Ph             | 7,26        | 7,17        | 7,26        | 7,53        | 7,25        | 7,29        | 7,25        | 7,25        | 7,29        | 7,14        | 7,56        | 7,25        | 7,35        | 7,39        | 7,24        | 7,41        |             |             |             |             |
| Ec             | 780         | 780         | 780         | 780         | 780         | 780         | 780         | 780         | 780         | 780         | 780         | 780         | 780         | 780         | 780         | 780         |             |             |             |             |
| Na             | 105,66      | 14,29       | 134,98      | 252,43      | 9,18        | 43,17       | 115,27      | 43,17       | 43,17       | 2,46        | 4,55        | 7,43        | 32,66       | 14,02       | 6,56        | 9,56        |             |             |             |             |
| K              | 0,35        | 0,03        | 0,32        | 0,06        | 0,78        | 0,16        | 0,3         | 0,16        | 0,16        | 0,12        | 0,02        | 0,47        | 0,06        | 0,03        | 0,08        | 0,1         |             |             |             |             |
| Ca             | 6,15        | 2,42        | 2,49        | 5,45        | 10,95       | 27,68       | 3,07        | 3,07        | 27,68       | 5,13        | 1,31        | 7,87        | 3,99        | 2,82        | 5,62        | 1,87        |             |             |             |             |
| Mg             | 19,68       | 4,347       | 21,35       | 45,97       | 15,4        | 77,44       | 19,49       | 77,44       | 77,44       | 5,79        | 11,02       | 11,68       | 33,57       | 4,57        | 4,7         | 6,61        |             |             |             |             |
| Co3            | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |             |             |             |             |
| HCO3           | 17,62       | 15,61       | 26,68       | 36,13       | 25,64       | 16,86       | 24,75       | 16,86       | 16,86       | 9,79        | 12,65       | 14,48       | 20,06       | 14,17       | 6,29        | 23,57       |             |             |             |             |
| Cl             | 10,59       | 1,62        | 97,26       | 61,99       | 3,72        | 3,48        | 83,87       | 3,48        | 3,48        | 0,87        | 0,72        | 3,66        | 15,45       | 1,61        | 0,77        | 1,34        |             |             |             |             |
| SO4            | 25,49       | 2,8         | 29,24       | 52,12       | 0,93        | 89,33       | 25,05       | 89,33       | 89,33       | 3,21        | 2,85        | 4,01        | 15,68       | 3,07        | 5,75        | 2,74        |             |             |             |             |
| NO3            | 0,97        | 0,435       | 0,272       | 0,004       | 0,481       | 13,305      | 0,288       | 13,305      | 13,305      | 0,593       | 0,266       | 0,481       | 2,307       | 0,443       | 0,26        | 0,236       |             |             |             |             |
| Toplam Sertlik | 129,15      | 34          | 119,22      | 257,5       | 134,73      | 526,3       | 112,81      | 526,3       | 526,3       | 54,7        | 61,7        | 97,75       | 188         | 37          | 51,57       | 42,5        |             |             |             |             |
| Suyun Sınıfı   | T4-A4       | T3-A1       | T4-A4       | T4-A4       | T4-A1       | T4-A1       | T4-A4       | T4-A1       | T4-A1       | T3-A1       | T3-A1       | T3-A1       | T3-A1       | T3-A1       | T3-A1       | T3-A1       |             |             |             |             |
| <b>Kuyu No</b> | <b>57</b>   | <b>58</b>   | <b>59</b>   | <b>60</b>   | <b>61</b>   | <b>62</b>   | <b>63</b>   | <b>64</b>   | <b>65</b>   | <b>66</b>   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>Yıllar</b>  | <b>2015</b> | <b>2017</b> | <b>2015</b> | <b>2017</b> | <b>2015</b> | <b>2017</b> | <b>2015</b> | <b>2017</b> | <b>2015</b> | <b>2017</b> | <b>2015</b> | <b>2017</b> | <b>2015</b> | <b>2017</b> | <b>2015</b> | <b>2017</b> | <b>2015</b> | <b>2017</b> | <b>2015</b> | <b>2017</b> |
| Ph             | 7,24        | 7,24        | 7,12        | 7,24        | 7,28        | 6,79        | 7,23        | 6,79        | 6,79        | 7,23        | 7,47        | 7,16        | 7,23        | 7,23        | 7,22        | 7,22        |             |             |             |             |
| Ec             | 610         | 260         | 300         | 710         | 300         | 320         | 960         | 320         | 320         | 600         | 800         | 452         | 620         | 620         | 728         | 605         |             |             |             |             |
| Na             | 1,29        | 1,43        | 13,86       | 1,42        | 1,81        | 6,39        | 0,96        | 6,39        | 6,39        | 3,11        | 20,65       | 3,69        | 2,74        | 11,65       | 28,31       | 5,3         |             |             |             |             |
| K              | 0,13        | 0,17        | 0,11        | 0,16        | 0,08        | 0,44        | 0,21        | 0,44        | 0,44        | 0,04        | 0,05        | 0,04        | 0,07        | 0,18        | 0,41        | 0,19        |             |             |             |             |
| Ca             | 4,08        | 4,23        | 6,52        | 3,91        | 3,06        | 5,42        | 2,87        | 5,42        | 5,42        | 4,58        | 1,61        | 4,86        | 4,32        | 5,96        | 11,42       | 5,46        |             |             |             |             |
| Mg             | 3,57        | 4,18        | 14,36       | 3,96        | 4,77        | 8,95        | 2,71        | 8,95        | 8,95        | 3,42        | 1,9         | 2,88        | 2,96        | 7,08        | 17,9        | 3,61        |             |             |             |             |
| Co3            | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |             |             |             |             |
| HCO3           | 6,85        | 6,42        | 25,96       | 8,43        | 7,18        | 21,02       | 12,02       | 21,02       | 21,02       | 6,8         | 19,68       | 10,04       | 8,69        | 4,56        | 18,07       | 7,83        |             |             |             |             |
| Cl             | 0,56        | 0,58        | 1,94        | 0,56        | 0,52        | 1,09        | 0,42        | 1,09        | 1,09        | 0,42        | 1           | 0,47        | 0,56        | 1,6         | 3,94        | 0,94        |             |             |             |             |
| SO4            | 1,17        | 1,44        | 896,42      | 1,53        | 1,98        | 0,71        | 0,82        | 0,71        | 0,71        | 1,75        | 3,48        | 1,43        | 1,66        | 7,01        | 18,2        | 2,91        |             |             |             |             |
| NO3            | 0,348       | 0,241       | 0,004       | 0,272       | 0,222       | 0,004       | 0,793       | 0,004       | 0,004       | 0,11        | 0,417       | 0,233       | 0,271       | 0,004       | 0,962       | 0,483       |             |             |             |             |
| Toplam Sertlik | 38,26       | 42,01       | 104,6       | 39,34       | 39,2        | 71,9        | 27,88       | 71,9        | 71,9        | 40          | 17,5        | 38,7        | 36,4        | 65,21       | 146,61      | 45,34       |             |             |             |             |
| Suyun Sınıfı   | T2-A1       | T2-A1       | T3-A1       | T2-A1       | T3-A1       | T3-A1       | T2-A1       | T3-A1       | T3-A1       | T4-A1       | T3-A2       | T3-A1       | T4-A1       | T3-A1       | T4-A1       | T3-A1       |             |             |             |             |

Çizelge 4.4. Çalışma alanı 67-89 No.lu taban suyu gözlem kuyularının 2015 ve 2017 yılları su kalite analizleri

| Kuyu No        | 67        |       | 68        |       | 69        |       | 70        |       | 72        |       | 73        |       | 74        |       | 75        |       | 76        |       | 77    |       |
|----------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-------|-------|
|                | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015  | 2017  |
| Ph             | 7,22      | 7,33  | 7,22      | 7,21  | 7,21      | 7,09  | 7,21      | 7,07  | 7,22      | 7,22  | 7,21      | 7,07  | 7,22      | 7,22  | 7,2       | 7     | 7,2       | 7,2   | 7,2   | 7,2   |
| Ec             | 612       | 612   | 612       | 612   | 612       | 612   | 612       | 612   | 612       | 612   | 612       | 612   | 612       | 612   | 612       | 612   | 612       | 612   | 612   | 612   |
| Na             | 5,23      | 15,34 | 6,84      | 7,25  | 5,95      | 2,87  | 5,6       | 5,21  | 8,31      | 8,31  | 5,6       | 5,21  | 8,31      | 8,31  | 5,94      | 3,05  | 6,65      | 6,65  | 2,11  | 2,11  |
| K              | 0,19      | 0,03  | 0,21      | 0,34  | 0,32      | 0,02  | 0,23      | 0,16  | 0,05      | 0,05  | 0,23      | 0,16  | 0,05      | 0,05  | 0,25      | 0,03  | 0,24      | 0,24  | 0,18  | 0,18  |
| Ca             | 5,52      | 2,47  | 6,38      | 7,56  | 9,05      | 3,68  | 8,98      | 5,45  | 4,62      | 4,62  | 8,98      | 5,45  | 4,62      | 4,62  | 8,26      | 5,02  | 7,56      | 7,56  | 7,4   | 7,4   |
| Mg             | 3,59      | 1,94  | 4,49      | 4,78  | 5,29      | 1,35  | 6,14      | 4,05  | 2,71      | 2,71  | 6,14      | 4,05  | 2,71      | 2,71  | 5,86      | 3,63  | 6,05      | 6,05  | 4,71  | 4,71  |
| Co3            | 0         | 0     | 0         | 0     | 0         | 0     | 0         | 0     | 0         | 0     | 0         | 0     | 0         | 0     | 0         | 0     | 0         | 0     | 0     | 0     |
| HCO3           | 7,59      | 17,91 | 10,44     | 7,96  | 8,18      | 6,51  | 8,61      | 11,96 | 12,77     | 12,77 | 8,61      | 11,96 | 12,77     | 12,77 | 10,71     | 9,92  | 9,72      | 9,72  | 8,68  | 8,68  |
| Cl             | 0,93      | 0,95  | 0,99      | 1,78  | 1,78      | 0,46  | 1,79      | 0,43  | 0,57      | 0,57  | 1,79      | 0,43  | 0,57      | 0,57  | 1,72      | 0,53  | 1,69      | 1,69  | 0,67  | 0,67  |
| SO4            | 3,02      | 2,94  | 3,19      | 4,54  | 4,84      | 1,4   | 4,11      | 1,26  | 4,05      | 4,05  | 4,11      | 1,26  | 4,05      | 4,05  | 3,58      | 1,97  | 3,47      | 3,47  | 2,43  | 2,43  |
| NO3            | 0,481     | 0,418 | 0,491     | 1,07  | 0,962     | 0,306 | 1,002     | 0,227 | 0,208     | 0,208 | 1,002     | 0,227 | 0,208     | 0,208 | 1,021     | 0,27  | 1,082     | 1,082 | 0,262 | 0,262 |
| Toplam Sertlik | 45,54     | 22,1  | 54,36     | 61,69 | 71,69     | 25,2  | 75,6      | 47,5  | 36,7      | 36,7  | 75,6      | 47,5  | 36,7      | 36,7  | 70,59     | 43,3  | 68,07     | 68,07 | 60,58 | 60,58 |
| Suyun Sınıfı   | T4-A1     | T3-A2 | T3-A1     | T4-A1 | T4-A1     | T2-A1 | T4-A1     | T3-A1 | T3-A1     | T3-A1 | T4-A1     | T3-A1 | T3-A1     | T3-A1 | T4-A1     | T3-A1 | T4-A1     | T4-A1 | T3-A1 | T3-A1 |
| <b>Kuyu No</b> | <b>78</b> |       | <b>79</b> |       | <b>80</b> |       | <b>81</b> |       | <b>82</b> |       | <b>83</b> |       | <b>85</b> |       | <b>86</b> |       | <b>89</b> |       |       |       |
| Yıllar         | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015      | 2017  | 2015  | 2017  |
| Ph             | 7,2       | 6,93  | 7,19      | 6,98  | 7,19      | 6,84  | 7,19      | 7,19  | 7,19      | 7,11  | 7,19      | 7,11  | 7,11      | 7,11  | 7,18      | 7,16  | 7,18      | 7,18  | 7,25  | 7,18  |
| Ec             | 1160      | 1000  | 410       | 520   | 1360      | 1000  | 1410      | 1000  | 1000      | 650   | 1410      | 1000  | 650       | 650   | 1510      | 1230  | 1011      | 912   | 906   | 500   |
| Na             | 2,16      | 1,82  | 3,17      | 1,77  | 3,23      | 6,59  | 1,7       | 3,61  | 1,8       | 1,8   | 1,7       | 3,61  | 1,8       | 1,8   | 4,37      | 0,587 | 1,78      | 11,51 | 0,61  | 4,66  |
| K              | 0,21      | 0,1   | 0,34      | 0,77  | 1,18      | 0,29  | 0,24      | 0,39  | 0,83      | 0,83  | 0,24      | 0,39  | 0,83      | 0,83  | 0,39      | 0,04  | 0,27      | 0,38  | 0,09  | 0,3   |
| Ca             | 8,06      | 6,18  | 13,34     | 6,82  | 10,86     | 10,31 | 7,07      | 9,13  | 6,84      | 6,84  | 7,07      | 9,13  | 6,84      | 6,84  | 9,03      | 4,58  | 7,2       | 6,31  | 5,08  | 9,69  |
| Mg             | 5,1       | 3,87  | 7,95      | 3,25  | 4,71      | 8,71  | 3,23      | 6,72  | 3,21      | 3,21  | 3,23      | 6,72  | 3,21      | 3,21  | 6,94      | 1,67  | 3,12      | 2,45  | 1,37  | 5,32  |
| Co3            | 0         | 0     | 0         | 0     | 0         | 0     | 0         | 0     | 0         | 0     | 0         | 0     | 0         | 0     | 0         | 0     | 0         | 0     | 0     | 0     |
| HCO3           | 8,6       | 9,57  | 9,56      | 9,57  | 7,41      | 16,99 | 7,12      | 7,26  | 10,59     | 10,59 | 7,12      | 7,26  | 10,59     | 10,59 | 77,98     | 6,84  | 6         | 7,89  | 58,86 | 7,92  |
| Cl             | 0,66      | 0,48  | 1,84      | 0,56  | 2,69      | 2,45  | 0,97      | 2,05  | 0,57      | 0,57  | 0,97      | 2,05  | 0,57      | 0,57  | 2,18      | 0,46  | 0,97      | 2     | 0,4   | 1,73  |
| SO4            | 2,58      | 2,03  | 5,28      | 2,48  | 4,05      | 7,07  | 2,12      | 4,02  | 2,22      | 2,22  | 2,12      | 4,02  | 2,22      | 2,22  | 1,36      | 0,85  | 3,6       | 4,65  | 1,16  | 4,34  |
| NO3            | 0,498     | 0,223 | 0,971     | 0,212 | 0,961     | 0,415 | 0,491     | 1,022 | 0,322     | 0,322 | 0,491     | 1,022 | 0,322     | 0,322 | 1,051     | 0,237 | 0,482     | 0,981 | 0,244 | 1,001 |
| Toplam Sertlik | 65,84     | 50,3  | 106,44    | 50,4  | 77,85     | 92,5  | 51,49     | 79,26 | 50,3      | 50,3  | 51,49     | 79,26 | 50,3      | 50,3  | 79,85     | 31,3  | 51,57     | 43,79 | 32,3  | 75,05 |
| Suyun Sınıfı   | T3-A1     | T3-A1 | T4-A1     | T3-A1 | T4-A1     | T3-A1 | T3-A1     | T4-A1 | T3-A1     | T3-A1 | T3-A1     | T4-A1 | T3-A1     | T3-A1 | T4-A1     | T2-A1 | T3-A1     | T3-A1 | T2-A1 | T4-A1 |



Şekil 4.28. Sondaj kuyuların çalışma alanındaki yerleşimini gösterir harita



Sondaj kuyularının verileri incelendiğinde pH değerlerinin 6.7-8.3 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. En yüksek pH değeri 56604/B kuyusunda ölçülmüştür. En düşük pH değeri 58571 No.lu kuyuda ölçülmüştür. (Ek-28).

Sulama sularında sodyum zararının belirlenmesinde kullanılan SAR (Sodyum Adsorpsiyon Oranı) değerleri, çalışma alanındaki sondaj kuyularında 0.23-3.30 arasında değişmektedir (Ek-12).

Çalışma alanında yapılan değerlendirmelerde RSC değerleri 0.60-2.20 arasında değişmektedir ve yoğunlaşma bölgeleri haritalanmıştır (Ek-13). EC değerlerinde ise 510-1118 microhos/cm değerleri arasında ölçümler alınmış olup su kalite sınıfları C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> ve C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> olarak belirlenmiştir. 2 kuyunun dışında kalan tüm kuyular C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> sınıfındadır (Ek-10, Ek-11, Ek-27). Yağışlı dönemde yeraltı suyuna yüzeyden sızma dolayısıyla, zemin yapısında çözünebilir bileşiklerin C<sub>3</sub>S<sub>2</sub> sınıfında bulunan 56483 No.lu kuyu ve 56604 No.lu sondaj kuyularına etki ettiği anlaşılmaktadır. Bu iki kuyunun kirletici önlemleri alınana kadar, sodyuma duyarlı olan bitki yetiştirilmesinde ve hayvanların sulanmasında işlem den geçirilmeden kullanılmasının uygun olmadığı değerlendirilmiştir.

Sertlik parametreleri incelendiğinde 14-48.75 gibi değişen bir aralık vermektedir (Ek-15). Potasyum (K) değerlerindeki değişim 0.01-0.28 mEq/L aralığındadır (Ek-16). Amanyok (NH<sub>4</sub>) değerleri 0-0.54 mg/lt aralığında ölçülmüştür (Ek-17). Organik madde içeriği 0-0.83 mgO<sub>2</sub>/l (Ek 18), bikarbonat (HCO<sub>3</sub>) değerleri 2.75-9.5 mEq/L arasında (Ek-19), kalsiyum (Ca) değerleri 1.35-4.5 mEq/L aralığında tespit edilmiştir (Ek-20).

Karbonat (CO<sub>3</sub>) değerleri 0-1.2 mEq/L (Ek-21), sülfat (SO<sub>4</sub>) değerleri 0.05-2.25 mEq/L aralığında ölçülmüştür (Ek-22). Klor (Cl) değerleri 0.18-0.76 mEq/L (Ek-23), sodyum (Na) değerleri 0.35-3.9 mEq/L aralığında ölçülmüştür (Ek-24). Nitrat değerleri 0-27.28 mg/lt aralığında ölçülmüştür (Ek-25). % Na değerleri ise 6.5-69.25 aralığında ölçülmüştür (Ek-26). Tüm bu su kalite parametrelerinin çalışma alanı içerisindeki

dağılımı haritalanmıştır. Ayrıca, Ek-10'da 18 Sondaj kuyusunun bilgi kartları ve analiz sonuçları çizelge halinde verilmiştir.

Analiz sonuçlarının toplu olarak bir arada değerlendirilmesi için her bir kuyu için pasta grafikler oluşturulmuştur (Ek-7).

Bölgede bulunan su kaynaklarının çalışma alanımızda bulunan sondaj kuyuları ile kimyasal ve fiziksel bir benzerliklerinin olup olmadığı, su kaynakları arasındaki kalite ve benzerliklerin tespiti için bölgeyi kapsayacak şekilde farklı tarihlerde alınan su kalite analizleri çalışma kuyuları ile birlikte değerlendirilerek ilişkilerine bakılmıştır. Farklı bir durum tespit edilememiştir.

Sondaj kuyularının sulama suyu kalitesi açısından kullanılabilir değerlerde olduğu görülmektedir.

#### *Taban suyu gözlem kuyularının reaksiyon (pH) değerleri*

Niksar Ovası'nda bulunan taban suyu gözlem kuyularının pH değerlerinin 6.79-7.56 aralığında olduğu ölçülmüştür. En düşük değer 2017 yılında 60 no.lu kuyuda, en yüksek değer ise 53 no.lu taban suyu gözlem kuyusunda 7.56 olarak ölçülmüştür. Sulama suyunda pH değeri 8.2'den büyük ise karbonat miktarının yüksek olmaması beklenmektedir. pH değerinin 9'dan büyük olması durumunda kalsiyum ve magnezyum toplamalarının 2'den küçük olması beklenmektedir (Ca+Mg <2 meq/l ). Çalışma alanında böyle bir duruma rastlanılmamıştır (Şekil 4.30).

#### *Taban suyu gözlem kuyularının elektriksel iletkenlik (EC) değerleri*

Çalışma alanında 2009-2017 yılları arasında DSİ VII Bölge Müdürlüğüne Niksar Ovası Taban Suyu Raporu hazırlanmaktadır. Rapor içeriği Eylül-Ekim aylarını kapsayacak şekilde taban suyu rasat formlarını, bitki desenini ve sulamanın en yoğun olduğu ayda kuyuların bütününe içeren EC değerlerini içermektedir. Ekim ayında ise tüm kuyulardan alınan numuneler analiz laboratuvarına gönderilerek kalite değerleri

ölçülmektedir. Sulamanın en yoğun olduğu ayda alınan EC değerleri ile 2015 ve 2017 yılları arasında yapılan analizlerdeki EC değerleri arasındaki farklar nedeniyle, 2009-2017 yılları arasında sulamanın en yoğun olduğu ayda yapılan ölçümlerde belirtilen EC değerleri temel alınmıştır. Araştırma alanındaki kuyuların 44 tanesinde (% 64) 10 yıllık periyotta EC değerinde artış, 24 kuyuda (% 36) ise azalış tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda giderek artan konsantrasyona dikkat etmek ve gerekli tedbirleri almak gerekmektedir (Şekil 4.32).

#### *Taban suyu gözlem kuyularının sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değerleri*

Sular az sodyumlu sular sınıfında çıkmaktadır. 2015 ve 2017 yılları arasındaki analizler incelendiğinde (Şekil 4.29 ) en yüksek değer 32 no.lu kuyuda 2017 yılı için 49.78 olarak hesaplanmıştır. 27, 31, 34 no.lu kuyularda 2015 yılı sodyum değerleri 20-35 aralığında iken bu değerler 2017 de 4.5-5.95 aralığında hesaplanmıştır. Birbirine yakın bu kuyuların diğer kalite değerlerinde ciddi bir değişim tespit edilmiştir. Bu sorunlu sağ sahilde, ırmak yatağına ve yerleşim yerlerine yakın kuyular olduğu ortaya çıkmaktadır. Sorunun drenaj şartlarına bağlı olduğu kadar, kanalizasyon katı atık süzüntü suyu vb. insan faktörlerinin varlığı etkili olabilmektedir. 25, 26, 27, 29, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 52, 53, 54, 55, 56, 86 no.lu kuyular aynı bölgede birbirine yakın ve paralel olarak yerleştirilmiştir. Kuyuların bulunduğu sağ sahil alanı riski alan olarak belirlenmiştir.

Taban suyu gözlem kuyularında (46 kuyu), yapılan analiz sonuçlarına göre 2015 yılında kuyuların su kalite sınıflarının % 34.78'i C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>, % 39.13'ü C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>, % 13.04'ü C<sub>2</sub>S<sub>2</sub>, % 4.35'i C<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, % 2.17'si C<sub>2</sub>S<sub>3</sub> ve C<sub>3</sub>S<sub>2</sub> 'dır. 2017 yılında kuyuların su kalite sınıflarının % 47.83'i C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>, % 43.48'i C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>, % 6.52'si C<sub>2</sub>S<sub>2</sub>, % 2.17 C<sub>3</sub>S<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>S<sub>4</sub> ve C<sub>1</sub>S<sub>1</sub> sınıflarında olduğu tespit edilmiştir. Su kalite sınıfı çoğunlukla sınıf C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> ve C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>'dir (Richards, 1954).

#### *Taban suyu gözlem kuyularının kalıcı sodyum karbonat (RSC) değerleri*

RSC değerleri, Na zararı olasılığının varlığı için önemlidir (-) değer Na zararı olasılığının olmadığını bir göstergesidir. Kuyular arası RSC dağılımı Şekil 4.31

gösterilmiştir. Çalışma alanında en yüksek RSC değeri 2015 yılında 83 no.lu kuyuda 62.01 meq/l olarak hesaplanmıştır. En düşük değer ise -88.26 meq/l ile 2017 yılında 83 no.lu kuyu olarak hesaplanmıştır. 83 no.lu kuyunun 2017 yılında RSC hesabı 0.59 meq/l olması bu süre içinde değerler arasının bu kadar farklılık göstermesi, aynı durumun diğer kuyuların bazılarında olması uygun şartlarda laboratuvara ulaşmadığı kanaatini doğurmuştur. Kuyular arası RSC (meq/l) Şekil 4.31’de gösterilmiştir.

#### *Taban suyu gözlem kuyularının SO<sub>4</sub> konsantrasyonu değerleri*

Taban suyu izleme kuyuların 2015 ve 2017 yıllarında yapılan analizlerde sülfat konsantrasyonu 0.69-896.42 mg/l aralığında ölçülmüştür (Şekil 4.38). Eaton et al. (1950)’e göre SO<sub>4</sub> konsantrasyonunun en yüksek olduğu kuyu 58 no.lu kuyu, en düşük olduğu kuyu ise 2 no.lu kuyu olarak ölçülmüştür. Çalışma alanında SO<sub>4</sub> konsantrasyonu değerlerine göre 58 no.lu kuyu dışındaki tüm kuyular 1. sınıfa, 58 no.lu kuyu 2. sınıfa girmektedir (Şekil 4.38).

#### *Taban suyu gözlem kuyularının %Na değerleri*

Sodyum yüzdesi (%Na), Wilcox 1955’e göre ( < 20 Mükemmel, 20-40 iyi, 40-60 İzin verilebilir, 60-80 Şüpheli, > 80 Uygun değil) taban suyu gözlem kuyularının % Na değerleri hesaplandığında; 28, 31, 32, 34, 61, 67 no.lu kuyuların en yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. 78-85.30 meq/l arasında değişen değerler hesaplanmıştır. % Na oranının en düşük olduğu kuyular 8.40-11.29 aralığında 2, 16, 20, 30, 83, 89 no.lu kuyulardır. Kuyuların çoğu % Na izin verilebilir limitler içindedir. 31, 32, 34, 61 kuyular bu sınıflamaya göre uygun değildir (Şekil 4.35).

#### *Taban suyu gözlem kuyularının potansiyel tuzluluk (PS) değerleri*

Yapılan hesaplamada en yüksek değer 450 meq/l olarak 2017 yılında 58 no.lu kuyu, 2015 yılında ise 111.88 meq/l ile 32 no.lu kuyudur. PS sınıflandırmaya göre uygun PS değerinin 3 den küçük olması beklenmektedir (Doneen, 1962). Taban suyu izleme kuyularının 2015 yılı analiz verilerine göre yapılan PS değerlerinin % 43.5’u uygun

sınıfta değildir ve tuzluluk potansiyeli taşımaktadır. % 56.5'i ise, 3 den küçük olarak uygun sınıfta bulunmaktadır. 2017 yılı analiz verilerine göre yapılan PS değerlerinin % 24'ü uygun sınıfta değildir. % 76'sı ise, 3'ten küçük olarak uygun sınıfta bulunmaktadır (Şekil 4.39).

#### *Taban suyu gözlem kuyularının magnezyum oranı (MR) değerleri*

En yüksek magnezyum oranı değeri 32 no.lu kuyuda 2015 yılı için 89.56 meq/l olarak hesaplanmıştır. En düşük magnezyum oranı ise 2017 yılında 89 no.lu kuyuda 21.24 meq/l hesaplanmıştır. Taban suyu izleme kuyularının 2015 yılı analiz verilerine göre yapılan MR değerlerinin % 43.5'i uygun sınıfta değildir. Kuyuların % 56.5'i ise MR sınıflamasında uygun sınıfta girmektedir. 2017 yılı analiz verilerine göre yapılan MR değerlerinin % 61'i uygun sınıfta değildir. Kuyuların % 39'u ise MR sınıflamasında uygun sınıfa girmektedir (Şekil 4.33).

#### *Taban suyu gözlem kuyularının Kelly İndeksi (KI) değerleri*

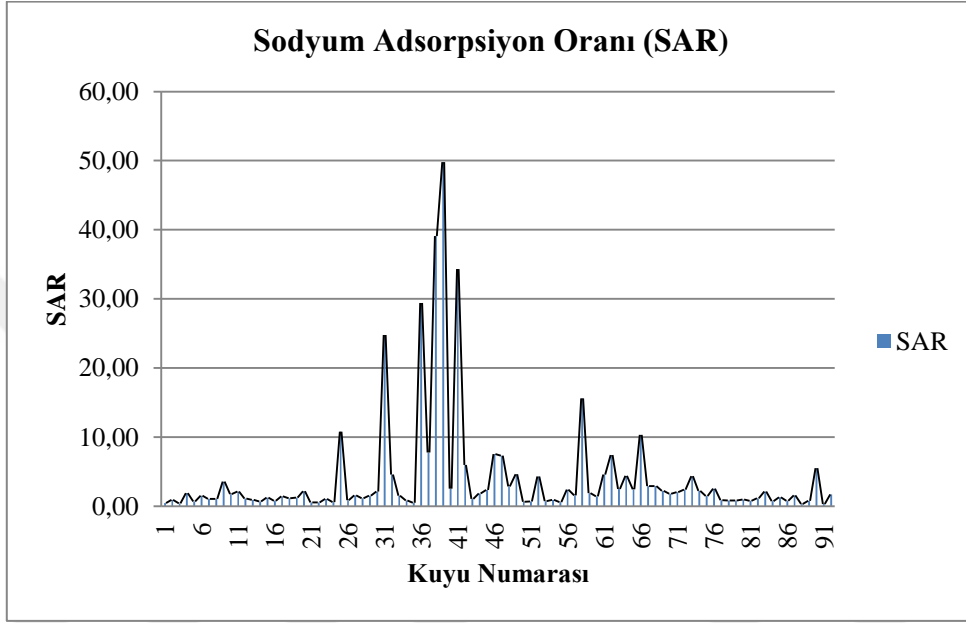
Kelly indeksinin (KI) 1'den büyük değeri, sudaki aşırı sodyumu göstermektedir. Kelly oranı 1'den az olan su, sulama için uygun kabul edilir. En yüksek Kelly indeksi değeri 61 no.lu kuyuda 2017 yılı için 5.88 meq/l olarak, en düşük Kelly indeksi ise 2015 yılında 0.12 meq/l hesaplanmıştır. Taban suyu izleme kuyularının 2015 yılı analiz verilerine göre hesaplanan Kelly değerlerinin % 13'ü ve uygun sınıfta değildir. % 87'i ise uygun sınıfa girmektedir. 2017 yılı analiz verilerine göre hesaplanan Kelly indeksi değerlerine göre kuyuların % 15.2'si uygun sınıfta değildir. % 84.8'i ise, uygun sınıfa girmektedir (Şekil 4.34).

#### *Taban suyu gözlem kuyularının toplam çözünmüş madde miktarı (TDS) değerleri*

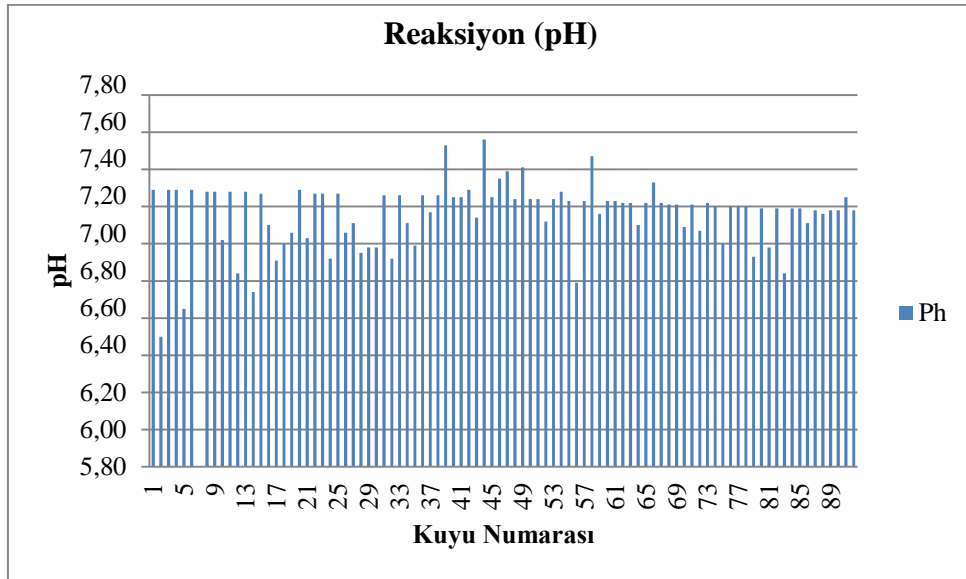
Kuyuların % 95'i <1000 mg/l TDS olduğundan tatlı su sınıfında yer almaktadır (Wilcox. 1955; Catroll, 1962). En yüksek değer 29 no.lu kuyuda 1 155 olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.36'da 2015 ve 2017 yıllarındaki TDS değerleri gösterilmiştir (Şekil 4.36).

### Toplam sertlik (TH) değerleri

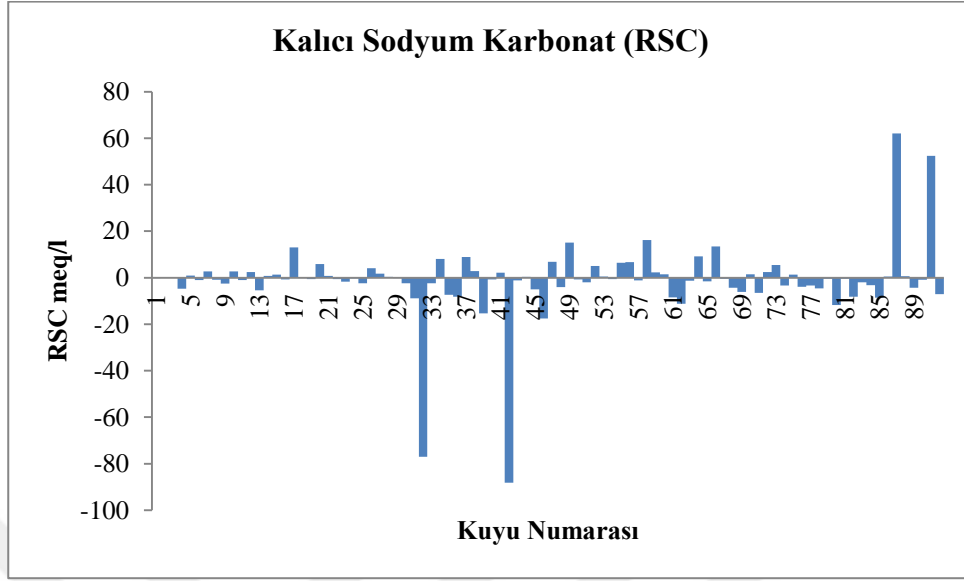
Suların tüm kullanım amaçları için önemli bir kalite kriteridir (McCartly, 1967; Todd, 1980). En yüksek değer 2017 yılında 51 no.lu kuyu da 387.78 mg/l CaCO<sub>3</sub> olarak hesaplanmıştır. Suların % 91'i tatlı su sınıfındadır (şekil.4.37).



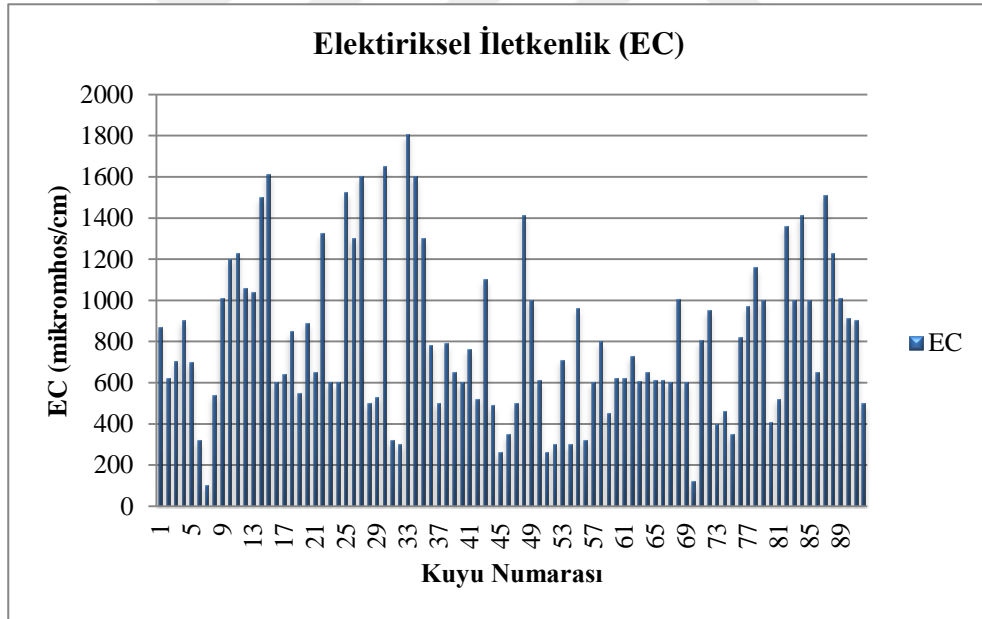
şekil 4.29. 1-89 numaralı gözlem kuyularının sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değerleri



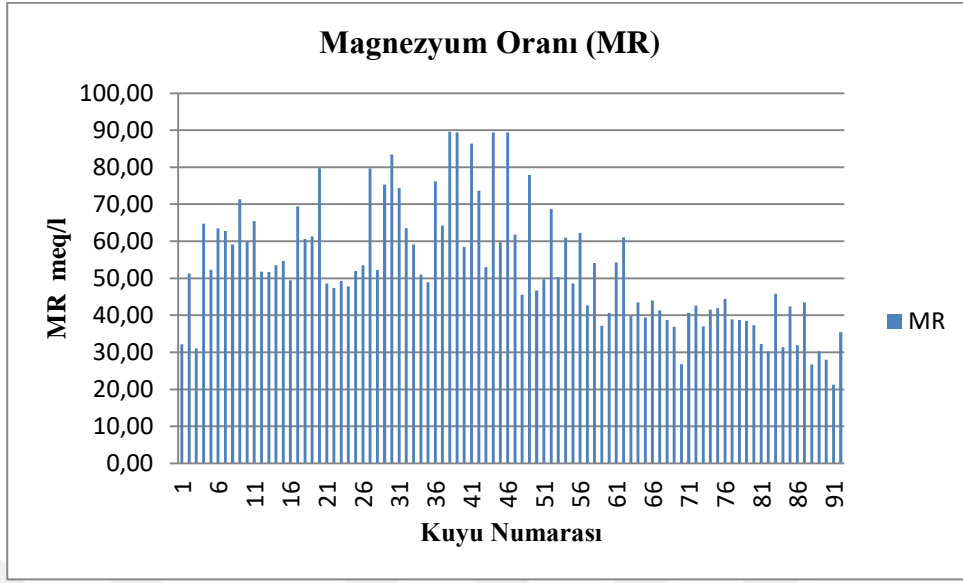
şekil 4.30. 1-89 numaralı gözlem kuyularının pH değerleri



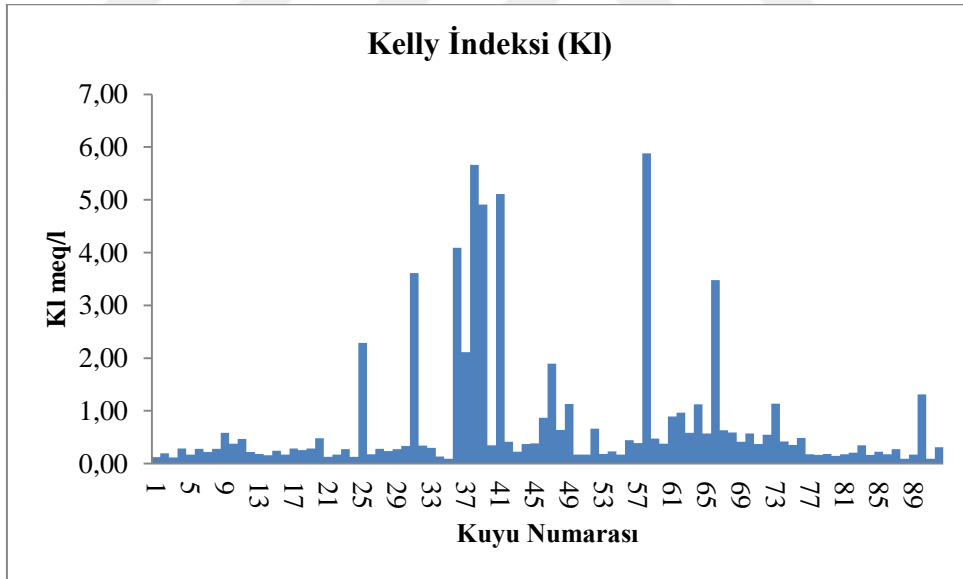
Şekil 4.31. 1-89 numaralı gözlem kuyularının kalıcı sodyum karbonat oranı (RSC)



Şekil 4.32. 1-89 numaralı gözlem kuyularının elektriksel iletkenlik (EC) değerleri

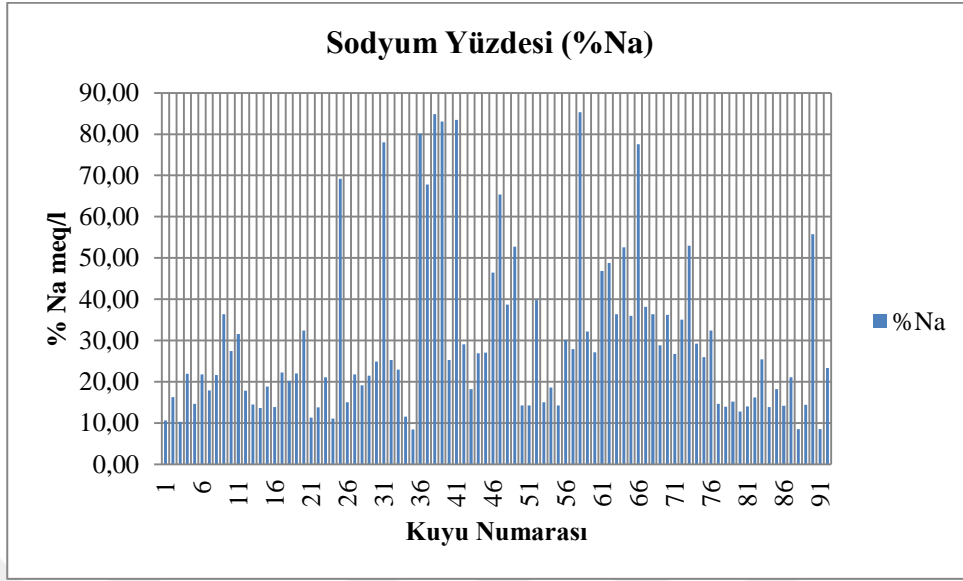


Şekil 4.33. 1-89 numaralı gözlem kuyularının magnezyum oranı (MR) değerleri

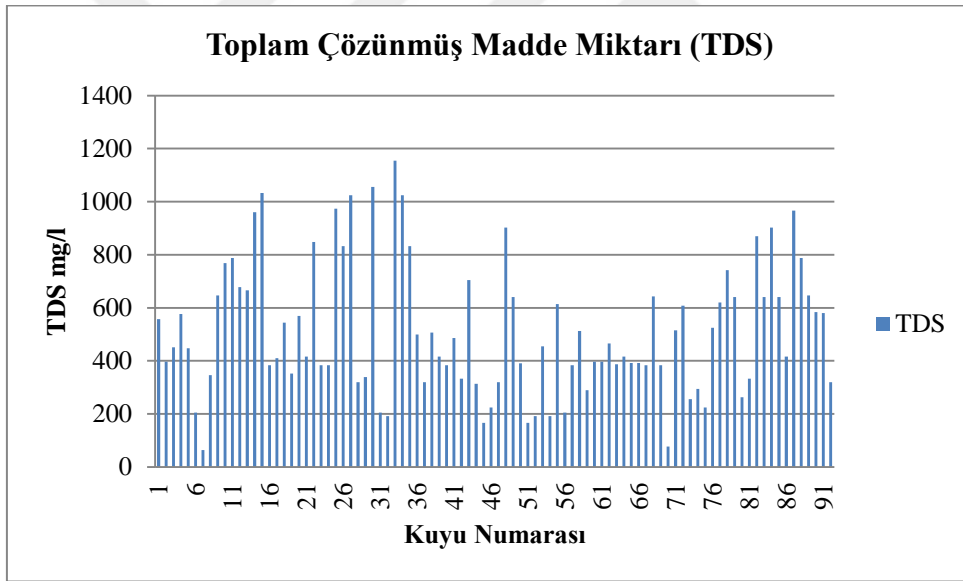


Şekil 4.34. 1-89 numaralı gözlem kuyularının Kelly indeksi (KI) değerleri

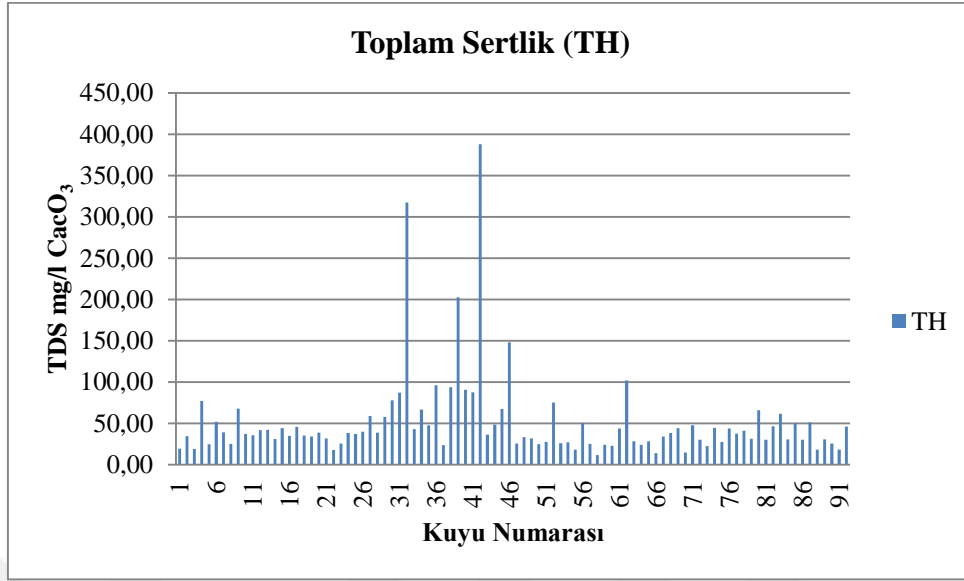




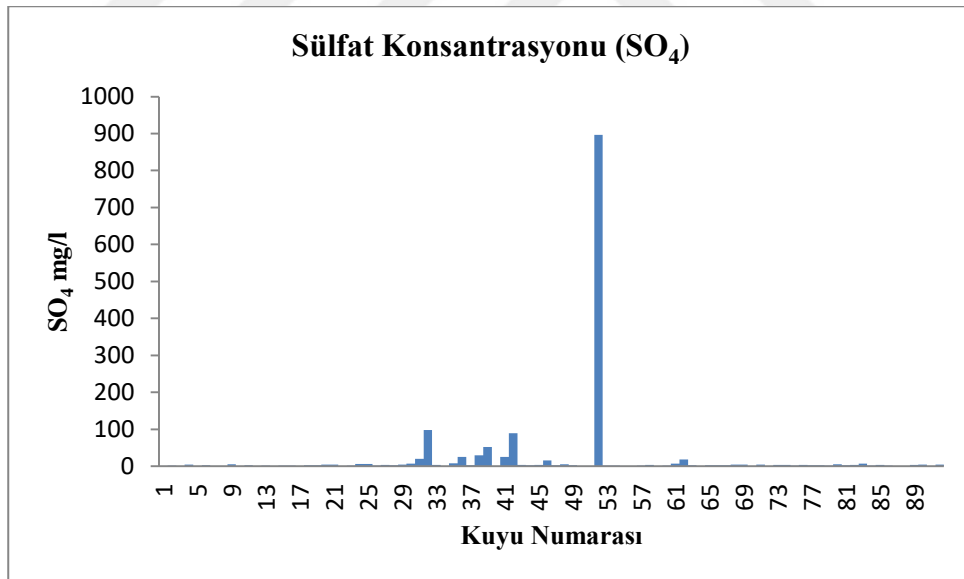
Şekil 4.35. 1-89 numaralı gözlem kuyularının sodyum yüzdesi (% Na) değerleri



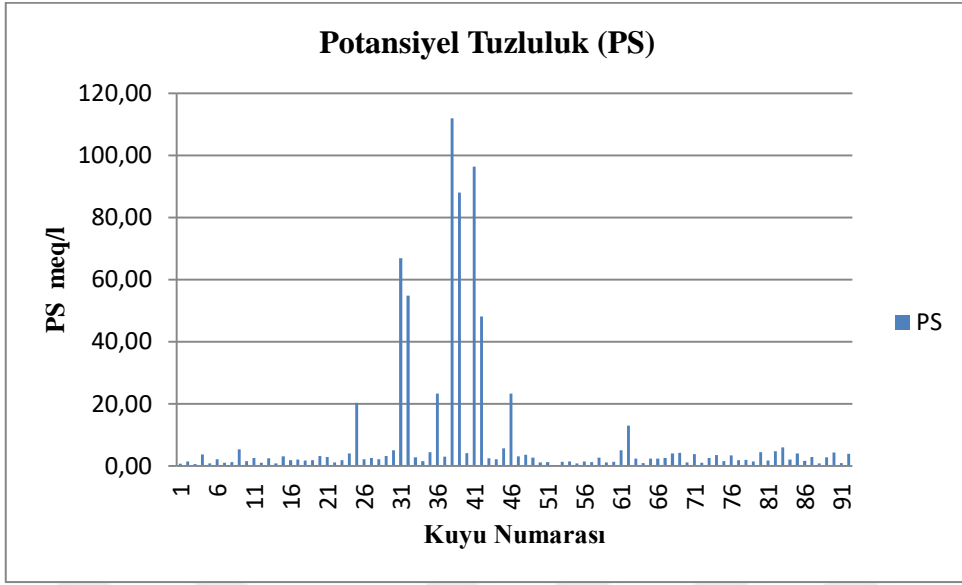
Şekil 4.36. 1-89 numaralı gözlem kuyuları toplam çözünmüş madde miktarı (TDS)



Şekil 4.37. 1-89 numaralı gözlem kuyularının toplam sertlik (TH) değerleri

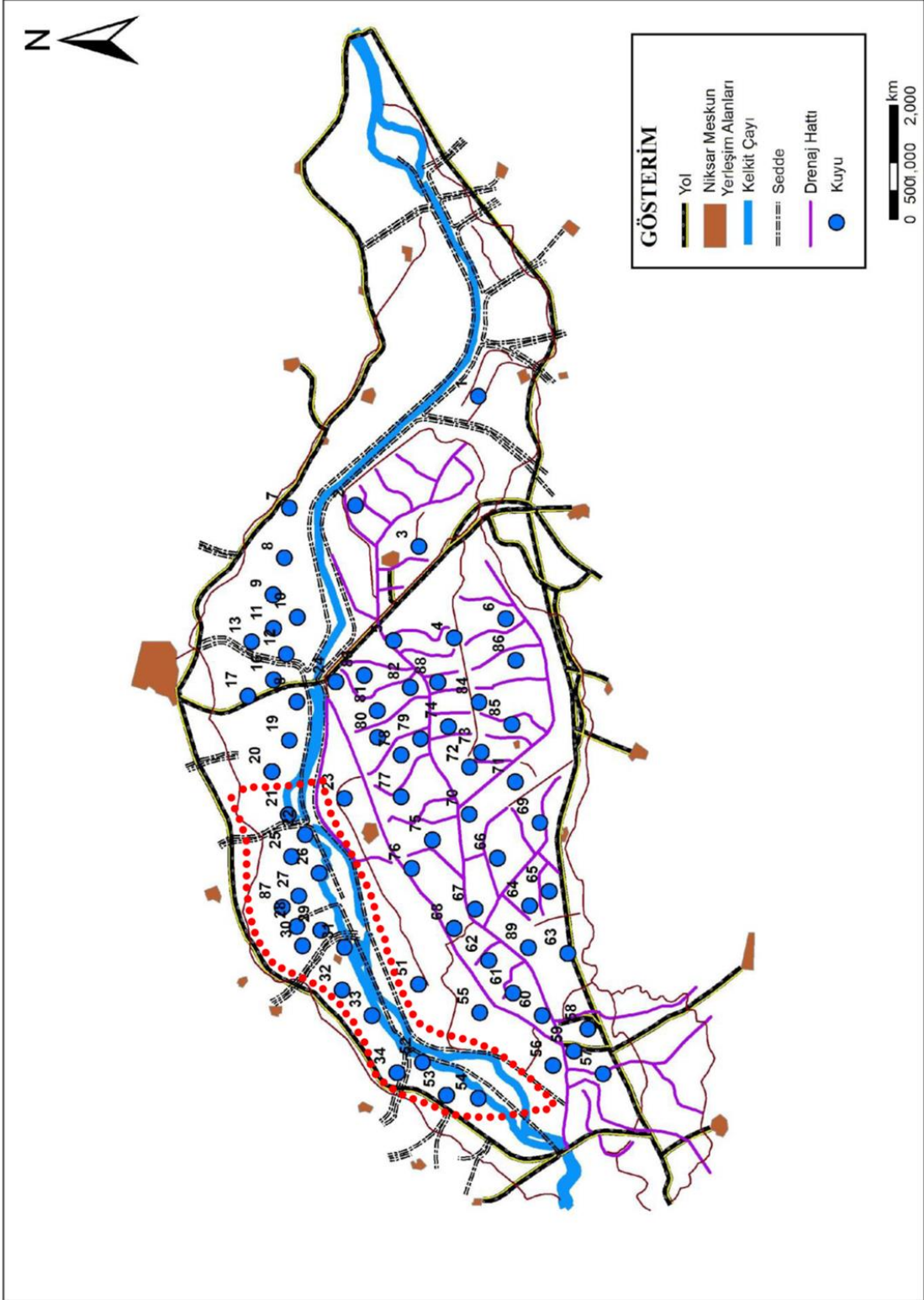


Şekil 4.38. 1-89 numaralı gözlem kuyularının sülfat (SO<sub>4</sub>) konsantrasyonu değerleri



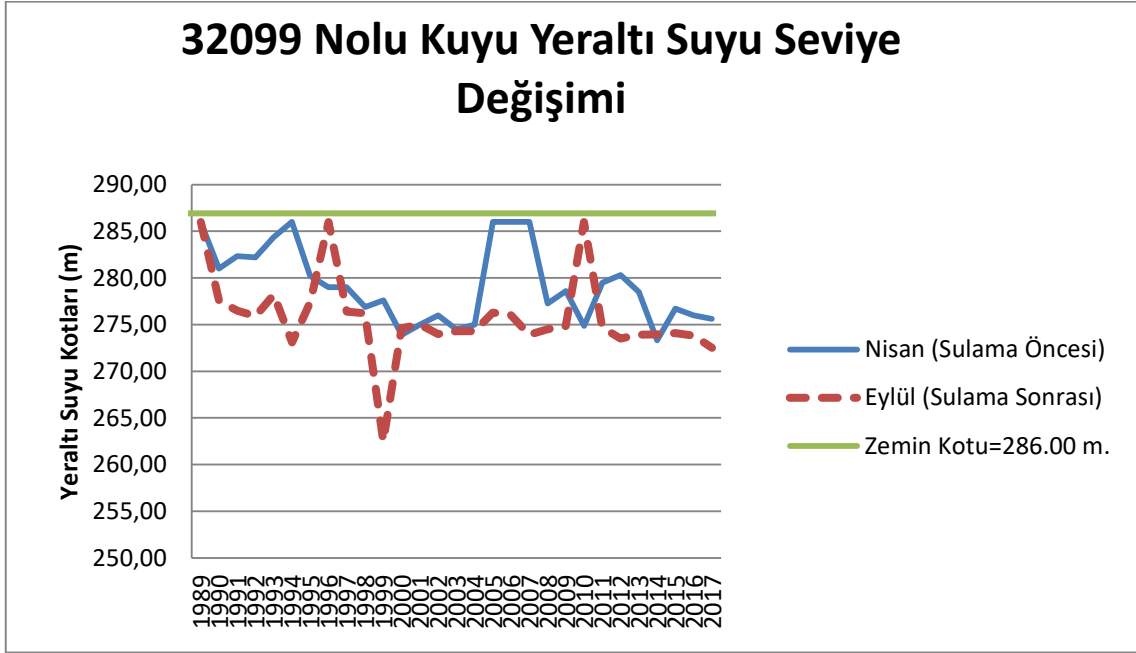
Şekil 4.39. 1-89 numaralı gözlem kuyularının potansiyel tuzluluk (PS) değerleri

Genel olarak; yapılan tüm hesaplamalarda maksimum değerleri aşan kuyular akışa göre sağ tarafta kalmaktadır. Deliktepe Settesinde başlayan, Çimenözü, Sarmugat, Abdalkolu, Topkara, Direkli, Tamlar ve Buzköy hattında yoğunlaşmaktadır. Yerleşimin yoğun olduğu bu yerlerde kanalizasyon ve evsel atıkların ciddi bir sorun olduğunu göstermektedir (Şekil 4.40).

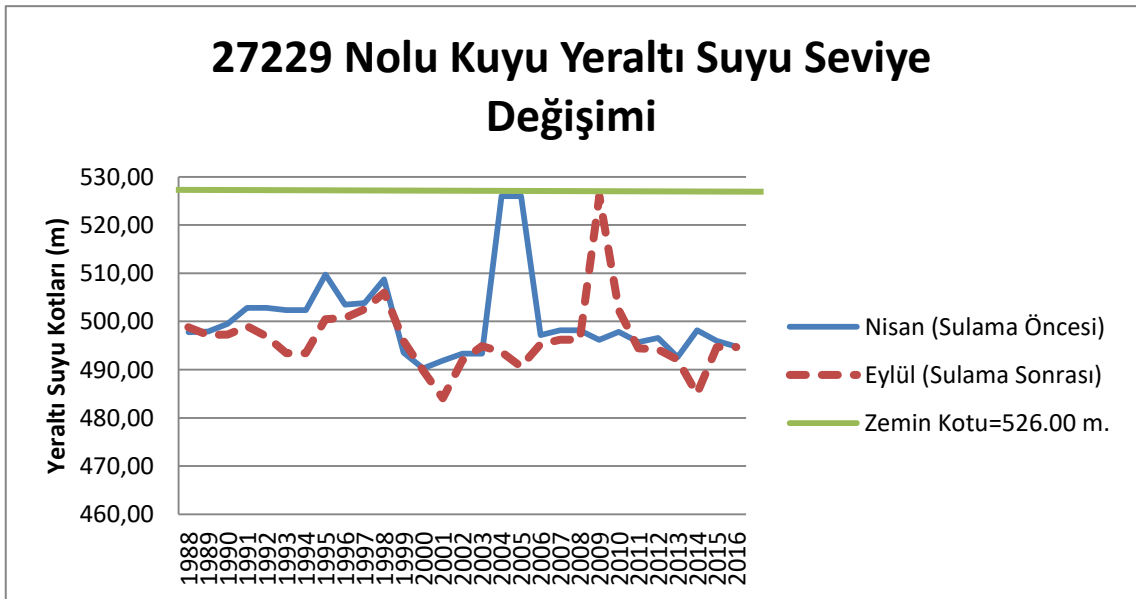


Şekil 4.40. Niksar ovası risk değerlendirme haritası

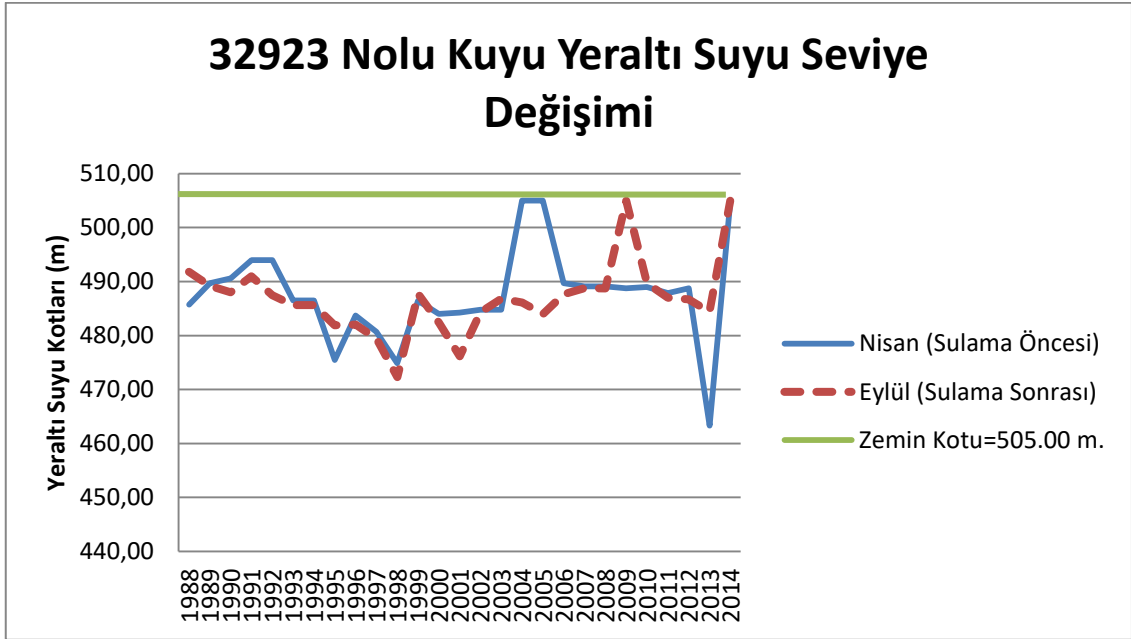
Niksar Ovası'nda sulama amaçlı açılan 18 adet sondaj kuyularından 1988-2017 yılları arasında yeraltı suyunun en düşük ve en yüksek olduğu aylarda alınan ölçümler kuyu numaralarına göre verilmiştir.



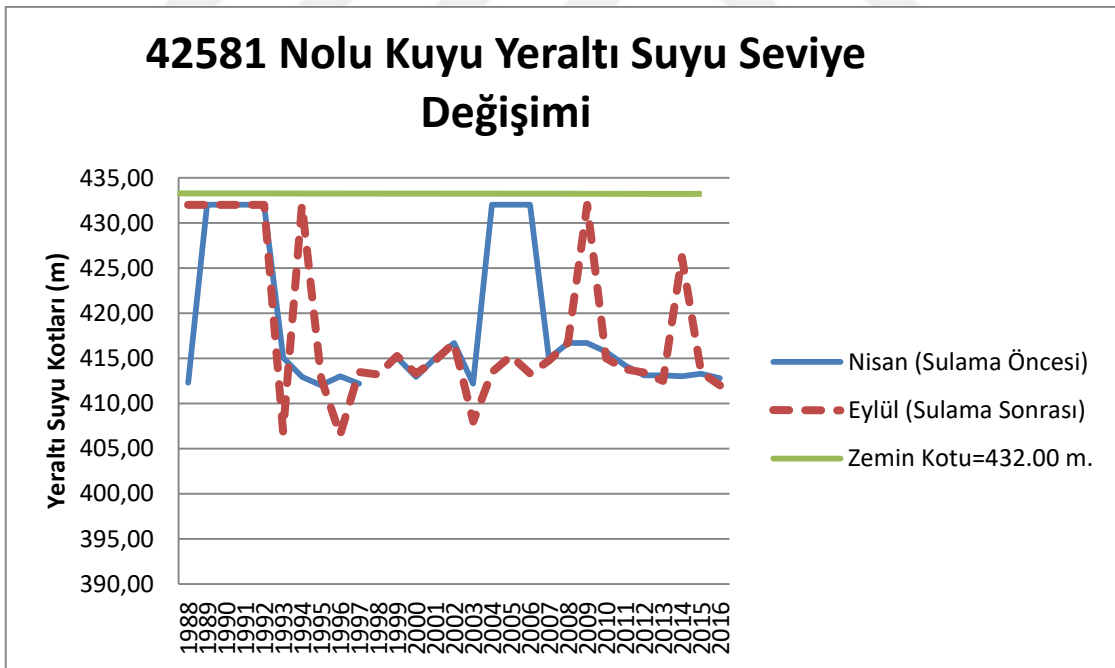
Şekil 4.41. 32099 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyunun yıllara göre seviye değişimi



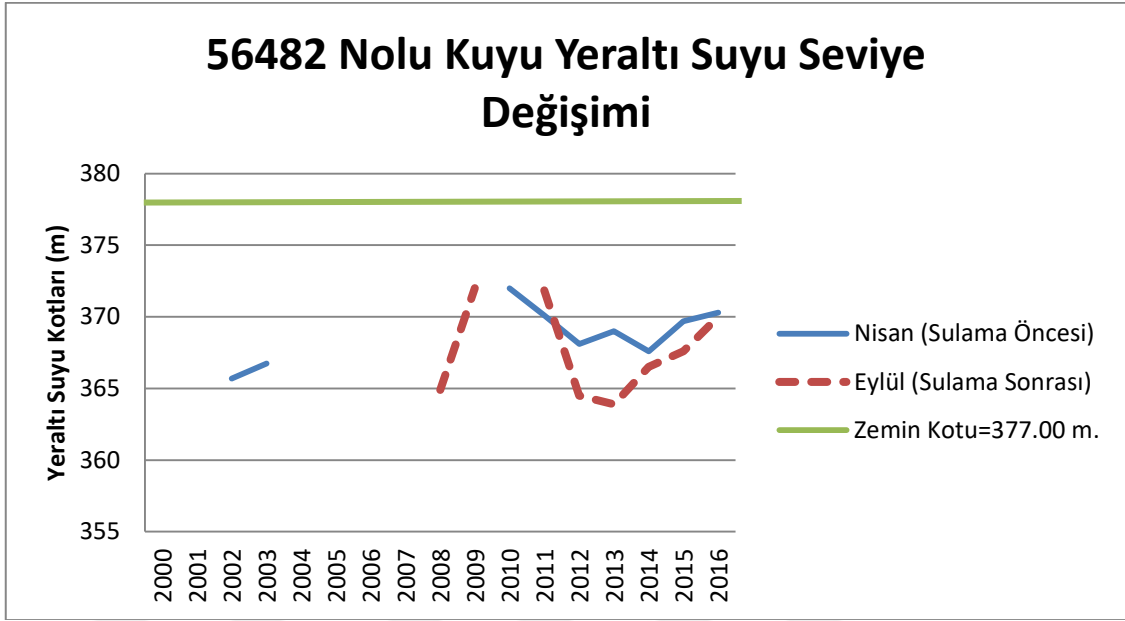
Şekil 4.42. 27229 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi



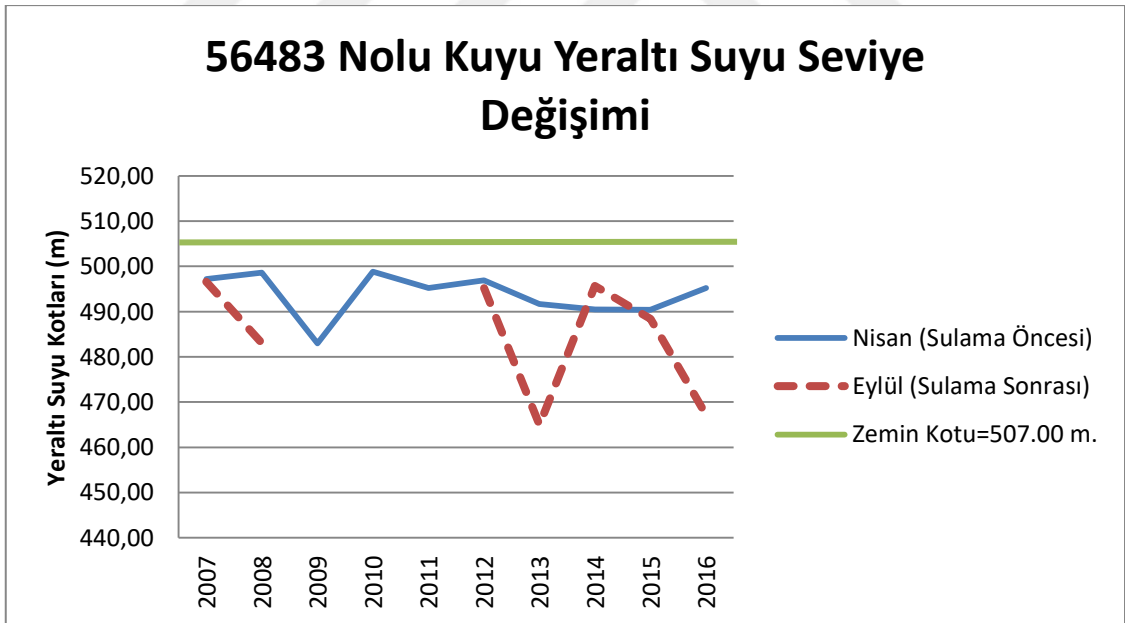
Şekil 4.43. 32923 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi



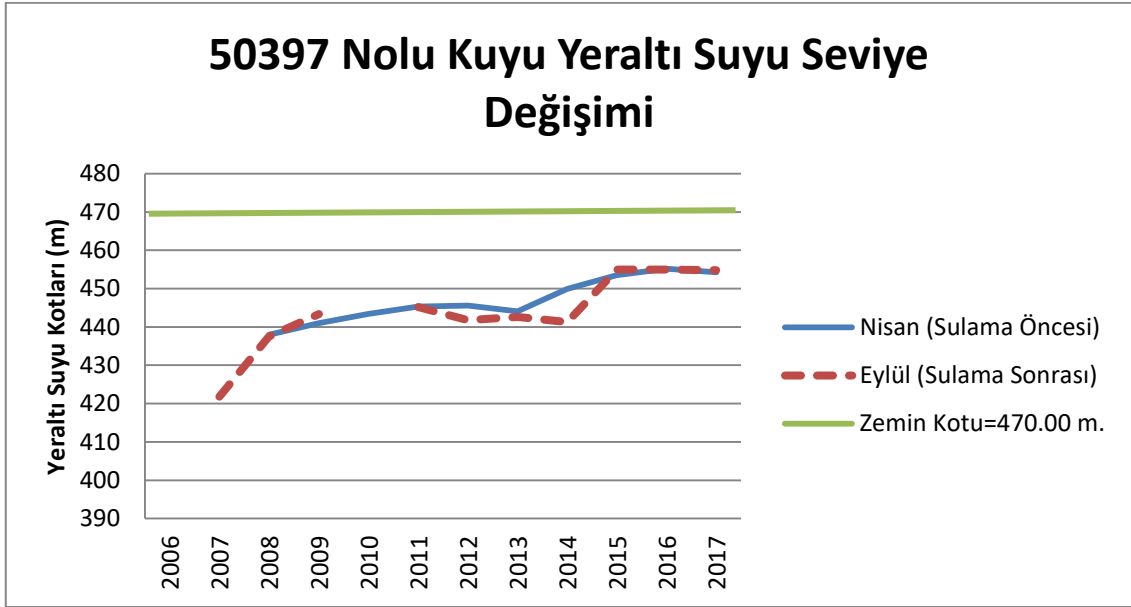
Şekil 4.44. 42581 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi



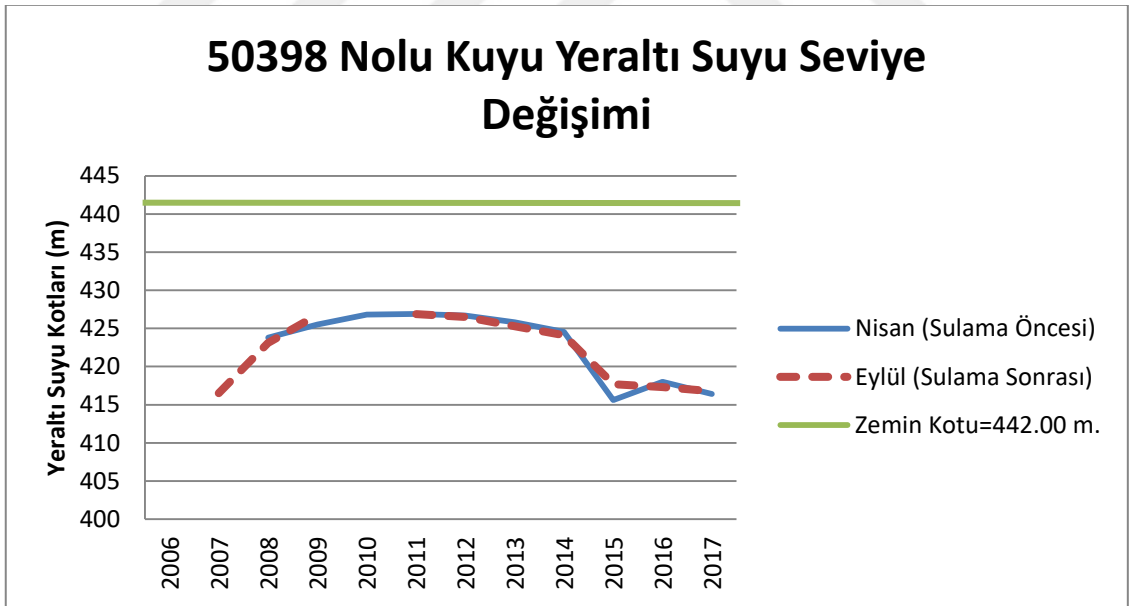
Şekil 4.45. 56482 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi



Şekil 4.46. 56483 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi

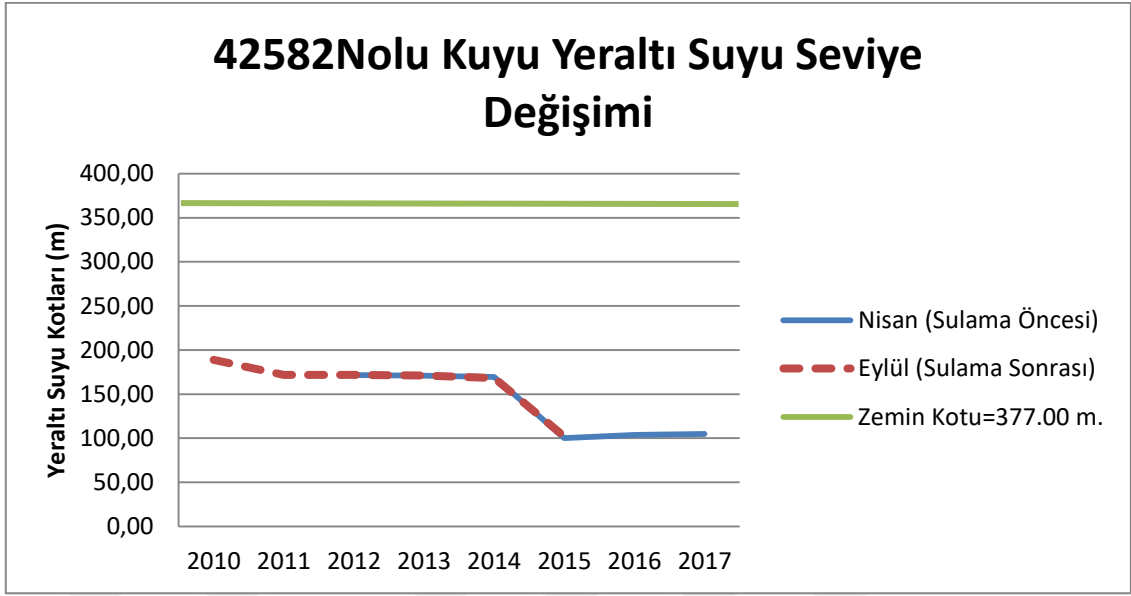


Şekil 4.47. 50397 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi

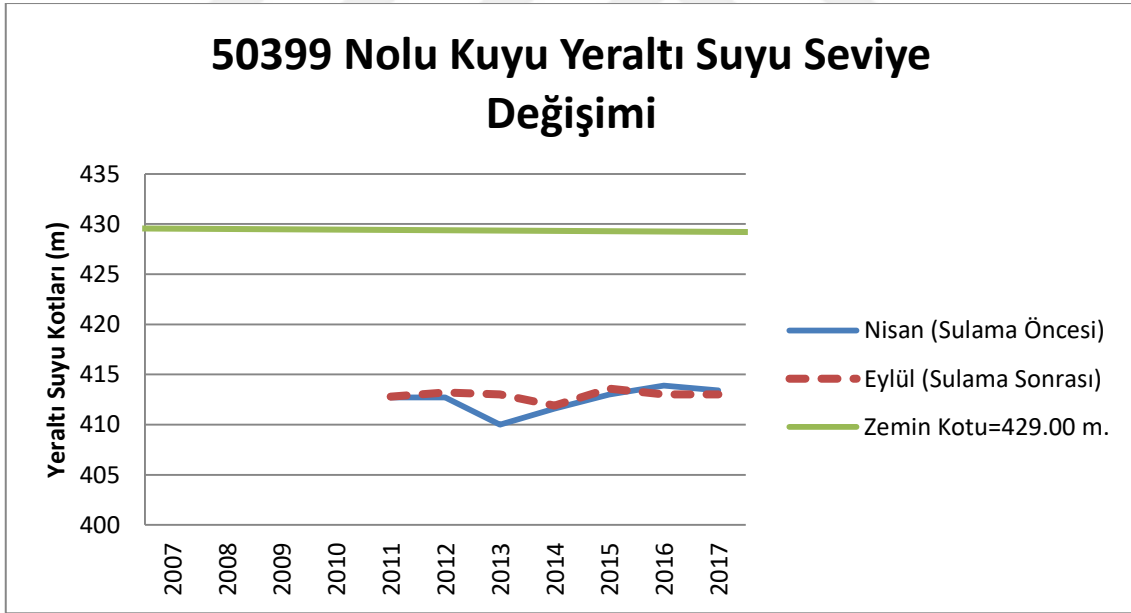


Şekil 4.48. 50398 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi

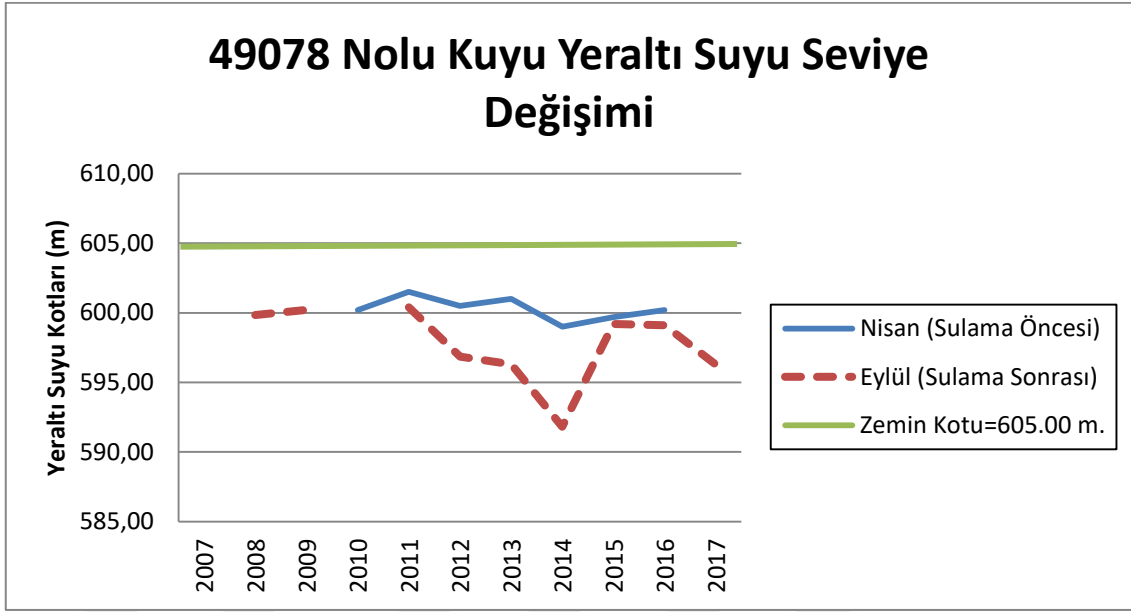




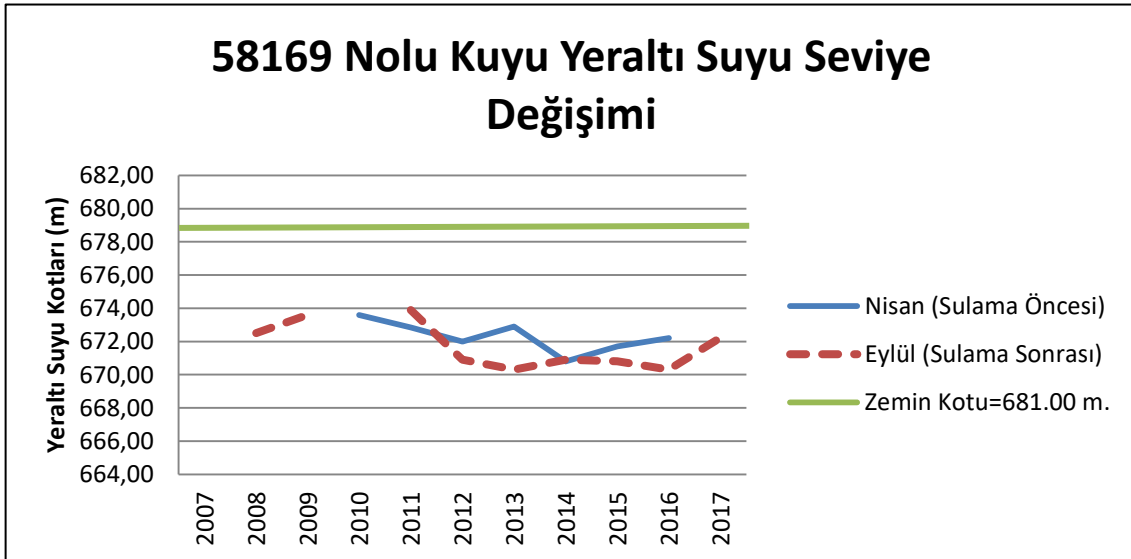
Şekil 4.49. 42582 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi



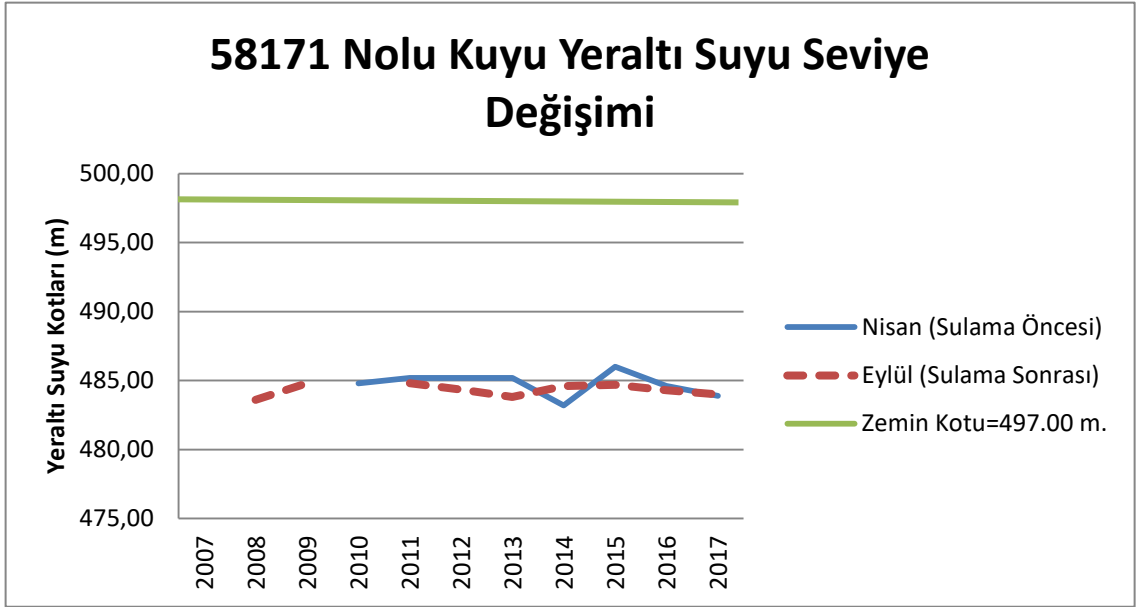
Şekil 4.50. 50399 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi



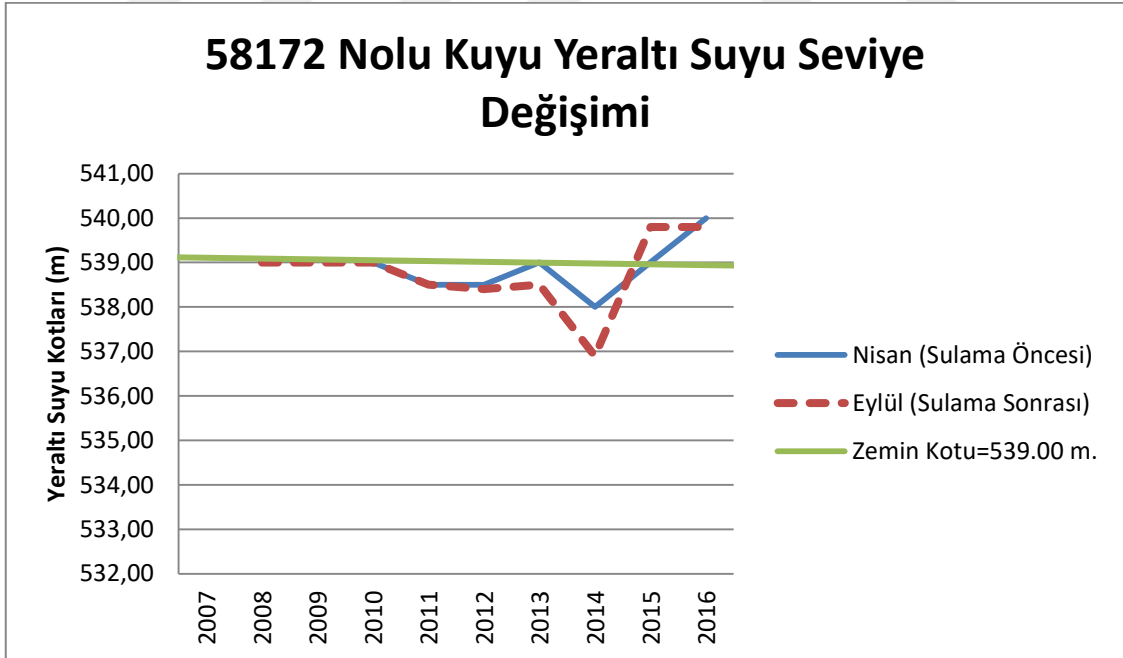
Şekil 4.51. 49078 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi



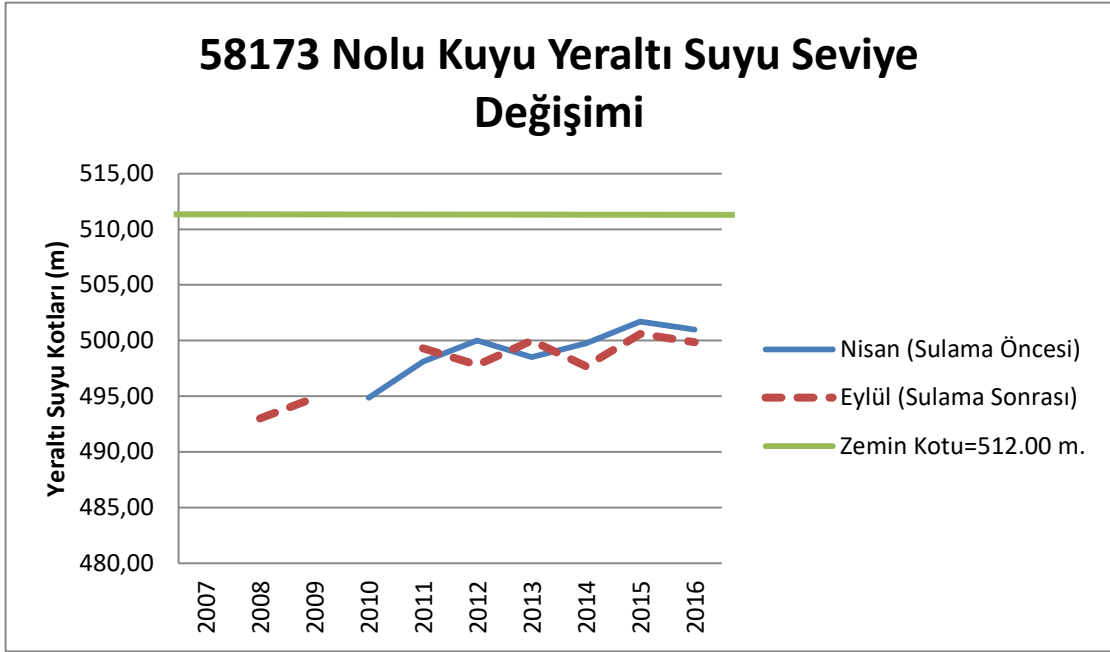
Şekil 4.52. 58169 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi



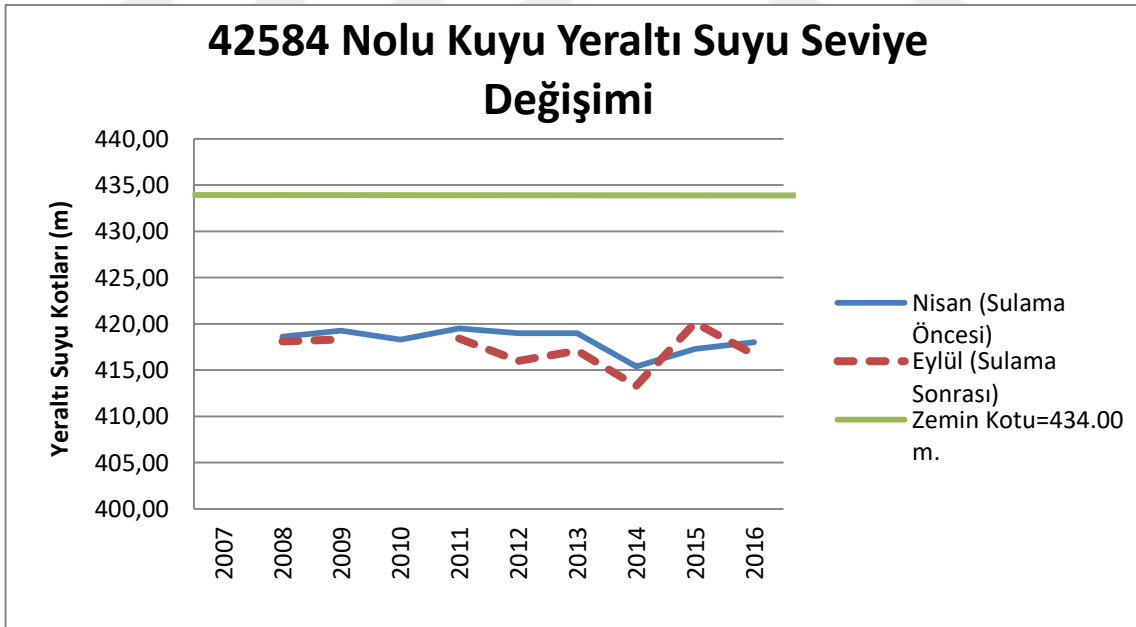
Şekil 4.53. 58171 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi



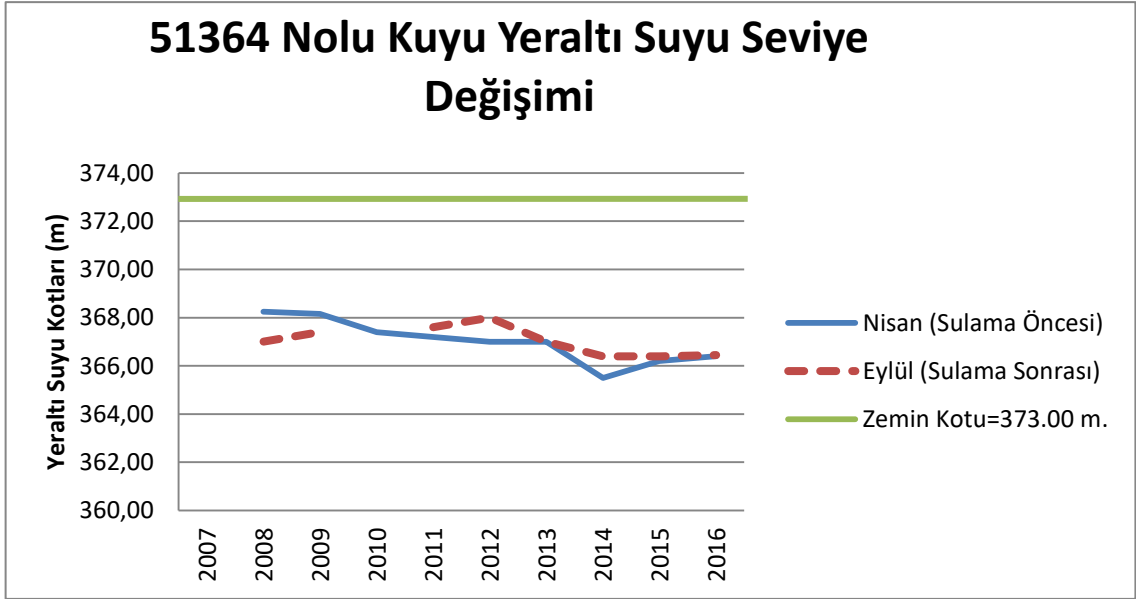
Şekil 4.54. 58172 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi



Şekil 4.55. 58173 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi



Şekil 4.56. 42584 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi



Şekil 4.57. 51364 numaralı sondaj kuyusunun Nisan ve Eylül ayı yeraltı suyu seviye değişimi

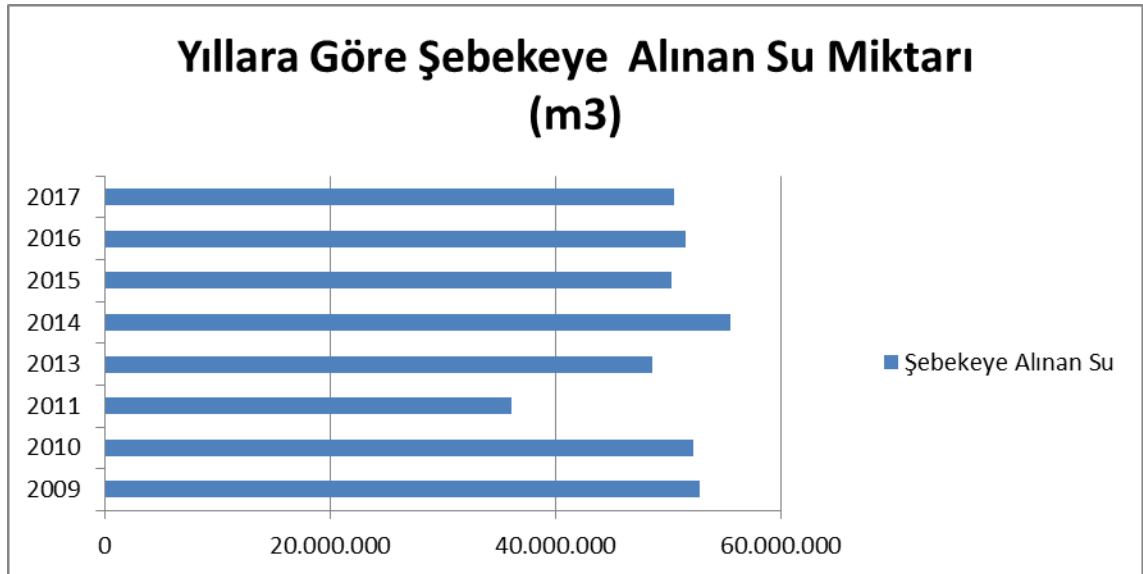
18 adet kuyunun taban suyu seviyesi değerlendirilirken beslenme ve boşalma dengesi dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Eğer su tablasına gelen ve çıkan su miktarları eşit ise su tablasında bir değişiklik gözlenmemektedir. Taban suyunda değişiklik, genel olarak yağışlı mevsimlerde tablanın yükselmesi, kuru mevsimde ise azalması şeklinde gerçekleşmektedir.

Taban suyundaki değişimini etkileyen diğer ve en önemli etken insan etkinliğine bağlı olarak, pompa ile çekilen kuyu su miktarına bağlıdır. Eğer çekilen suyun miktarı akiferi besleyen su miktarından fazla ise, kuyuda bir dönüşüm konisi oluşmaktadır. Bu durum kuyunun kullanılmaz hale gelmesi ile sonuçlanabilmektedir. 18 adet kuyu sulama öncesi (Nisan), sulama sonrası (Eylül) seviye değişimleri incelendiğinde kuyuların çok fazla dalgalı bir grafik izlediği tespit edilmiştir. Pompaj kuyularının sulama esnasında seviyelerindeki değişim normal olmakla birlikte sulama sonrası kuyunun kendini toparlaması ve sonucunda sulama öncesi taban suyu kotuna gelmesi beklenmektedir. Bu durum kuyu verimi olarak ifade edilmektedir. Uzun süreli yapılan ölçümler (1989-2017) neticesinde ilk alınan ölçümlerin taban suyu kotları ile son alınan ölçümleri arasında

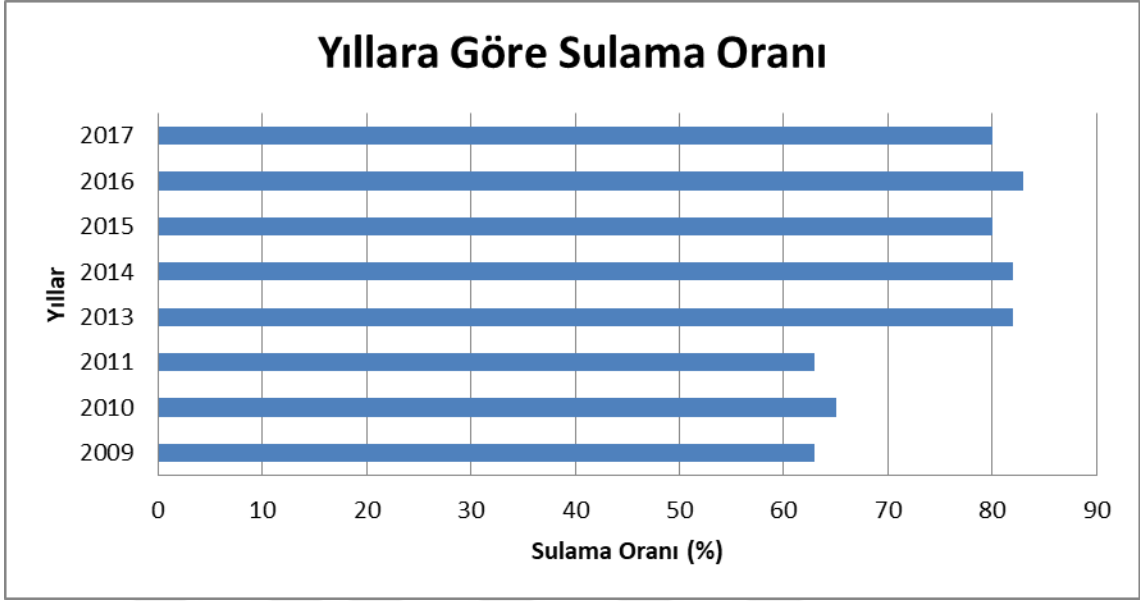
fazla bir fark olması veya eşit olması gerekmektedir. Suyu doygun zon, suya doygun olmayan zon ile eşitlenmesi bir kuyu için istenen durumdur.

Kuyu verimliğinin tespiti için pompaj, debi, yağış vb. birçok parametrenin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Çalışma alanında 18 adet sondaj kuyusunun uzun yıllara göre seviye değişimi değerlendirilmiştir.

56482 No.lu kuyu 2002-2016 yılları arasında değişken bir grafik çizmesine karşın kuyu kendini 2016 yılında ancak toparlayabilmiştir. 58171, 42584, 50399, 51364 58169, 50398 No.lu kuyular stabil olarak değerlendirilmiştir. 58173 ve 50397 No.lu kuyular 2010 yılından sonra az pompaj ile sulama yapıldığından değişim normal düzeydedir. 56482, 56483, 49078 No.lu kuyular stabil olmakla birlikte istenenden fazla miktarda bir pompaj yapılmış olduğundan yeraltı suyu seviyesinde ciddi bir düşüş tespit edilmiştir. 32099, 32923, 27229, 42581, 42582, 49078, 56483 No.lu kuyularda fazla miktarda pompaj yapıldığından ciddi taban suyu seviye değişimleri tespit edilmiştir. 58172 No.lu kuyuda ise diğerlerinden farklı olarak zemin kotundan + 0.8-1 m kadar suyun serbest akış yaptığı saptanmıştır. 2010-2015 yılları arasında tüm kuyularda kuyu veriminin üstünde pompaj yapıldığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.41; Şekil 4.57).

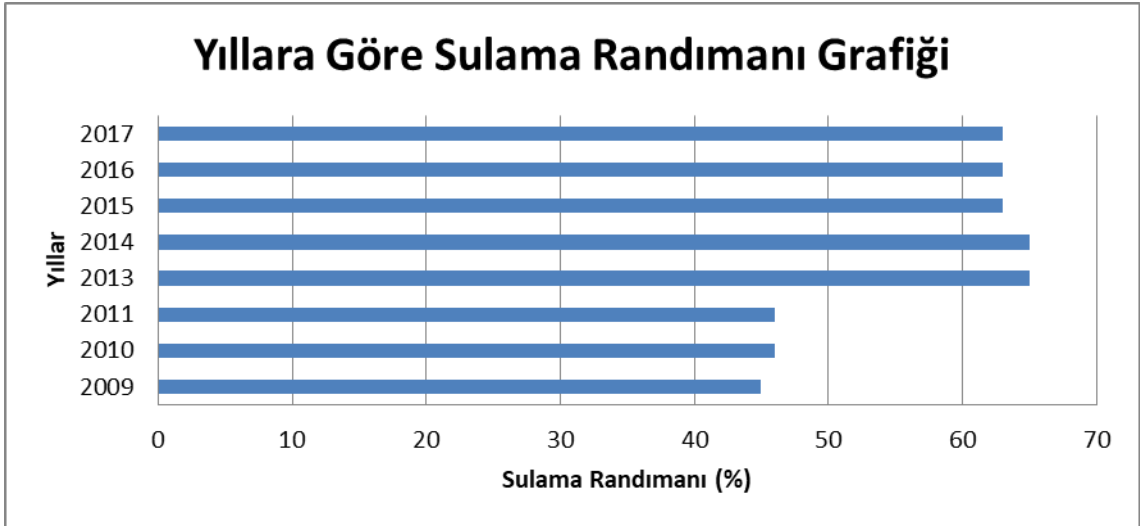


Şekil 4.58. Yıllara göre şebekeye alınan su miktarının değişimi



Şekil 4.59. Yıllara göre sulama suyu miktarındaki değişim

Sulama oranlarında 2009 yılından itibaren bir artış gözlenmiştir. Bu da tarımsal faaliyetlerin arttığına bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.59).



Şekil 4.60. Niksar Ovası'nda yıllara göre sulama randımanındaki değişim

2009 yılında sulama randımanı % 45'lerde iken 2017 yılı sonunda % 65 seviyelerine yükselmiştir (Şekil 4.60, Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Yıllara göre sulama parametrelerindeki değişim

| YIL                                  | 2009                          | 2010                          | 2011                          | 2013                          | 2014                          | 2015                          | 2016                          | 2017                          |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Sulamaya Açılan Alan (ha)            | 8 915                         | 8 915                         | 8 915                         | 8 915                         | 8 915                         | 8 915                         | 8 915                         | 8 915                         |
| Taban Suyu İzleme Alanı (ha)         | 6 364                         | 6 364                         | 6 364                         | 6 364                         | 6 364                         | 6 364                         | 6 364                         | 6 364                         |
| Filen Sulanan Alan (ha)              | 3 989                         | 4 150                         | 4 150                         | 5 500                         | 5 055                         | 5 300                         | 5 300                         | 5 300                         |
| Sulama Oranı                         | % 63                          | % 65                          | % 63                          | % 82                          | % 82                          | % 80                          | % 83                          | % 80                          |
| Sulama Randımanı                     | % 45                          | % 46                          | % 46                          | % 65                          | % 65                          | % 63                          | % 63                          | % 63                          |
| Şebekeye Alınan Su (m <sup>3</sup> ) | 52 814 840                    | 52 261 036                    | 36 072 000                    | 48 632 200                    | 55 573 855                    | 50 363 000                    | 51 600 000                    | 50 562 639                    |
| Tahliye Edilen Su (m <sup>3</sup> )  |                               |                               | 10 346 000                    |                               |                               | 5 000 000                     | 5 300 000                     | 5 100 000                     |
| Sulamanın En Yoğun Olduğu Ay         | Ağustos                       | Temmuz                        | Ağustos                       | Ağustos                       | Ağustos                       | Ağustos                       | Ağustos                       | Ağustos                       |
| Sulama Suyu Niteliği                 | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> |

Çizelge 4.6. Yıllara göre bitki desenindeki değişim (%)

| Bitki Deseni   | Yıl     | 2009 | 2010 | 2011 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|----------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                | Hububat | 5    | 1    | 2    | 3    | 3    | 4    | 3    | 4    |
| Şeker Pancarı  | 15      | 19   | 21   | 22   | 22   | 25   | 20   | 25   |      |
| Patates        | 13      | 18   | 18   | 20   | 20   | 17   | 19   | 17   |      |
| Meyve          | 3       | 5    | 5    | 5    | 5    | 6    | 6    | 6    |      |
| Mısır          | 19      | 16   | 13   | 22   | 22   | 16   | 18   | 16   |      |
| Kavak          | 22      | 17   | 17   | 16   | 16   | 14   | 16   | 14   |      |
| Yem Bitkileri  | 11      | 10   | 8    | 5    | 5    | 8    | 8    | 8    |      |
| Bostan         | 2       | 1    |      | 1    | 1    | 2    | 1    | 2    |      |
| Domates        | 10      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Fidan          |         | 1    |      | 1    | 1    | 2    | 2    | 2    |      |
| Soğan-Sarımsak |         | 1    |      |      |      |      |      |      |      |
| Çayır-Mera     |         | 1    |      | 1    | 1    |      |      |      |      |
| Sebze          |         |      | 12   | 4    | 4    | 6    | 8    | 6    |      |
| Diğerleri      |         |      | 4    |      |      |      |      |      |      |
| <b>Toplam</b>  |         | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |      |

Tarımsal sulamanın ve faaliyetlerin artışı, bitki deseninin çeşitlendiği gözlenmiştir. Şeker pancarı, meyve ve fidan dikiminde gözle görülür bir artış; patates ve hububat ekiminde kısmi bir düşüş; kavak dikiminde ise gözle görülür bir düşüş tespit edilmiştir. (Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6; Şekil 4.58- Şekil 4.60).



## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma alanı Tokat Niksar Ovası, Köklüce köyü (Fatlı) önlerinde başlar, Buzköy güneyinde son bulur ve Kelkit çayı Ayan Boğazı içerisine girer. Ova ortalama 5 km genişliğinde ve 25 km uzunluğundadır. Niksar Ovası'nın topoğrafik eğimin izin verdiği bütün araziler 12 965 ha olarak tespit edilmiştir.

Niksar meteoroloji istasyonu uzun yıllar ortalama değerlerine göre; yıllık ortalama yağış 562.8 mm olarak hesaplanmıştır. Birikimli sapma grafiğine göre 1975-1979 yılları arası kurak, 1980-1982 yılları yağışlı, 1983-1988 yılları arası kurak, 1988 yılı yağışlı, 1989-1991 yılları arası kurak, 1998-2001 yılları arası yağışlı olarak belirlenmiştir. Ortalama düşük sıcaklık 8.9 °C olarak hesaplanmıştır. Ortalama yüksek sıcaklık 19.7 °C hesaplanmıştır. Ortalama sıcaklığın en düşük olduğu ay Ocak (4.0 °C) ve en yüksek olduğu ay Temmuz (23.2 °C) olarak ölçülmüştür. Bütün bu veriler ışığında Niksar'ın Karadeniz iklimi ile İç Anadolu karasal iklimi arasında bir geçiş iklimine sahip olduğunu söylemek mümkündür (Yürüdü, 2009).

Açılmış kuyuların verilerine göre Niksar Ovası'nda yer alan alüvyon genelde killi, kumlu çakıl, kil düzeylerinden oluşmaktadır ve kalınlığı 30-50 m arasında değişmektedir. Özgül verimleri de düşüktür. Buna karşın DSİ tarafından açılmış derin kuyularda alüvyondan sonra kireçtaşı ve onun altında da volkanik seriye girilmiş ve bu serilerden alüvyona göre daha fazla su alınması mümkün olmuştur. Çalışma alanında yer alan sulama amaçlı kuyuların büyük bir çoğunluğu, geçirimli kabul edilen bu birimlerde açılmıştır

Niksar Ovası'nın toplam büyüklüğü 12 965 ha olarak belirlenmiştir. Toplam alanın ise 10 536 hektarlık alanı sulanabilir arazilerdir (DSİ, 1973). Niksar şehir planındaki genişleme ile birlikte bu alan 8 915 ha alana kadar düşmüştür. 1955 den günümüze drenaj şartları dikkate alınarak, drenaj ihtiyacı sol sahil için giderilmiştir.

2008 yılında taban suyu seviyesinde belirgin bir yükseliş tespit edilmiştir. Aynı durum sondaj kuyularında da paralellik göstermektedir. Tokat Meteoroloji İstasyonu verilerine

göre dönem itibariyle ortalamanın üzerinde bir yağış varlığı tespit edilmiştir. Bu durum, taban suyu yüksekliğini açıklamaktadır.

Aylık olarak izlenen taban suyu ölçümlerinin değerlendirilmesi sonucunda, taban suyu derinliğinin 0-1 m olduğu alan 924 ha (%10); 1-1.5 m olduğu alan 2 980 ha (%33); 1.5-2 m olduğu alan 969 ha (%11), 2-3 m olduğu alan 719 ha (%8); 3-4 m olduğu alan 2 836 ha (%32); 4 m'den derin olduğu alan 487 ha (%6)' dir. Sulama suyu ihtiyacının en çok olduğu ay Ağustos ayı olarak belirlenmiştir.

Taban suyunun en düşük olduğu seviyeler, 280 cm derinlik ile 10 No.lu kuyuda; 285 cm derinlik ile 52 No.lu kuyuda ölçülmüştür. Taban suyunun en yüksek olduğu seviyeler, 60 cm derinlik ile 60 No.lu kuyuda; 43.5 cm derinlik ile 89 No.lu kuyuda ölçülmüştür.

Çalışma alanında bulunan gözlem kuyularındaki eriyebilir tuz miktarına göre bir sınıflandırma yapılmıştır. En yüksek EC Değeri 4 420 ile 2009 yılında 26 numaralı taban suyu gözlem noktasında ölçülmüştür. 2010 ve sonrasında ani bir düşüş ile normal seviyelere gelmiştir. Aynı durum 59, 54, 33, 68, 79 ve 28 No.lu kuyuların 2009 yılı ölçümlerinde de gözlenmiştir. Bu durumda 69 kuyunun 8 yıllık değerlendirmesinde EC değeri 100-4 420  $\mu\text{mhos/cm}$  arasında değişim göstermektedir. Genel olarak taban suyunun kalitesi iyi olmakla birlikte tuzluluk riski taşımaktadır. Özellikle sağ sahilde EC değerlerinde bir artışın olduğu tespit edilmiştir. Bu artışların su kalitesi sınıf değişimine etkisi olmasa da dikkatle izlenmesi gerekmektedir. Bitki deseni planlanırken, tuzluluk ve taban suyu seviyesi dikkate alınmalıdır. Bu bölgede herhangi bir drenaj ağı bulunmamaktadır. Sağ sahilde drenaj etütleri yapılmalı ve gerekli drenaj şartları sağlanmalıdır. DSİ drenaj planlaması çalışma alanının büyük bir bölümünü kapsayan alan sol sahilidir. Toprağın tuz içeriği tespit edilerek ona uygun bitkiler yetiştirilmelidir. Taban suyunun kritik derinliğin altına düşmesi sağlanmalıdır. Risk görülen alanda yüksek dayanımlı bitkiler şekerpancarı, arpa vb. ekilmelidir. Orta dayanımlı bitkiler üzüm, buğday, ayçiçeği vb. gibi bitkiler, toprak tuzluluğu, taban suyu derinliği ve EC değerleri dikkate alınarak kontrollü ekilmelidir. Düşük dayanımlı

bitkiler olan kıvııl yonca, baklagiller, eltik ve mısırvn ekilmesi kesinlikle tavsiye edilmemektedir.

Taban suyu seviye değişimlerinin kritik eőikte olduğu ve arttığı bølge, riskli alan olarak değerlendirilmiştir. Kelkit ırmağının sağ sahilinde, ırnak yatağına paralel olan birçok yerleőtım yeri bulunmaktadır. Niksar Belediyesi m¼cavir alan sınırlarından baőtlamak ¼zere batıya doğru uzanan bu k¼çük yerleőtım alanları bu sorunlu alan ile doğrudan ilgilidir. alıőtma alanında birçok kalite parametresinin b¼t¼nc¼l Şekilde değerlendirildiğinde ortaya çıkan risk; imen¼z¼, Yeőtilyurt, Tamlar, Yeőtilk¼y, Yeőtilhisar, Direkli ve Buzk¼y'¼n bulunduğu hatta yoęunlaőtmaktadır. K¼y muhtarları ile yapılan g¼r¼Őmelerde bu k¼ylerin m¼stakil bir kanalizasyon Őebekesi ve arıtma tesislerinin bulunmadığı anlaőtılmıőtır. Derin kuyulara bırakılan atık suların geçimli zeminlerde olduğu ve sızdırmaz fosseptiklerin olmadığı anlaőtılmıőtır. Atık suların taban suyuna karıőtıęı, buna bağlı olarak kirlilik y¼k¼n¼n artığı ve paralelinde sulama suyu kalite parametrelerini deęiőtirdięini s¼yleyebiliriz. Bu b¼lgenin altyapısı ile ilgili olarak baőtta İl Özel İdaresi ve Niksar Belediye Baőtkanlıęının atık su planlaması ve yatırımvı ivedilikle ¼nerilmektedir.

DSİ, alıőtma alanında risk olarak g¼r¼len alt limit sınırı 3 000 µmhos/cm olarak deęerlendirmiőt ve eőt tuzluluk haritalarını da buna g¼re hazırlamıőtır. alıőtma alanında bu değere ulaőtan bir sonuca, 2009 yılında 26 No.lu kuyu dıőtında (4 420 microhos/cm), rastlanılmamıştır.

alıőtma alanında bulunan 68 taban suyu g¼zlem kuyusunun tuzluluk değerleri için artıőt ve azalıőt durumları değerlendirilerek alan haritası yapılmıőt olup sağ sahilde sorun tespit edilmiőt olduğundan drenaj et¼tleri ve altyapı tesislerinin inőtası ¼nerilmektedir. Sol sahilde kalan b¼lgeler için drenaj kanallarının bakımı ve temizliğinin yapılması ¼nerilmektedir.

alıőtma alanında 2009-2017 yılları arasında DSİ VII Bølge M¼d¼rl¼ę¼nce Niksar Ovası Taban Suyu Raporu hazırlanmıőtır. Rapor içeriği Eyl¼l-Ekim aylarını kapsayacak Şekilde taban suyu rasat formlarını, bitki desenini ve sulamanın en yoğun olduğu ayda

kuyuların bütününi içeren EC değerlerini içermektedir. Ekim ayında ise tüm kuyulardan alınan numuneler analiz laboratuvarına gönderilerek kalite değerleri ölçülmektedir. Sulamanın en yoğun olduğu ayda alınan EC değerleri ile 2015 ve 2017 yılları arasında yapılan analizlerdeki EC değerleri arasındaki farklar nedeniyle, 2009-2017 yılları arasında sulamanın en yoğun olduğu ayda yapılan ölçümlerde belirtilen EC değerleri temel alınmıştır. Araştırma alanındaki kuyuların 44 tanesinde (% 64) 10 yıllık periyotta EC değerinde artış, 24 kuyuda (% 36) ise azalış tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda giderek artan konsantrasyona dikkat etmek ve gerekli tedbirleri almak gerekmektedir.

Genel olarak çalışma alanındaki kuyu analiz sonuçlarına göre yapılan SAR hesaplamalarında sular, az sodyumlu sınıfında çıkmaktadır. 2015 ve 2017 yılları arasındaki analizler incelendiğinde en yüksek değer 32 No.lu kuyuda 2017 yılı için 49.78 olarak hesaplanmıştır. 27, 31, 34 No.lu kuyularda 2015 yılı SAR değerleri 20-35 aralığında iken bu değerler 2017'de 4.5-5.95 aralığında hesaplanmıştır. Birbirine yakın bu kuyuların diğer kalite değerlerinde de ciddi bir değişim tespit edilmiştir. Bu sorunlu sağ sahilde, ırmak yatağına ve yerleşim yerlerine yakın kuyular olduğu ortaya çıkmaktadır. Sorunun drenaj şartlarına bağlı olduğu kadar, kanalizasyon katı atık süzüntü suyu vb. insan faktörlerin varlığı etkili olabilmektedir. 25, 26, 27, 29, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 52, 53, 54, 55, 56, 86 No.lu kuyular aynı bölgede birbirine yakın ve paralel olarak yerleştirilmiştir. Kuyuların bulunduğu sağ sahil alanında ve ırmak yatağı alanına yakın bulunmaktadır. Drenaj ve atık su altyapısı önerilmektedir.

Taban suyu gözlem kuyularında (46 kuyu), yapılan analiz sonuçlarına göre 2015 yılında kuyuların su kalite sınıflarının % 34.78'i C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>, % 39.13'ü C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>, % 13.04'ü C<sub>2</sub>S<sub>2</sub>, % 4.35'i C<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, % 2.17'si C<sub>2</sub>S<sub>3</sub> ve C<sub>3</sub>S<sub>2</sub> 'dır. 2017 yılında kuyuların su kalite sınıflarının % 47.83'i C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>, % 43.48'i C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>, % 6.52'si C<sub>2</sub>S<sub>2</sub>, % 2.17 C<sub>3</sub>S<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>S<sub>4</sub> ve C<sub>1</sub>S<sub>1</sub> sınıflarında olduğu tespit edilmiştir. Su kalite sınıfı çoğunlukla sınıf C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> ve C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> 'dir.

RSC değeri Na zararı olasılığının varlığı için önemlidir. (-) değeri Na zararı olasılığının olmadığını bir göstergesidir. Çalışma alanında en yüksek RSC değeri 2015 yılında 83

No.lu kuyuda 62.01 meq/l olarak hesaplanmıştır. En düşük değer ise -88.26 meq/l ile 2017 yılında 83 No.lu kuyudadır.

Çalışma alanında bulunan taban suyu gözlem kuyularının 2015 ve 2017 yıllarında yapılan su analizlerde sülfat konsantrasyonu 0.69-896.42 mg/l aralığında ölçülmüştür. SO<sub>4</sub> konsantrasyonunun en yüksek olduğu kuyu 58 No.lu kuyu, en düşük olduğu kuyu ise 2 No.lu kuyu olarak ölçülmüştür. Çalışma alanında SO<sub>4</sub> konsantrasyonu değerlerine göre 58 No.lu kuyu dışındaki tüm kuyular 1. sınıfa, 58 No.lu kuyu 2. sınıfa girmektedir

Taban suyu gözlem kuyularında % Na değerlerinin; 28, 31, 32, 34, 61, 67 No.lu kuyularda en yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. 78-85.30 meq/l arasında değişen değerler hesaplanmıştır. % Na oranının en düşük olduğu kuyular ise 8.40-11.29 aralığında 2, 16, 20, 30, 83, 89 No.lu kuyulardır. Kuyuların çoğunluğu % Na için izin verilebilir limitler içindedir (Wilcox, 1955). 31, 32, 34, 61 No.lu kuyular bu sınıflamaya göre uygun değildir. Bu kuyuların çoğunluğu sağ sahilde yerleşim alanlarına yakın alanlarda kalmaktadır.

Yapılan hesaplamada en yüksek değer 450 meq/l olarak 2017 yılında 58 No.lu kuyu, 2015 yılında ise 111.88 meq/l ile 32 No.lu kuyudur. PS sınıflandırmaya göre uygun PS değerinin 3 den küçük olması beklenmektedir (Doneen, 1962). Taban suyu izleme kuyularının 2015 yılı analiz verilerine göre yapılan PS değerlerinin % 43.5'u uygun sınıfta değildir ve tuzluluk potansiyeli taşımaktadır. % 56.5'i ise, 3 den küçük olarak uygun sınıfta bulunmaktadır.. 2017 yılı analiz verilerine göre yapılan PS değerlerinin % 24'ü uygun sınıfta değildir. % 76'sı ise, 3'ten küçük olarak uygun sınıfta bulunmaktadır.

Sulama suyunda yüksek oranda magnezyum oranı (MR) istenmemektedir. Yüksek magnezyum oranı toprağın tuzlanmasına sebep olmaktadır. Bu durum bitkiler için istenen bir durum değildir. Sınıflandırmaya göre <50 uygun, >50 uygun değil olarak değerlendirilmektedir. En yüksek magnezyum oranı değeri 32 No.lu kuyuda 2015 yılı için 89.56 meq/l olarak hesaplanmıştır. En düşük magnezyum oranı ise 2017 yılında 89 No.lu kuyuda 21.24 meq/l hesaplanmıştır. Taban suyu izleme kuyularının 2015 yılı

analiz verilerine göre yapılan MR değerlerinin % 43.5'i uygun sınıfta değildir. Kuyuların % 56.5'i ise MR sınıflamasında uygun sınıfta girmektedir. 2017 yılı analiz verilerine göre yapılan MR değerlerinin % 61'i uygun sınıfta değildir. Kuyuların % 39'u ise MR sınıflamasında uygun sınıfta girmektedir.

Kelly indeksinin (KI) 1'den büyük değeri, sudaki aşırı sodyumu göstermektedir. Kelly oranı 1'den az olan su, sulama için uygun kabul edilir. En yüksek Kelly indeksi değeri 61 No.lu kuyuda 2017 yılı için 5.88 meq/l olarak, en düşük Kelly indeksi ise 2015 yılında 0.12 meq/l hesaplanmıştır. Taban suyu izleme kuyularının 2015 yılı analiz verilerine göre hesaplanan Kelly değerlerinin % 13'ü ve uygun sınıfta değildir. % 87'i ise uygun sınıfta girmektedir. 2017 yılı analiz verilerine göre hesaplanan Kelly indeksi değerlerine göre kuyuların % 15.2'si uygun sınıfta değildir. % 84.8'i ise, uygun sınıfta girmektedir.

Toplam çözünmüş madde miktarı (TDS) değeri kanalizasyon, doğal kaynaklar, endüstriyel atık sular, katı atık vahşi depolama sızıntı suyu gibi faktörlere bağlı olarak artış göstermektedir. Yapılan TDS hesaplamalarda kuyuların % 95'i tatlı su sınıfında yer almaktadır. En yüksek değer 29 No.lu kuyuda 1 155 olarak hesaplanmıştır.

Toplam sertlik (TH), sertlik suların tüm kullanım amaçları için önemli bir kalite kriteridir. En yüksek değer 2017 yılında 51 No.lu kuyuda 387.78 mg/l CaCO<sub>3</sub> olarak hesaplanmıştır. Suların % 91'i tatlı su sınıfındadır.

Niksar Ovası'nda bulunan taban suyu gözlem kuyularının pH değerlerinin 6.79-7.56 aralığında olduğu ölçülmüştür. En düşük değer 2017 yılında 60 No.lu kuyuda, en yüksek değer ise 53 No.lu taban suyu gözlem kuyusunda 7.56 olarak ölçülmüştür. Sulama suyunda pH değeri 8.2'den büyük ise karbonat miktarının yüksek olmaması beklenmektedir. pH değerinin 9'dan büyük olması durumunda kalsiyum ve magnezyum toplamalarının 2'den küçük olması beklenmektedir (Ca+Mg <2 meq/l ). Çalışma alanında böyle bir duruma rastlanılmamıştır.

Genel olarak; taban suyu gözlem kuyularında yapılan tüm hesaplamalarda, maksimum değerleri aşan kuyular sağ sahilde kalmaktadır. Deliktepe Seddesinden başlayan,

Çimenözü, Sarmugat, Abdalkolu, Topkara, Direkli, Tamlar ve Buzköy hattında yoğunlaşmaktadır. Yerleşimin yoğun olduğu bu yerlerde kanalizasyon ve evsel atıların ciddi bir sorun olduğunu göstermektedir.

Niksar Ovası'nın bütününde bakıldığında 1980 yılların sonundan başlamak üzere sağ ve sol sahilde toplam 6 717 arazi sulanabilmekteyken pompaj tesisleri ile bu oran 2 200 ha artırılmıştır. Toplam 8 914 ha lık alan çalışma alanımızı oluşturmaktadır. DSİ tarafından, bir taraftan drenaj şartlarını iyileştirirken sulama suyu ihtiyacı olan bölgelere de derin kuyular açmıştır.

Sondaj kuyularının verileri incelendiğinde pH değerlerinin 6.7-8.3 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. En yüksek pH 56604/B kuyusunda ölçülmüştür. En düşük pH değeri 58571 No.lu kuyuda ölçülmüştür. Çalışma alanında yapılan değerlendirmelerde RSC değerleri , -0.60-3.20 arasında değişmektedir. EC mikrohos/cm değerlerinde ise 510-1118 değerleri arasında ölçümler alınmış olup, kalite sınıfları C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> ve C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> olarak belirlenmiştir. 2 kyunun dışında kalan tüm kuyular C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> sınıfındadır. 56483 No.lu kuyu ve 56604 No.lu kuyular için kirlilik azaltıcı önlemler geliştirilmelidir. Geçirimliliği yüksek alanlarda açılan bu sulama kuyuları hassas bitkiler için kullanılmamalıdır. Kuyunun ilk 20 m boru çevresi betonlanarak kirlenici unsurlardan korunmalıdır. Yeraltı suyu örneklerinin ise en fazla yağışlı dönemde yeraltı suyuna yüzeyden sızma dolayısıyla, zemin yapısında çözünebilir bileşiklerin olması dolayısıyla su özelliğinin C<sub>3</sub>S<sub>2</sub> sınıfında olduğu ve bu özelliğin sodyuma duyarlı olan bitki yetiştirilmesi ve hayvanların sulanması için ve işlemden geçirilmeden kullanılmasının uygun olmadığı değerlendirilmiştir.

Sertlik parametreleri incelendiğinde 14-48.75 gibi değişen bir aralık vermektedir. K değerlerindeki değişim 0.01-0.28 mEq/L aralığındadır. Amonyok değerleri 0-0.54 mg/lit aralığında ölçülmüştür. Organik madde içeriği 0-0.83 mgO<sub>2</sub>/l , HCO<sub>3</sub> değerleri 2.75-9.5 mEq/L aralığında, Ca değerleri 1.35-4.5 mEq/L aralığında tespit edilmiştir.

CO<sub>3</sub> değerleri 0-1.2 mEq/L, SO<sub>4</sub> değerleri 0.05-2.25 mEq/L aralığında ölçülmüştür. Cl parametresinde ise 0.18-0.76 mEq/L, Na değerleri 0.35-3.9 mEq/L aralığında

ölçülmüştür ve Nitrat 0-27.28 mg/lit aralığında ölçülmüştür. % Na değerleri ise 6.5-69.25 aralığında ölçülmüştür.

18 adet sondaj kuyusunun sulama öncesi (Nisan), sulama sonrası (Eylül) seviye değişimleri incelendiğinde kuyuların su seviyelerinin çok dalgalı bir grafik izlediği tespit edilmiştir. Pompaj kuyuların sulama esnasında seviyelerindeki değişim normal olmakla birlikte sulama sonrası kuyunun kendini toparlaması ve sonucunda sulama öncesi taban suyu kotuna gelmesi beklenmektedir. Bu durum kuyu verimi olarak ifade edilmektedir

32099, 32923, 27229, 42581, 42582, 49078, 56483 No.lu kuyularda istenenden fazla pompaj yapıldığı, buna bağlı olarak da ciddi taban suyu seviye değişimleri tespit edilmiştir. 58172 No.lu kuyuda ise diğerlerinden farklı olarak zemin kotundan + 0.8-1 m kadar suyun serbest akış yaptığı saptanmıştır. 2010-2015 yılları arasında tüm kuyularda kuyu veriminin üstünde pompaj yapıldığı anlaşılmaktadır. Kuyu veriminin üstünde pompaj yapılmamalı ve gerekli sulama suyu ihtiyacı farklı bir sondaj kuyusundan veya yüzey sulama sisteminden sağlanmalıdır.

Niksar Ovası'nda sulama oranlarında 2009 yılından itibaren bir artış gözlenmiştir. Bu da tarımsal faaliyetlerin artığının bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Tarımsal sulamanın ve faaliyetlerin artışı, bitki deseninin çeşitlendiği gözlenmiştir. Şeker pancarı, meyve ve fidan dikiminde gözle görülür bir artış, patates ve hububat ekiminde kısmi bir düşüş, kavak dikiminde ise gözle görülür bir düşme tespit edilmiştir.

DSİ Niksar Ovası Planlama Arazi Tasnif Raporuna göre (1973) sulama sularının EC değerleri 300-600 microhos/cm arasında değişmekte olup sulama suyu kalite sınıfı C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> olarak tespit edilmiştir. 45 yıllık süre içerisinde birtakım değişimler tespit edilmiştir. Değişim ani olmamakla birlikte yıllara saridir. Bu nedenle dikkatle alanın dikkatle izlenmesi ve drenaj koşullarının düzenli olarak iyileştirilmesi gerekmektedir.

Tarımsal faaliyetlerde ve ürün yelpazesindeki değişim sulama kalitesinde ve taban suyu seviyesinde değişimlere neden olacağından gözlem yapılan kuyuları sayısını ve kalite analizlerinin aralığının sıklaştırılmasında fayda görülmektedir. Çalışma alanının bir kısmını oluşturan ancak taban suyu gözlem kuyuları çalışmayan ve ölçüm alınıp



değerlendirilmeyen bir alan bulunmaktadır. Bu kısım Niksar Ovası'nın başladığı Fatlı köprüsünden başlayarak, Yarbaşı Köyü'ne kadar olan alandır. Bu alanda tarımsal faaliyetler toplulaştırma ile birlikte ivme kazanmıştır. Fatlı-Yarbaşı köyleri arasında gözlem kuyuları tamir edilmeli veya yenilerinin açılması sağlanmalıdır.

Niksar Ovası'nda, sondaj kuyularında yeraltı suyu akış yönü Kelkit Çayı'nın akışına da uyumlu olarak GD-KB olarak tespit edilmiştir. Gözlem kuyuların taban suyu akış yönü yamaçlardan Kelkit Çayı'na doğrudur. Niksar Ovası'nda kuzeybatıya doğru arazi eğimi yaklaşık %0.2-0.3 kadardır. Ancak ova kenarında Kelkit Çayına doğru olan tali eğim değerleri %2-6 arasındadır.

Çalışma alanında bulunan su kaynaklarının tamamında ağır metal incelemesi yetersizdir. Bölgede eosen yaşlı volkaniklerden alınan içme sularında Bor ve Arsenik gibi ağır metaller bulunabilmektedir. Sulama suyu analizleri yapılırken bu parametrelerin eklenmesi gerekmektedir.

Drenaj kanallarının bakımını yaz aylarında düzenli ve özenle yapmak sulama kalitesini artıracaktır. Bu konuda çiftçi eğitimlerine ağırlık verilmelidir.

Tuzlanmanın artışını kısa vadede dengede tutabilmek için fazla sulamadan kaçınılmalı ve çiftçiler uyarılmalıdır.

Niksar Ovası'nda aşırı gübre kullanımı ve pestisit kontrol altına alınmalıdır. Kavak dikimi azaltılmalıdır. İzleme faaliyetlerinin sıklaştırılması, gözlem kuyuları ve sondaj kuyularının titizlikle korunması ve sayılarının artırılması tavsiye edilir. Taban suyu derinlik ve tuzluluk değerlerinin izlenmesine özenle devam edilmelidir.

## 6. KAYNAKLAR

- Abacı Bayan, A. A., 2016. Doğu Akdeniz Bölgesinde yer alan Sulak Alanlarda Oluşan Toprakların Özellikleri, Verimlilik Düzeyleri ve Sorunları. (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Afşin, M., Çelik, M. ve Syed. M.A, 1997. Hydrogeological Study and Discharge Features of the Niksar Karst Spring, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Aksaray
- Akbaş, F., Ünlükara, A., Kurunç, A., İpek, U. ve Yıldız, H. (2008). Tokat-Kazova'da taban suyu gözlemlerinin CBS yöntemleriyle yapılması ve yorumlanması. Derim, 2016, 33 (2):263-278 Sulama ve Tuzlanma Konferansı, 12-13 Haziran 2008, Şanlıurfa, Cilt I: 309- 318
- Acatay, S. T.,1996. Sulama Mühendisliği. Dokuz Eylül Üniversitesi Vakfı, İzmir.
- Özbek, H., 1990. Toprak Bilgisi Ders Kitabı. ÇÜ. Ziraat Fak. Ofset ve Teksir Atölyesi, Adana.
- Akbuğa, R., 2006. Konya-Çumra Yöresinde Yüzeysel ve Tuzlu Taban Suyunun Sulanan Alanlardaki Toprak-Su ve Tuz Dengesi Üzerine Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Akkaya, Z., 2017. Harran Ovasında toprak tuzluluğunun belirlenmesinde Em (Elektromanyetik) Tekniğinin Kullanım Potansiyelinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Aktimur, H. T., Ateş, Ş., Yurdakul, M.E., Tekirli, M.E. ve Keçer, M., 1992. Niksar-Erbaa ve Destek Dolayının Jeolojisi. MTA Dergisi 114, 25-36.
- Anonim, 1999. Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler ve Meteorolojik Önlemler. Meteoroloji Mühendisleri Odası, Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler Raporu, Ankara.
- Anonim, 2008, Niksar'ın Coğrafi Özellikleri. Niksar Belediye Başkanlığı, Etüt Proje Müdürlüğü Raporu, Niksar.
- Akyazı, M., 2006. Niksar Metropolitan Projesi Rapor. Kelkit Havzası Kalkınma Birliği, Tokat
- Alpözen, C.M., 2017. Konya-Sarayönü Gözlü Tarım İşletmesi Müdürlüğüne Ait Sulu Ziraat Alanlarındaki Su Kaynaklarının Sulama Suyu Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Aras, G., 2010. Aksu Ovası Taban Suyu Derinlik ve Tuzluluk Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Hazırlanması ve Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Ardos, Mehmet. 1984. Türkiye Ovalarının Jeomorfolojisi. İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 3263, C.1, İstanbul.
- Arslan, H., 2005. Bafra Ovası Sağ Sahil Sulama Alanının Taban Suyu Derinlik ve Tuzluluk Haritalarının Coğrafi Bilgi istemi Yardımıyla Hazırlanması ve Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Baltaoğlu, B.S., 1990. Sakarya Nehri Havzasında Su Kalitesi Yönetimi. (Yayımlanmamış Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Çaçık, S., 2008. Konya Karatay Çengilti Köyü Arazilerinin Tuzluluk-Sodyumluluk Yönünden İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 60 s, Konya.
- Çamoğlu, G., M.K. Ölgen, B.S. Karataş ve Ş. Aşık. 2006. Menemen sulama sisteminde taban suyunun zamana ve mekana göre değişiminin jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi: Maltepe ana kanalı örneği. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul, 423-431.
- Çevre Bakanlığı, 1998. 2000'li Yıllara Doğru Çevre. TBMM Çevre Araştırma Komisyonu Raporu (10-15) Ankara.
- Catroll, D., 1962. Rain Water as a Chemical Agent of Geological Process: a View USGS. Water Supply 1533, 18-20.
- Çiftçi, N., 1987. Konya TİGEM Arazisinde Taban Suyu-Toprak Tuzluluğu İlişkileri Üzerinde Bir Araştırma. (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 66 s, Ankara.
- Çoşkun, M.A., 2012. Akarsularda Su Kalitesi Belirleme ve Modelleme. (Yüksek Lisans Tezi), İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Diñer, S., 2014. Çanakçı Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun.
- DSİ, 1973. Niksar Projesi Niksar Ovası Planlama Arazi Tasnif Raporu. DSİ Genel Müdürlüğü VII. Bölge Müdürlüğü, Samsun.
- DSİ, 1987. Niksar Projesi Niksar Ovası Arazi Sınıflandırma Raporu. DSİ Genel Müdürlüğü VII. Bölge Müdürlüğü, Cilt I, Samsun.
- DSİ, 1991. Niksar Projesi Niksar Ovası Planlama Revize Drenaj Raporu. DSİ Genel Müdürlüğü VII. Bölge Müdürlüğü, Proje No: 1409, Samsun.
- Doneen, L.D., 1962. The Influence of Crop and Soil on Percolating Water. Proceedings of the Biennial Conference on Groundwater Recharge: 156-163.
- Eminoğlu, E. ve Demir, N., 2007. DSİ Sulamalarında Taban Suyu İzleme Çalışmaları. DSİ Genel Müdürlüğü, s: 137-148, Ankara.
- Eaton, F.M., 1950. Significant of Carbonates in Irrigation Waters. Soil Sci., 69, 123-133.
- İşcan, S., Tepeli, E., Uyan, A., Yaşar, M. ve Çavdar, A., 2001. Sulamanın Temel Esasları. 1. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Adana Ziraat Üretim İşletmesi ve Mekanizasyon Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Yayın No: 2, Adana.
- Gençoğlu, M., 2018. Kırıkhan Sulama Birliği Alanında Sulama Performansının Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Güngör, Y., Erözel, Z. ve Yıldırım, O., 2012. Sulama. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yayın No: 1592, Ders Kitabı No: 524, Ankara.
- Güngör, Y. ve Erözel, Z., 1994. Drenaj ve Arazi Islahı. Ankara Üniv., Ziraat Fak. Yayınları No: 1341, Ders Kitabı: 389, 232 s, Ankara.
- Horneck, D.A., Ellsworth, J.W., Hopkins, B.G., Sullivan, D.M. ve Stevens, R.G., 2007. Managing Salt Affected Soils for Crop Production. A Pacific Northwest Extension Orogen State University.
- Kanber, R., Kırdar, C. ve Tekinel, O., 1992. Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:21, Ders Kitapları Yayın No:6, Adana.
- Kara, T. ve Arslan, H., 2004. Bafra Ovası Sulama Alanında Taban suyu ve Tuzluluk Araştırması. Sulanan alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler

- Kitabı. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, 20-21 Mayıs, 2004, 89-96, Ankara.
- Kara, M., 2005. Sulama ve Sulama Tesisleri. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 268 s, Konya.
- Kelly W.P., (1963), Use of Saline Irrigation Water, Soil Science, 95(6), 385-391.
- Mutluay, H., ve Demirak, A. 1996. Su Kimyası, 1. Baskı. Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.
- MTA, 1974, 1/500 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Samsun Paftası ve İzahnamesi MTA Yayınları, Ankara
- Özbek, H., 1990. Toprak Bilgisi Ders Kitabı. ÇÜ. Ziraat Fak. Ofset ve Teksir Atölyesi, Adana.
- Öztürk, A., 1994. Taban suyu Derinliği ve Sulama Suyu Kalitesinin Biber Verimine Etkisi. (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Raghunath, H.M. (1987). Groundwater (2nd ed.). Wiley Eastern Ltd, New Delhi, 563 p.
- Richards, L. A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook No: 60, U.S. Department of Agriculture. U.S. Govt. Printing Office, Washington D.C.
- Sawyer, G.N. ve McMcarty, D.L. (1967). Chemistry of Sanitary Engineers (2nd ed.). McGraw Hill, 518 p, New York,
- Szabolcs, I. ve Darab, C. (1964). The Influence of Irrigation Water of High Sodium Carbonate Content of Soils. In: Szabolcs I (ed) Proceedings of 8th International Congress Soil Science Sodics Soils ISSS, Trans, II, 802-812.
- Temiz, H., 1989. Niksar (Tokat) Güneydoğusunda Kuzey Anadolu Fay Zonunun Jeolojik ve Tektonik Özellikleri. (Yüksek Lisans Tezi), Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 82 s, Sivas.
- Todd, D.K. (1980). Groundwater Hydrology (2nd ed.). John Wiley and Sons, 535p.
- Topçu, S., 1998. Tarım Mühendisliğinde Çevre Sorunları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 207, Ders Kitapları Yayın No: A-65, 269 s, Adana.
- Toprak, Ö., Şahin. D.H., 2017. Niksar (Tokat)Yöresinin Jeodeğerleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, 60(1), 129-143, Ankara.
- Toprak, Gündoğdu Ö., 2014. Batı Orta Karadeniz’de Yüzeyleyen Jura-Kratase Yaşlı Kireçtaşlarının Biyositratigrafisi. (Doktora Tezi), Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 82 s, Sivas.
- Wilcox, L.V., 1955. Classification and Use of Irrigation Waters. USDA Circular No: 969, 19 p.
- WHO, 2003. Total dissolved solids in Drinking-water. World Health Organization Guidelines for Drinking-water Quality, Geneva.
- Yürüdü, E., 2009. Niksar Şehir Coğrafyası. Çizgi Kitapevi, Konya.
- Zeybek, Z., 2006. Akgöl’deki (Karaman-Konya) Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

## 7. EKLER

### Ek-1. Drenaj Kuyuları Gözlem Formu Örneği

| İŞLETME VE BAKIM DAİRESİ BAŞKANLIĞI   |        |            |      |            |            |
|---------------------------------------|--------|------------|------|------------|------------|
| NİKSAR SAĞ SAHİL AYVAZ SULAMA BİRLİĞİ |        |            |      |            |            |
| DRENAJ KUYULARI GÖZLEM FORMU          |        |            |      |            |            |
| OCAK - 2007 AYI                       |        |            |      |            |            |
| Sulamanın Adı :Ayvaz Sulama Birliği   |        |            |      | Tarih      |            |
| Rasadı Yapan :Ahmet ÖZDEMİR           |        |            |      | 15.01.2006 |            |
| Kuyu                                  | Gözlem | Düşünceler | Kuyu | Gözlem     | Düşünceler |
| No                                    | Cm     |            | No   | Cm         |            |
| 61                                    | 52 Z   |            | 89   | 38 Z       |            |
| 62                                    | 190 Z  |            |      |            |            |
| 63                                    | 126 Z  |            |      |            |            |
| 64                                    | 194 Z  |            |      |            |            |
| 65                                    | 97 Z   |            |      |            |            |
| 66                                    | 175 Z  |            |      |            |            |
| 67                                    | 30 Z   |            |      |            |            |
| 68                                    | 140 Z  |            |      |            |            |
| 69                                    | 220 Z  |            |      |            |            |
| 70                                    | 230 Z  |            |      |            |            |
| 71                                    | 40 Z   |            |      |            |            |
| 72                                    | 89 Z   |            |      |            |            |
| 73                                    | 115 Z  |            |      |            |            |
| 74                                    | 68 Z   |            |      |            |            |
| 75                                    | 98 Z   |            |      |            |            |
| 76                                    | 165 Z  |            |      |            |            |
| 77                                    | 75 Z   |            |      |            |            |
| 78                                    | 70 Z   |            |      |            |            |
| 79                                    | 68 Z   |            |      |            |            |
| 80                                    | 150 Z  |            |      |            |            |
| 81                                    | 96 Z   |            |      |            |            |
| 82                                    | 95 Z   |            |      |            |            |
| 83                                    | 140 Z  |            |      |            |            |
| 84                                    | 100 Z  |            |      |            |            |
| 85                                    | 72 Z   |            |      |            |            |
| 86                                    | 73 Z   |            |      |            |            |
| 87                                    | 140 Z  |            |      |            |            |
| 88                                    | 70 Z   |            |      |            |            |

Not: 1-) Gözlem zeminde yapıldığı takdirde düşünceler hanesinde \*Z\* harfini; Ölçme noktasından ölçüldüğünde \*Ö\* harfini kullanınız. eğer kuyu kuru ise K, arızalı ise A, iptal edilmiş ise İ, harfi kullanınız.

Rasadı Yapan

Ek-2. Çalışma Alanında Bulunan Su Kaynaklarının İsim ve Konum Bilgileri

| İli   | İlçesi | Koyu/<br>Mah. | Numune Adı             | Cinsi | Pafta | ZON | KUZEY<br>ED50 | DOĞU<br>ED50 |
|-------|--------|---------------|------------------------|-------|-------|-----|---------------|--------------|
| Tokat | Niksar | Yakınca       | Göller Çeşmesi         |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Yakınca       | Köy içi çeşmesi        |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Yakınca       | 58172                  | SK    | G37C4 | 37  | 4497100       | 309675       |
| Tokat | Niksar | Yakınca       | 58171                  | SK    | G37C4 | 37  | 4496500       | 309850       |
| Tokat | Niksar | Yakınca       | 58173                  | SK    | G37D3 | 37  | 4497750       | 309325       |
| Tokat | Niksar | Yakınca       | 58169                  | SK    | G37C4 | 37  | 4494750       | 311125       |
| Tokat | Niksar | Derindere     | Döget Kaynağı          |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Derindere     | Kozarası Kaynağı       |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Derindere     | Ağılönü Kayn           |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Umurlu        | Köyiçi Çeşmesi         |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Gürçeşme      | Ulupınar               |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Gürçeşme      | Ulupınar               |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Gürçeşme      | Şebeke suyu            |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Gürçeşme      | Asfalt kenarı<br>çeşme |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Gürçeşme      | 56483                  | SK    | G37C4 | 37  | 4494125       | 313375       |
| Tokat | Niksar | Gürçeşme      | 56484                  | SK    | G37C4 | 37  | 4493750       | 313550       |
| Tokat | Niksar | Gürçeşme      | 56482                  | SK    | G37C5 | 37  | 4494500       | 315375       |
| Tokat | Niksar | Buzköy        | Gölayvaz<br>Kaynağı    |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Derindere     | Böget Kaynağı          |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Derindere     | Kozarası Kaynağı       |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Derindere     | Ağılönü Kaynağı        |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Umurlu        | Umurlu Köy Çeş.        |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Boyluca       | Yeşilirmak             |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Yolkonak      | Gözbaşı Kaynağı        |       | G37C1 | 37  | 4490925       | 320975       |
| Tokat | Niksar | Hüseyingazi   | Kaynak                 |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Sulugöl       | K.Kaynağı              |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Ataköy Brj.   | Baraj Kuyusu           |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Ataköy Brj.   | Baraj k.               |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Buzköy        | 58944 kuyu             |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Buzköy        | 53539 kuyu             |       |       |     |               |              |
| Tokat | Niksar | Kapıağzı      | 56604/A kuyu           |       | H37B2 | 37  | 4484400       | 326650       |
| Tokat | Niksar | Kapıağzı      | 56603 kuyu             |       | H37B2 | 37  | 4484500       | 327450       |

Ek-2. (Devam) Çalışma Alanında Bulunan Su Kaynaklarının İsim ve Konum Bilgileri

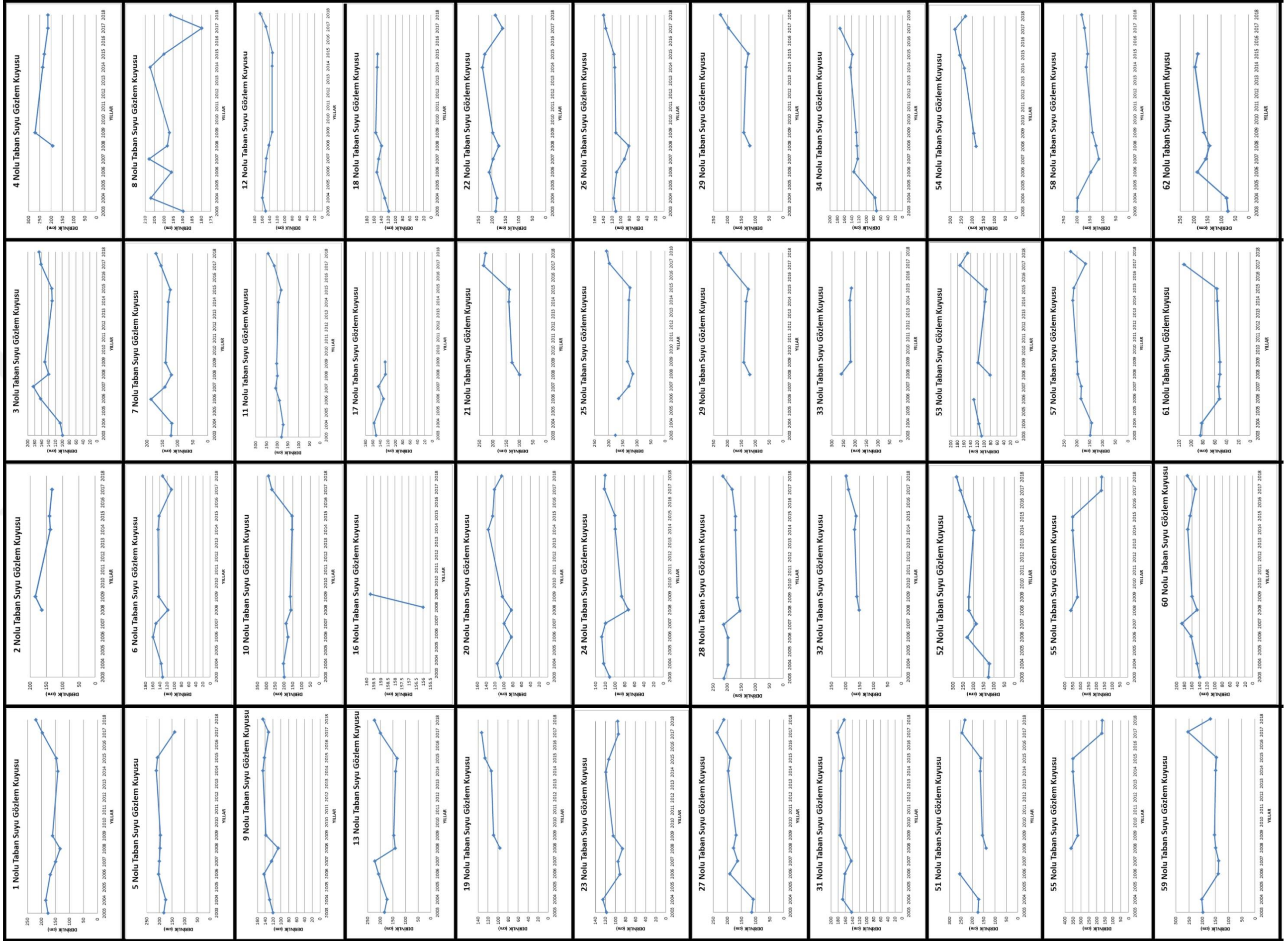
|       |        |          |                    |  |       |    |         |        |
|-------|--------|----------|--------------------|--|-------|----|---------|--------|
| Tokat | Niksar | Kapıağzı | 56604/B kuyu       |  | H34B2 | 37 | 4484650 | 326800 |
| Tokat | Niksar | Kapıağzı | 56602 kuyu         |  | H37B2 | 37 | 4484500 | 327550 |
| Tokat | Niksar | Gözpınar | 61655 kuyu         |  | G37D3 | 37 | 4497509 | 307605 |
| Tokat | Niksar | Gözpınar | 61656 kuyu         |  | G37D3 | 37 | 4498906 | 307373 |
| Tokat | Niksar | Yakınca  | 58173 kuyu         |  | G37D3 | 37 | 4497750 | 309325 |
| Tokat | Niksar | Kapıağzı | 56604/A            |  |       |    |         |        |
| Tokat | Niksar | Gözpınar | 61655 kuyu         |  | G37D3 | 37 | 4497509 | 307605 |
| Tokat | Niksar | Gözpınar | 61656 kuyu         |  | G37D3 | 37 | 4498906 | 307373 |
| Tokat | Niksar | Yakınca  | 58173 kuyu         |  | G37D3 | 37 | 4497750 | 309325 |
| Tokat | Niksar | Ağpınar  | Ağpınar Kaynağı    |  |       |    |         |        |
| Tokat | Niksar | Boyluca  | Boyluca<br>Kaynağı |  |       |    |         |        |

Ek-3. Taban Suyu İzleme Kuyuları Numara ve Koordinat Listesi

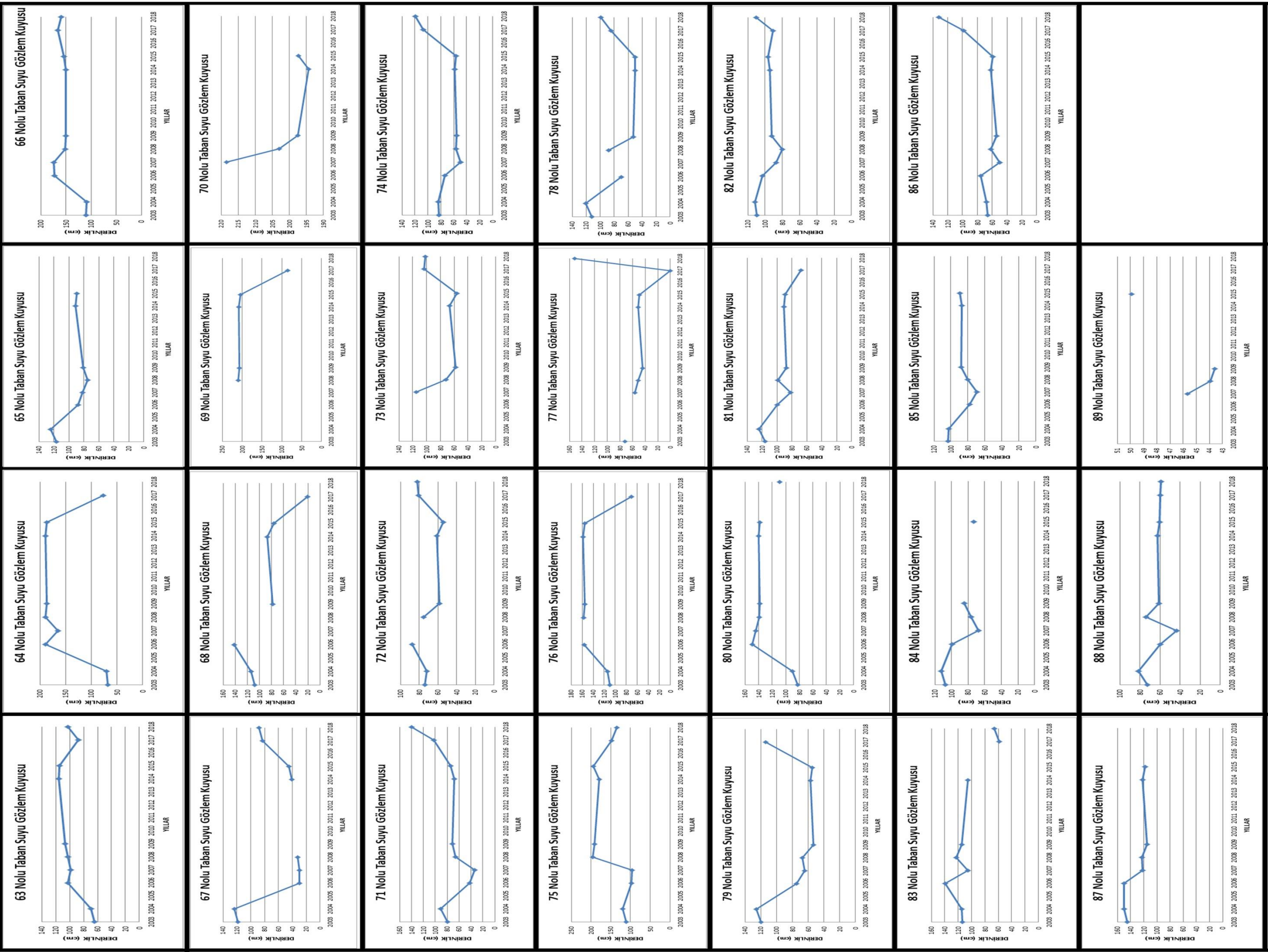
| Kuyu Numarası | Kordinat (X) | Kordinat (Y) | Kuyu Numarası | Kordinat (X) | Kordinat (Y) |
|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| 1             | 37 323044 D  | 449 3303 K   | 55            | 37 318396 D  | 449 5138 K   |
| 2             | 37 323821 D  | 449 3893 K   | 56            | 37 315841 D  | 449 6777 K   |
| 3             | 37 322771 D  | 449 4491 K   | 57            | 37 316093 D  | 449 7259 K   |
| 4             | 37 322601 D  | 449 3283 K   | 58            | 37 317925 D  | 449 7604 K   |
| 5             | 37 322500 D  | 449 3816 K   | 59            | 37 319560 D  | 449 6689 K   |
| 6             | 37 321883 D  | 449 3903 K   | 60            | 37 321911 D  | 449 5443 K   |
| 7             | 37 322005 D  | 449 4618 K   | 61            | 37 321289 D  | 449 8448 K   |
| 8             | 37 321165 D  | 449 4894 K   | 62            | 37 321288 D  | 449 8579 K   |
| 9             | 37 321385 D  | 449 5716 K   | 63            | 37 321151 D  | 449 8390 K   |
| 10            | 37 320469 D  | 449 6170 K   | 64            | 37 320737 D  | 449 8324 K   |
| 11            | 37 319609 D  | 449 6542 K   | 65            | 37 320244 D  | 449 8448 K   |
| 12            | 37 318452 D  | 449 6862 K   | 66            | 37 319644 D  | 449 9402 K   |
| 13            | 37 317308 D  | 449 7277 K   | 67            | 37 318895 D  | 449 9694 K   |
| 16            | 37 322207 D  | 449 1815 K   | 68            | 37 318545 D  | 449 9877 K   |
| 17            | 37 323294 D  | 449 2434 K   | 69            | 37 317089 D  | 449 8968 K   |
| 18            | 37 322428 D  | 449 2369 K   | 70            | 37 316949 D  | 449 9140 K   |
| 19            | 37 321893 D  | 449 2165 K   | 71            | 37 321230 D  | 449 8336 K   |
| 20            | 37 321096 D  | 449 3012 K   | 72            | 37 321705 D  | 449 9098 K   |
| 21            | 37 322164 D  | 449 2296 K   | 73            | 37 321275 D  | 449 8138 K   |
| 22            | 37 321322 D  | 449 3128 K   | 74            | 37 322020 D  | 449 7925 K   |
| 23            | 37 320632 D  | 449 3200 K   | 75            | 37 323045 D  | 449 6585 K   |
| 24            | 37 320857 D  | 449 3323 K   | 76            | 37 323468 D  | 449 6703 K   |
| 25            | 37 320829 D  | 449 3770 K   | 77            | 37 323914 D  | 449 5325 K   |
| 26            | 37 319472 D  | 449 3257 K   | 78            | 37 324322 D  | 449 4580 K   |
| 27            | 37 319669 D  | 449 4231 K   | 79            | 37 324284 D  | 449 4359 K   |
| 28            | 37 318992 D  | 449 4050 K   | 80            | 37 325090 D  | 449 4257 K   |
| 29            | 37 319715 D  | 449 4684 K   | 81            | 37 324724 D  | 449 4309 K   |
| 30            | 37 319510 D  | 449 5021 K   | 82            | 37 324417 D  | 449 3818 K   |
| 31            | 37 318135 D  | 449 5630 K   | 83            | 37 325259 D  | 449 4220 K   |
| 32            | 37 318405 D  | 449 5747 K   | 84            | 37 324720 D  | 449 3990 K   |
| 33            | 37 314792 D  | 449 7495 K   | 85            | 37 324887 D  | 449 3324 K   |
| 34            | 37 318023 D  | 449 5984 K   | 86            | 37 325339 D  | 449 3461 K   |
| 51            | 37 317038 D  | 449 7343 K   | 87            | 37 325783 D  | 449 2671 K   |
| 52            | 37 316224 D  | 449 7457 K   | 88            | 37 326370 D  | 449 1294 K   |
| 53            | 37 317344 D  | 449 6320 K   | 89            | 37 322078 D  | 449 7830 K   |
| 54            | 37 317111 D  | 449 5867 K   |               |              |              |



Ek-4. 1-62 No.lu Taban Suyu Gözlem Kuyularında Taban Suyu Derinliğinin Yıllara Göre Değişimi



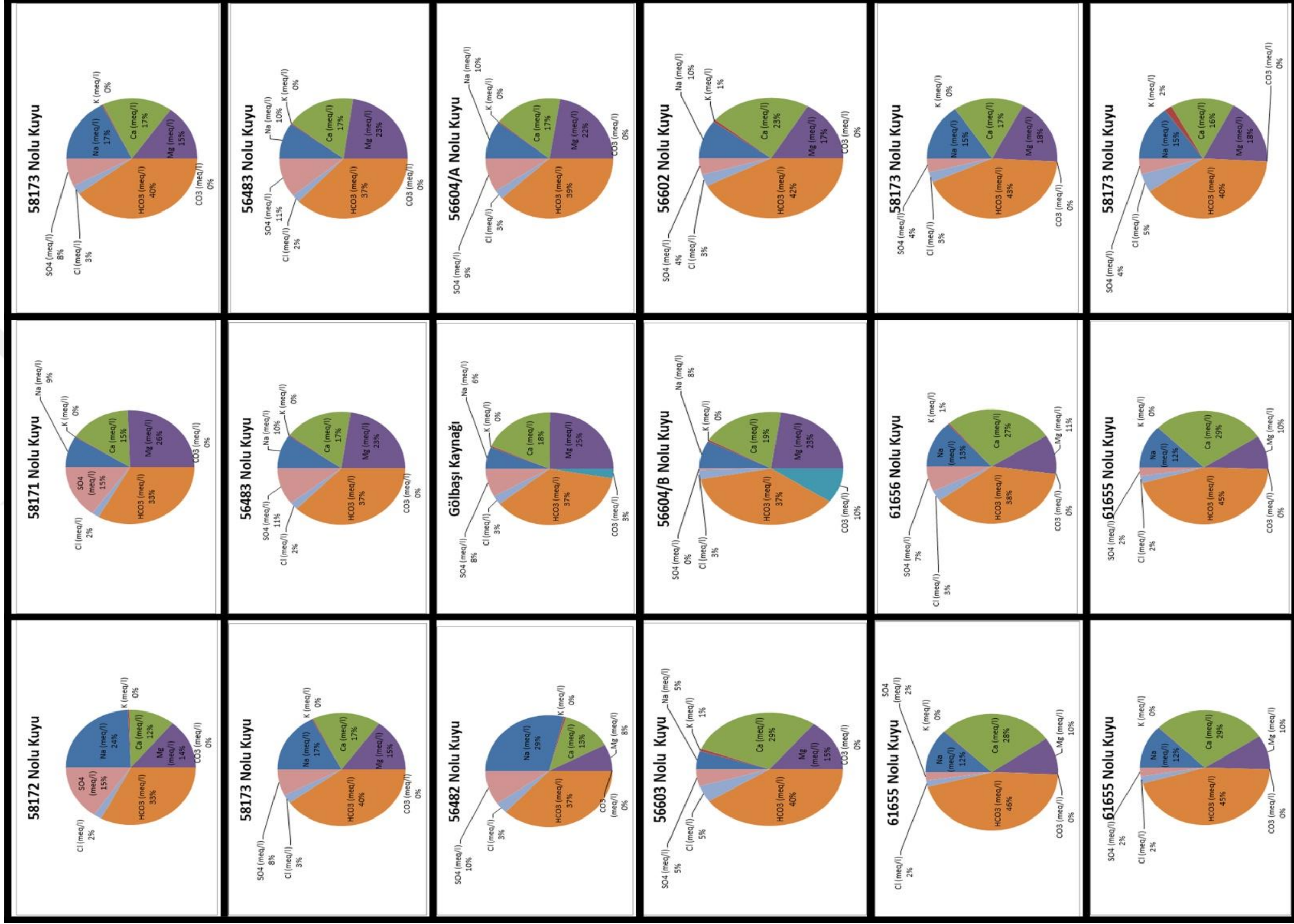
Ek-5. 63-89 No.lu Taban Suyu Gözlem Kuyularında Taban Suyu Derinliğinin Yıllara Göre Değişimi



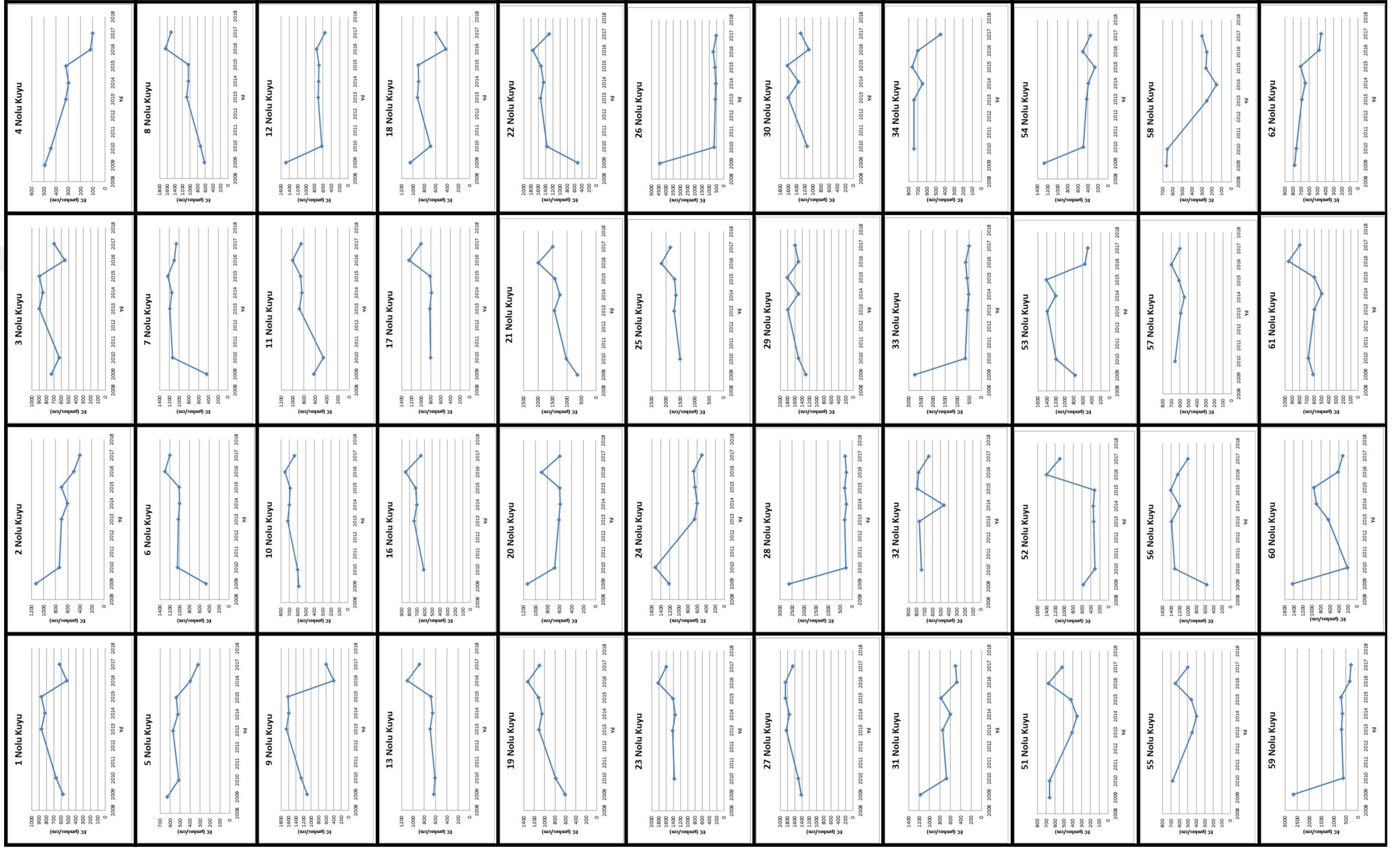
Ek-6. Gözlem Kuyularının 2015-2017 Yılları Su Kalitesi Karşılaştırması

| 2015 Yılı |  | 2017 Yılı |  | 2015 Yılı |  | 2017 Yılı |  |
|-----------|--|-----------|--|-----------|--|-----------|--|
| 1         |  | 1         |  | 3         |  | 3         |  |
| 4         |  | 4         |  | 6         |  | 6         |  |
| 7         |  | 7         |  | 8         |  | 8         |  |
| 9         |  | 9         |  | 20        |  | 20        |  |
| 22        |  | 22        |  | 28        |  | 28        |  |
| 29        |  | 29        |  | 31        |  | 31        |  |
| 32        |  | 32        |  | 54        |  | 54        |  |
| 56        |  | 56        |  | 58        |  | 58        |  |
| 59        |  | 59        |  | 60        |  | 60        |  |
| 82        |  | 82        |  | 79        |  | 79        |  |
| 80        |  | 80        |  | 78        |  | 78        |  |
| 83        |  | 83        |  | 75        |  | 75        |  |

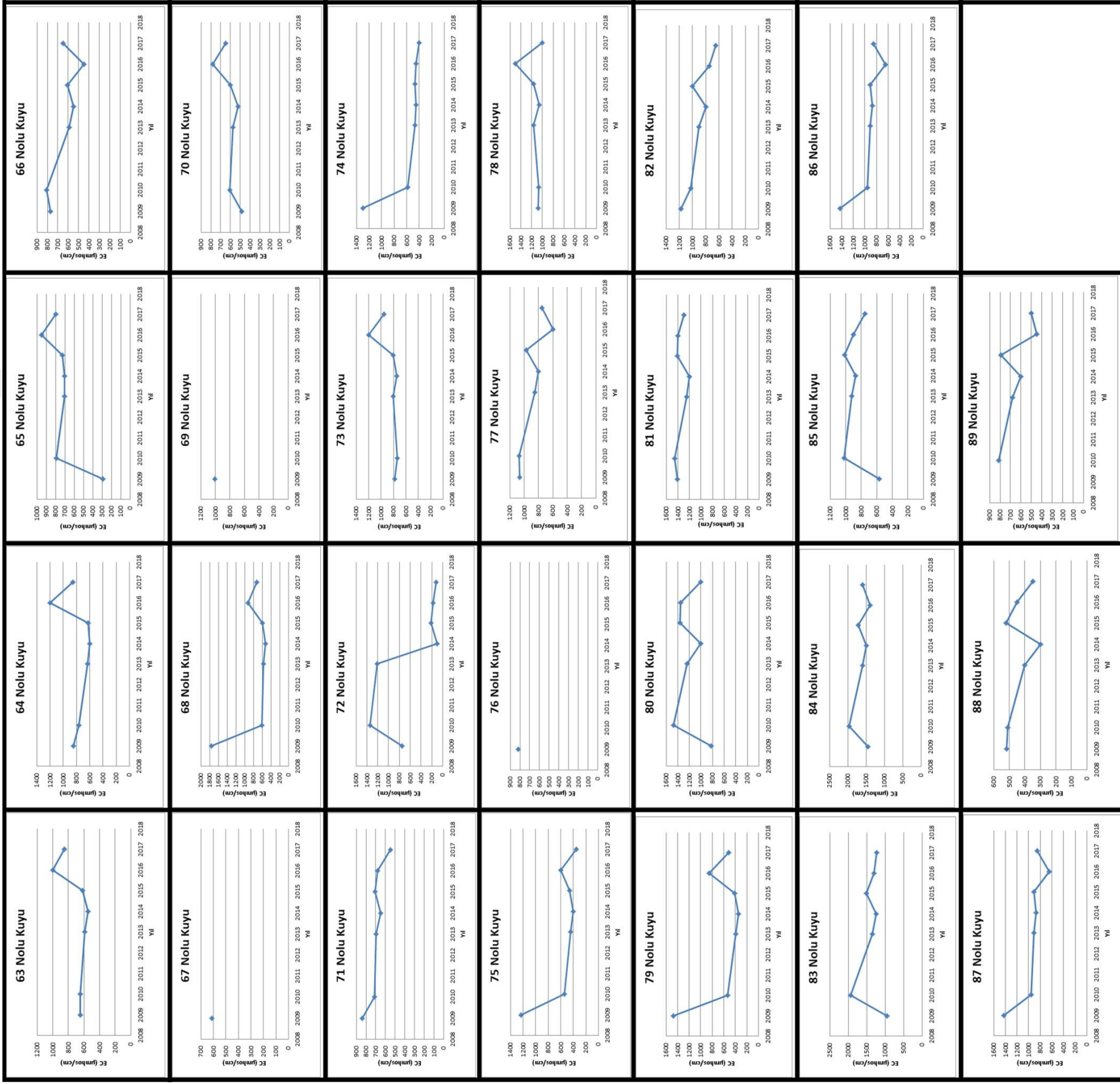
Ek-7. Sondaj Kuyularının Su Kalitesinin Grafiksel Gösterimi



Ek-8. 1-62 No.lu Gözlem Kuyularının 2009-2017 Yılları Arasında Elektriksel İletkenlik (EC) Değerleri Değişimi

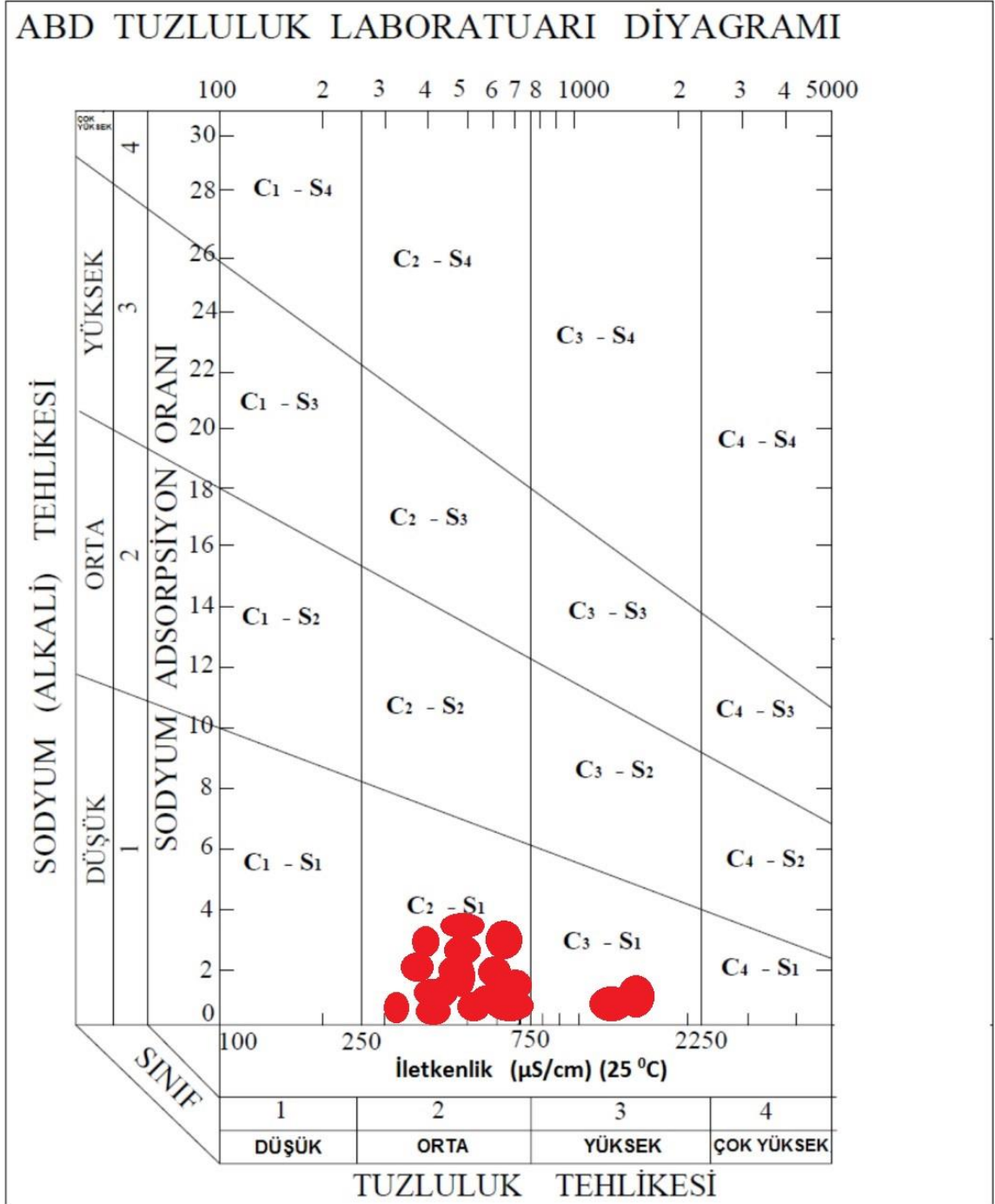


Ek-9. 62-89 No.lu Gözlem Kuyularının 2009-2017 Yılları Arasında Elektriksel İletkenlik (EC) Değerleri Değişimi



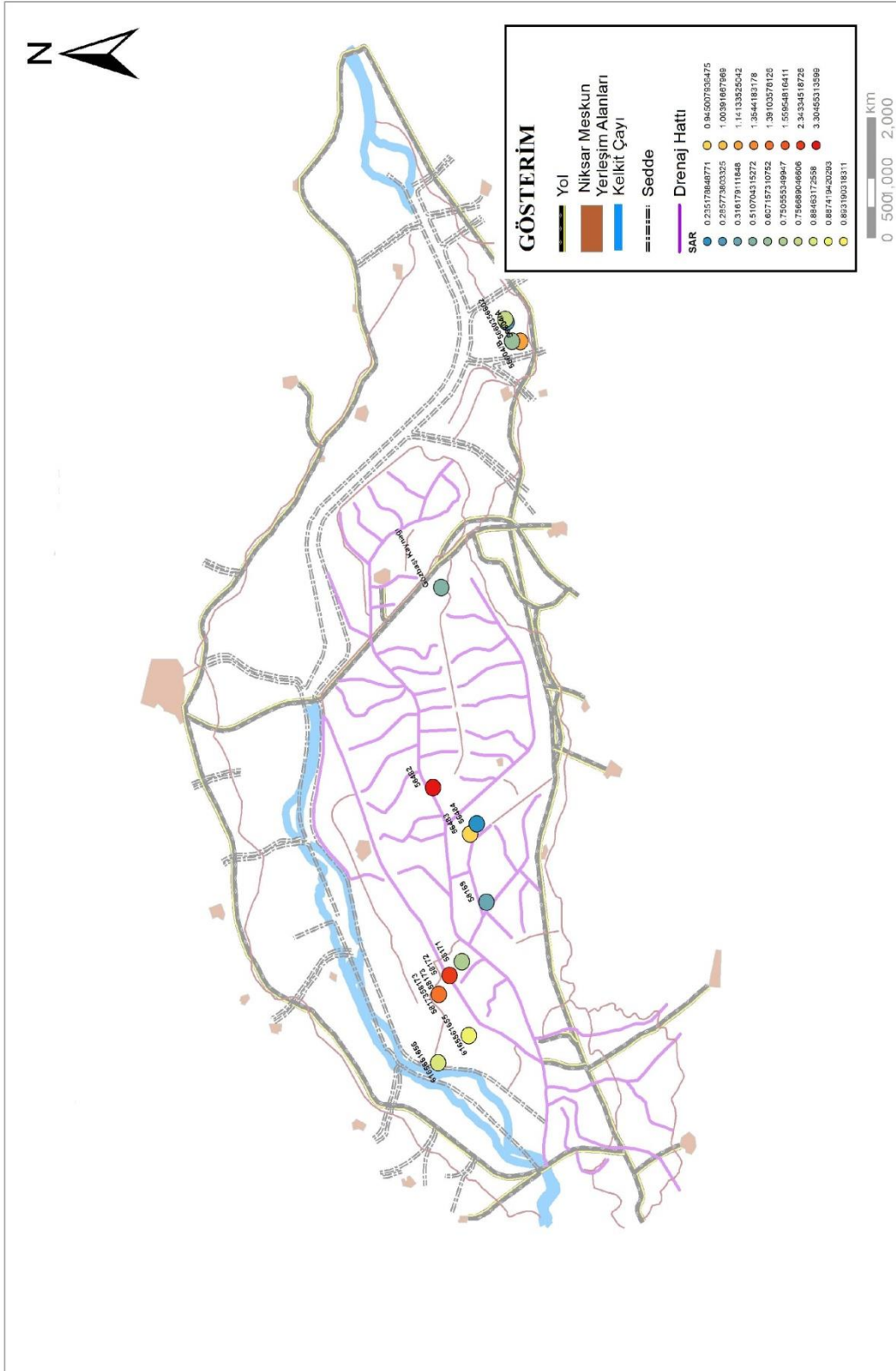


Ek-11. Sondaj Kuyularının Su Kalitesinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramında Gösterilmesi

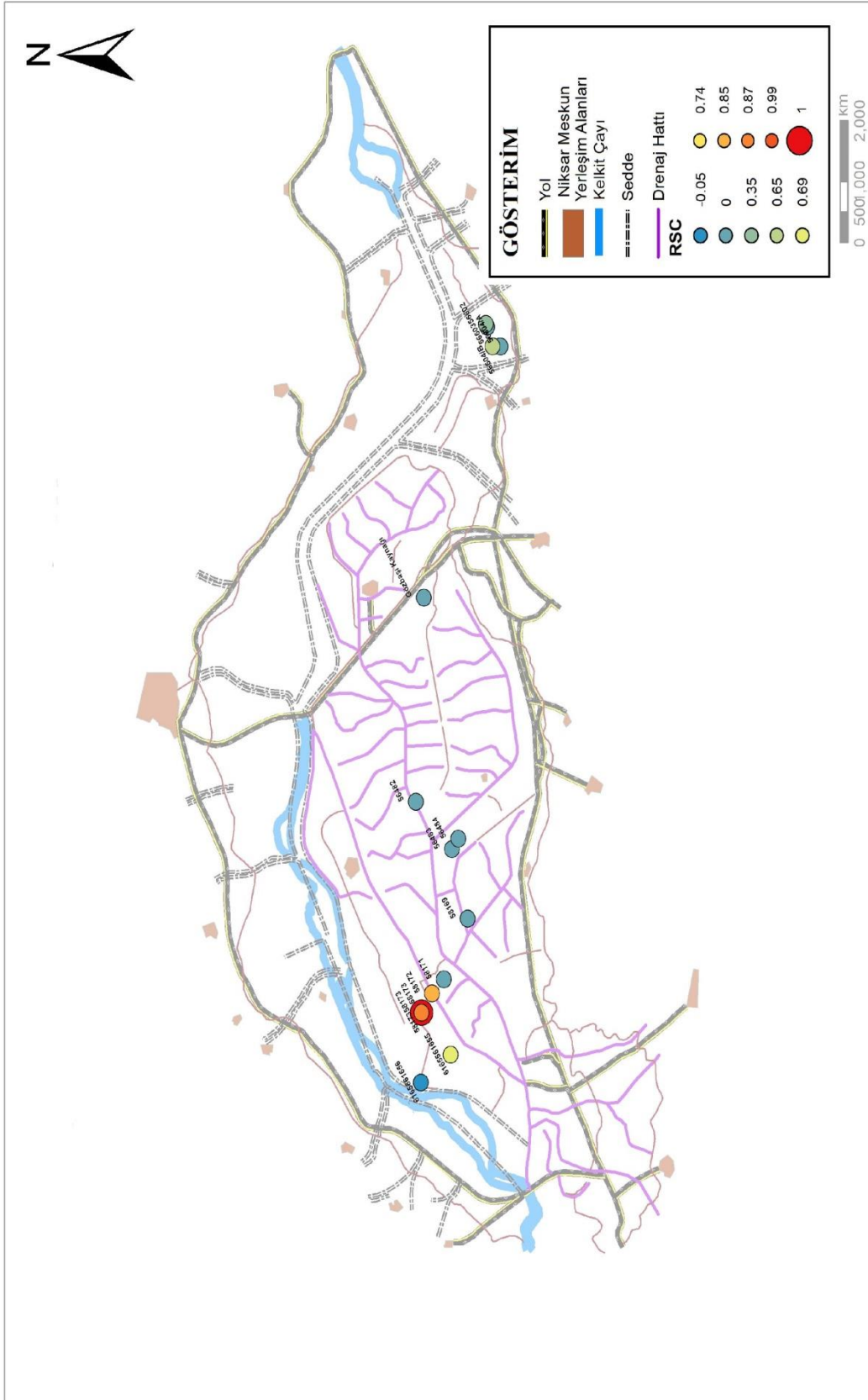




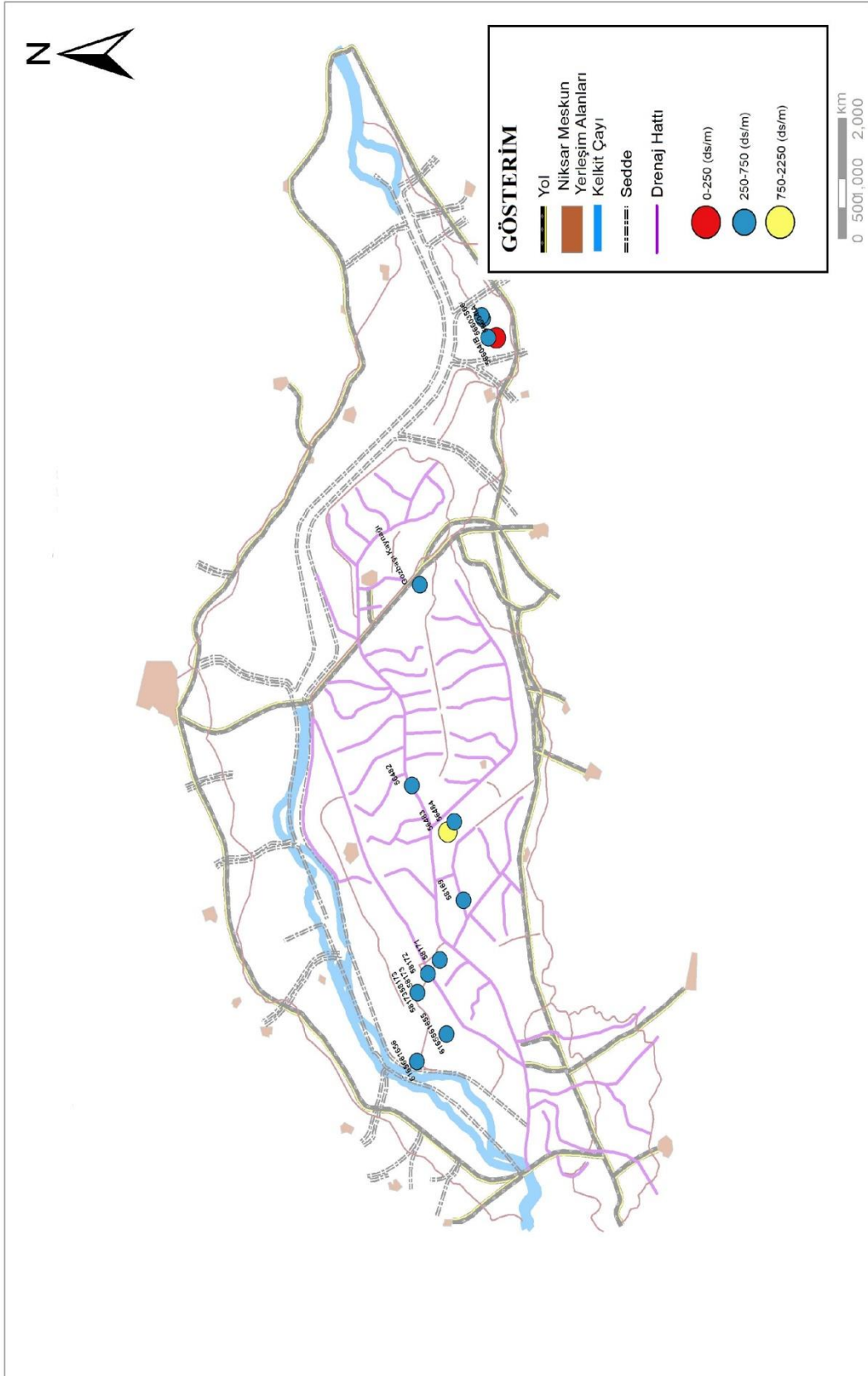
Ek-12. Sondaj Kuyularının SAR Değerlerini Gösterir Harita



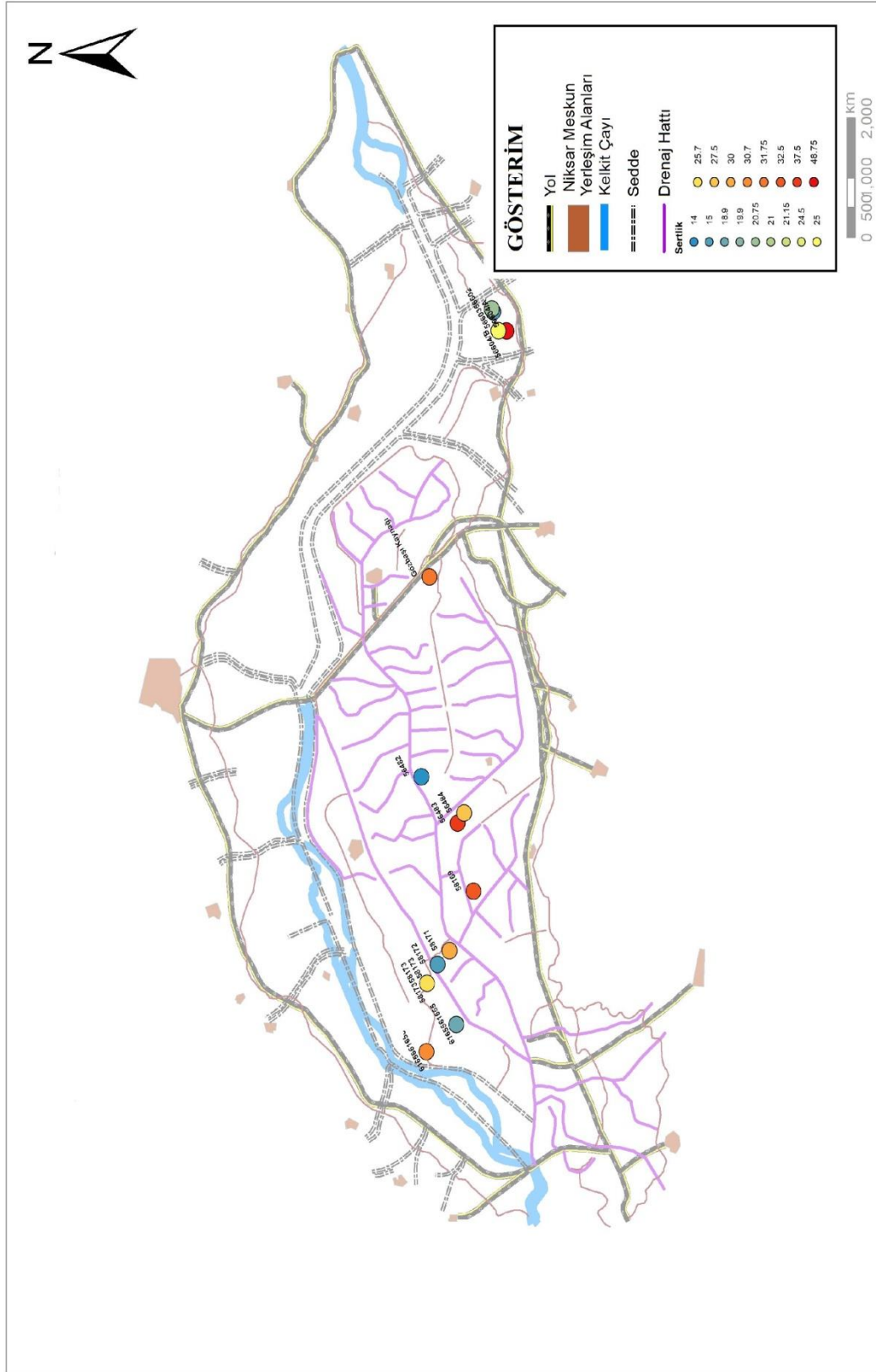
Ek-13. Sondaj Kuyularının RSC Değerlerini Gösterir Harita



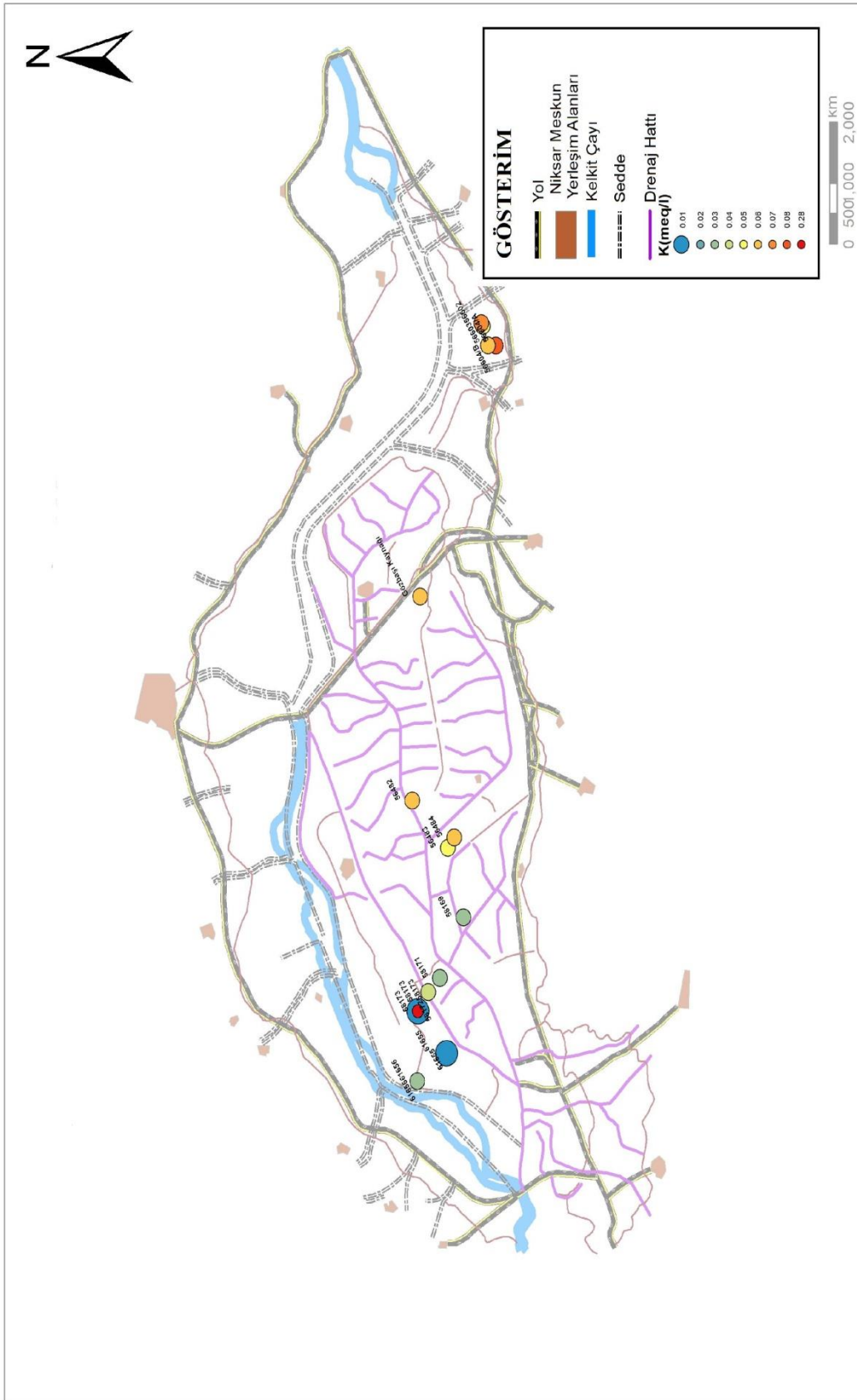
Ek-14. Sondaj Kuyularının EC Değerlerine Göre Sınıflarını Gösterir Harita



Ek-15. Sondaj Kuyularının Sertlik Değerlerini Gösterir Harita



Ek-16. Sondaj Kuyuların Potasyum (K) Değerlerini Gösterir Harita



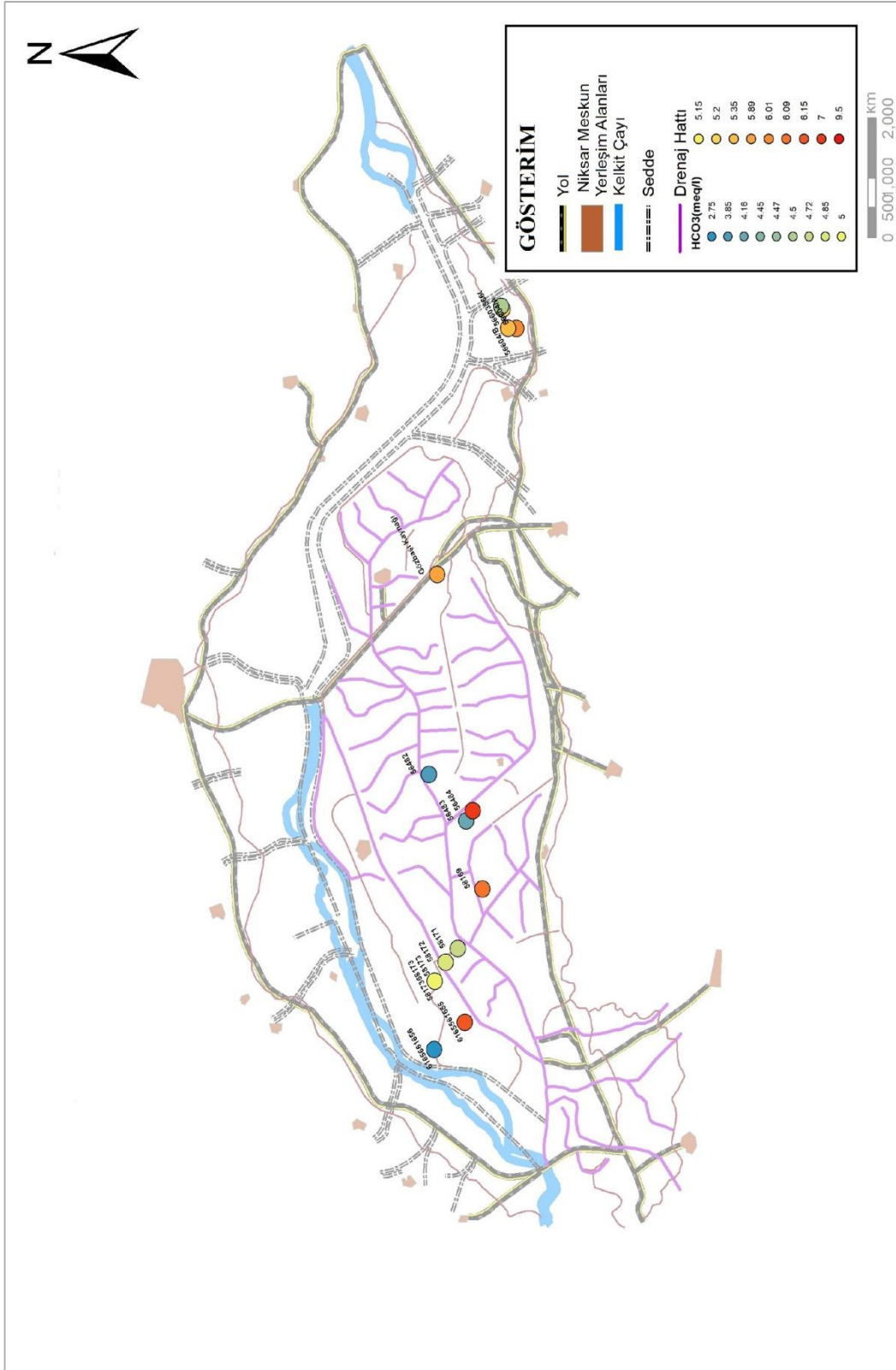
Ek-17. Sondaj Kuyularının Amonyak (NH<sub>4</sub>) Değerlerini Gösterir Harita



Ek-18. Sondaj Kuyuları Su Örnekleri Organik Madde Değerlerini Gösterir Harita

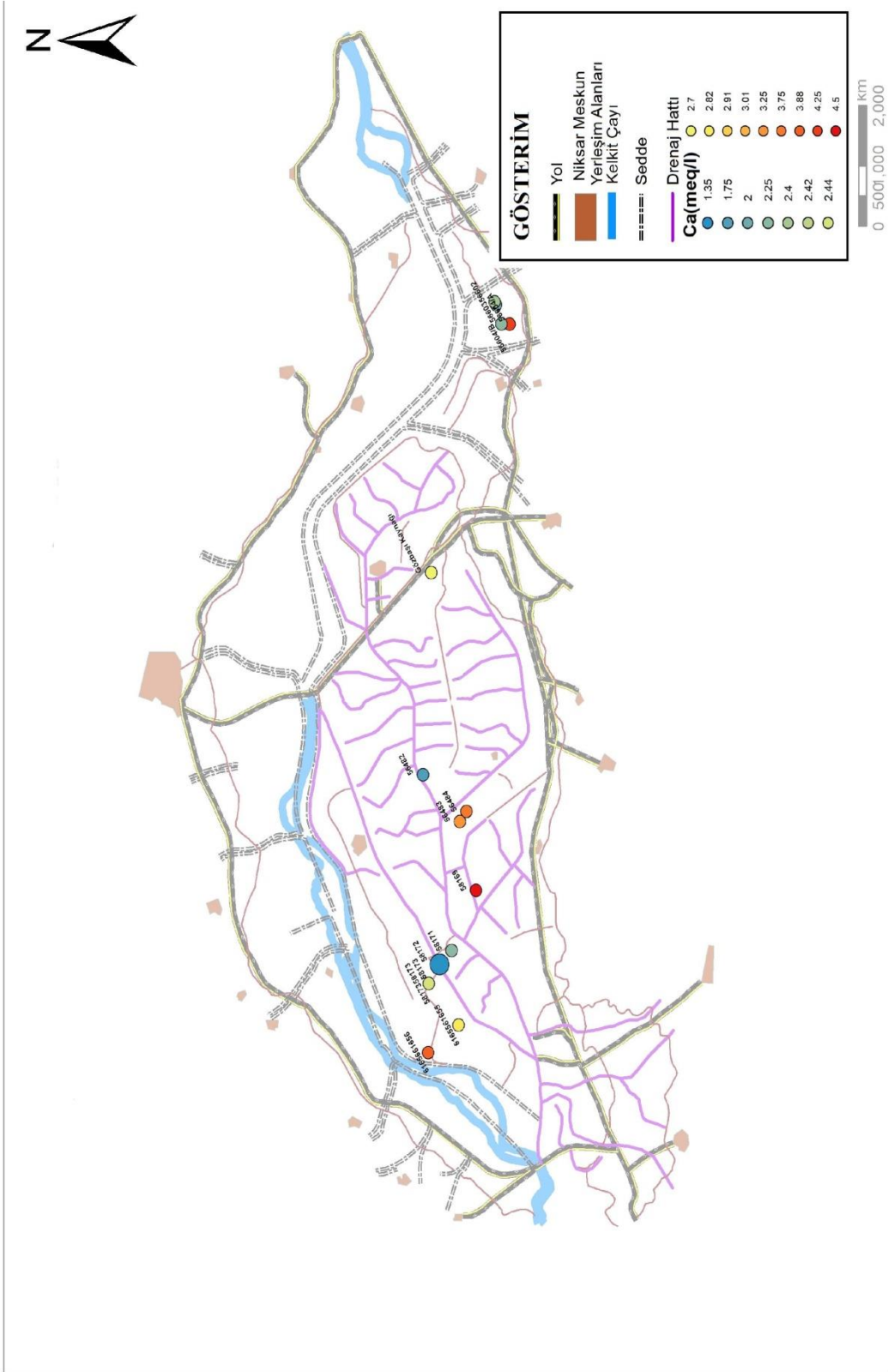


Ek-19. Sondaj Kuyuların Bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ) Değerlerini Gösterir Harita

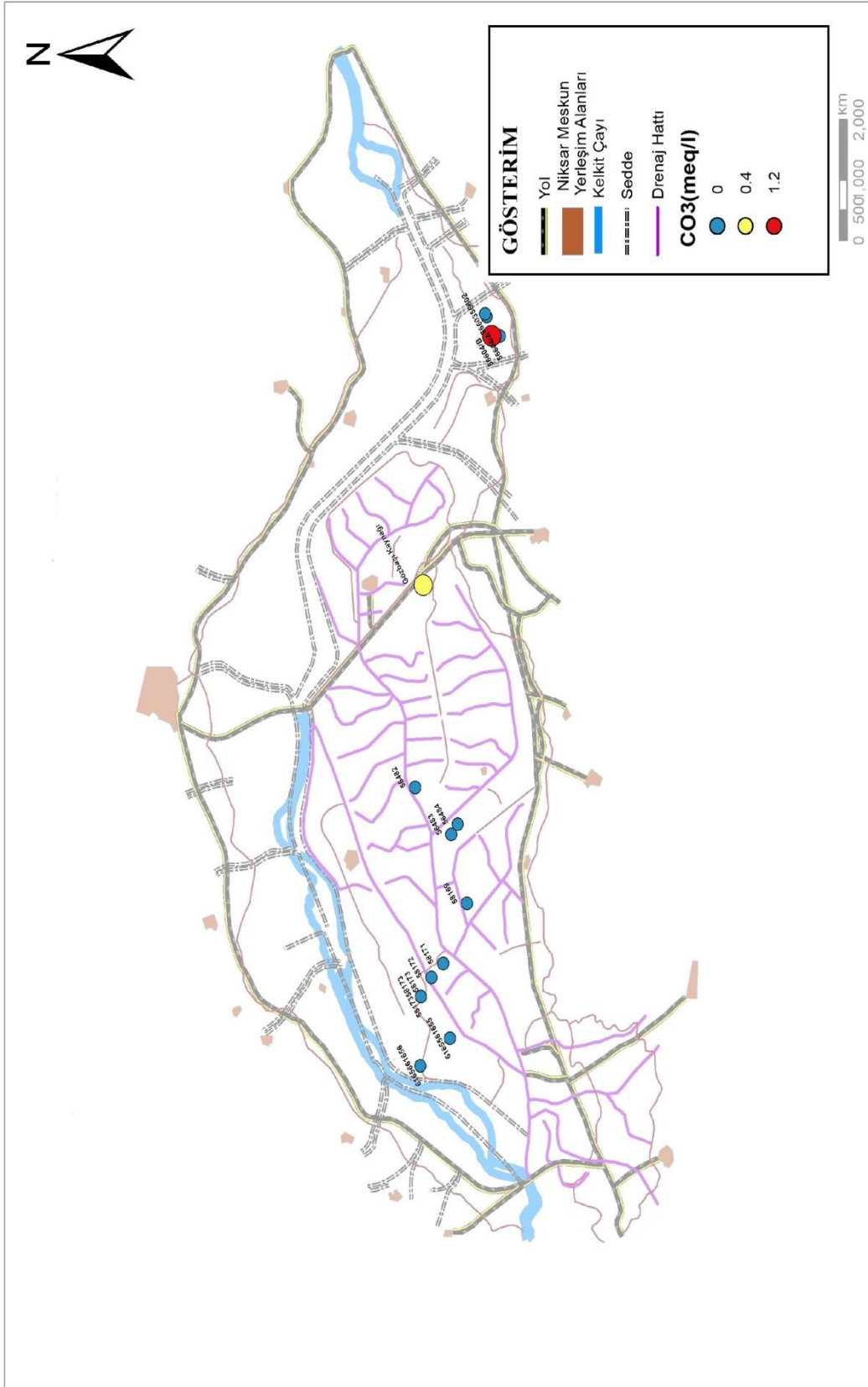




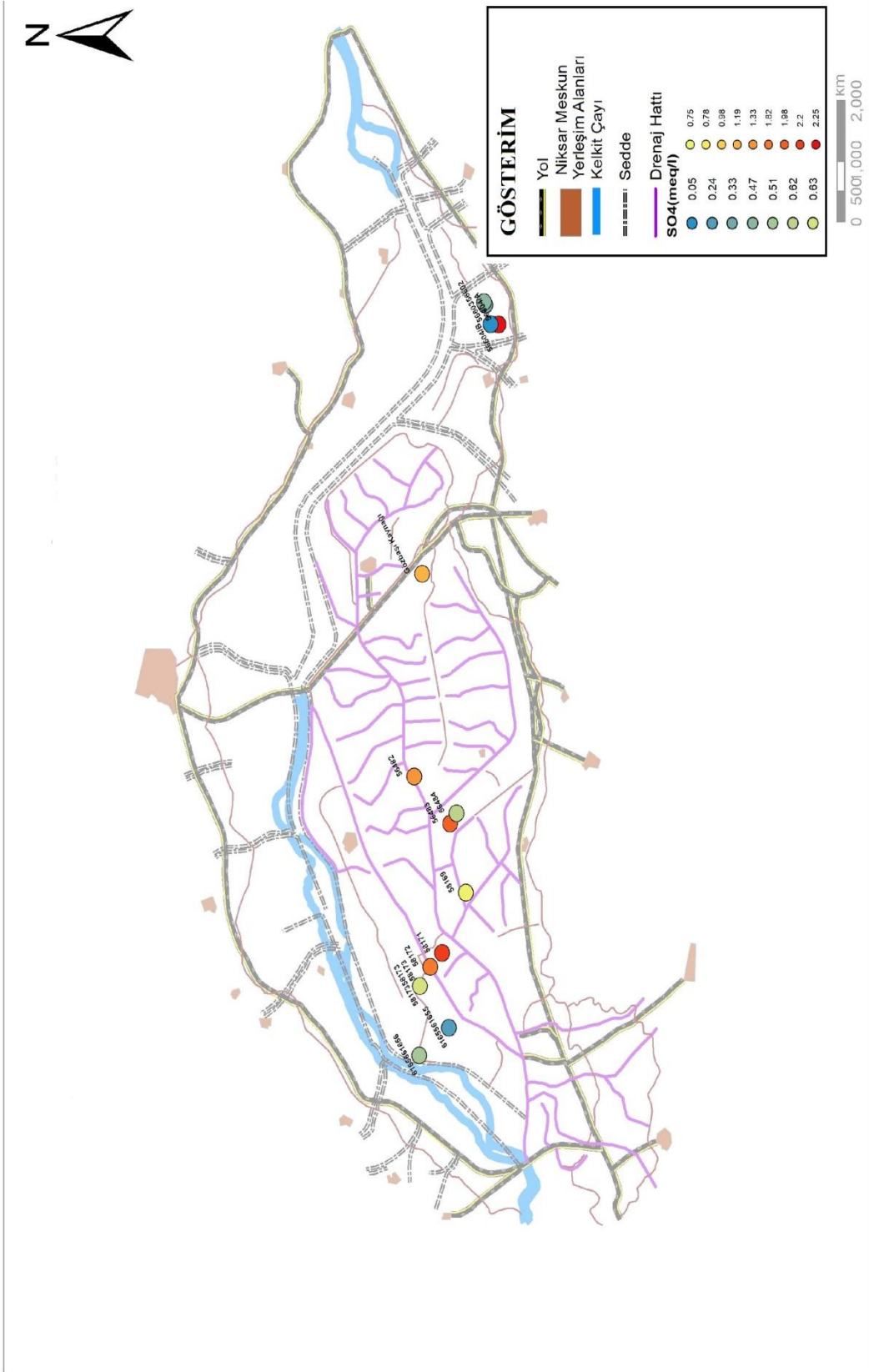
Ek-20. Sondaj Kuyularının Kalsiyum Ca Değerlerini Gösterir Harita



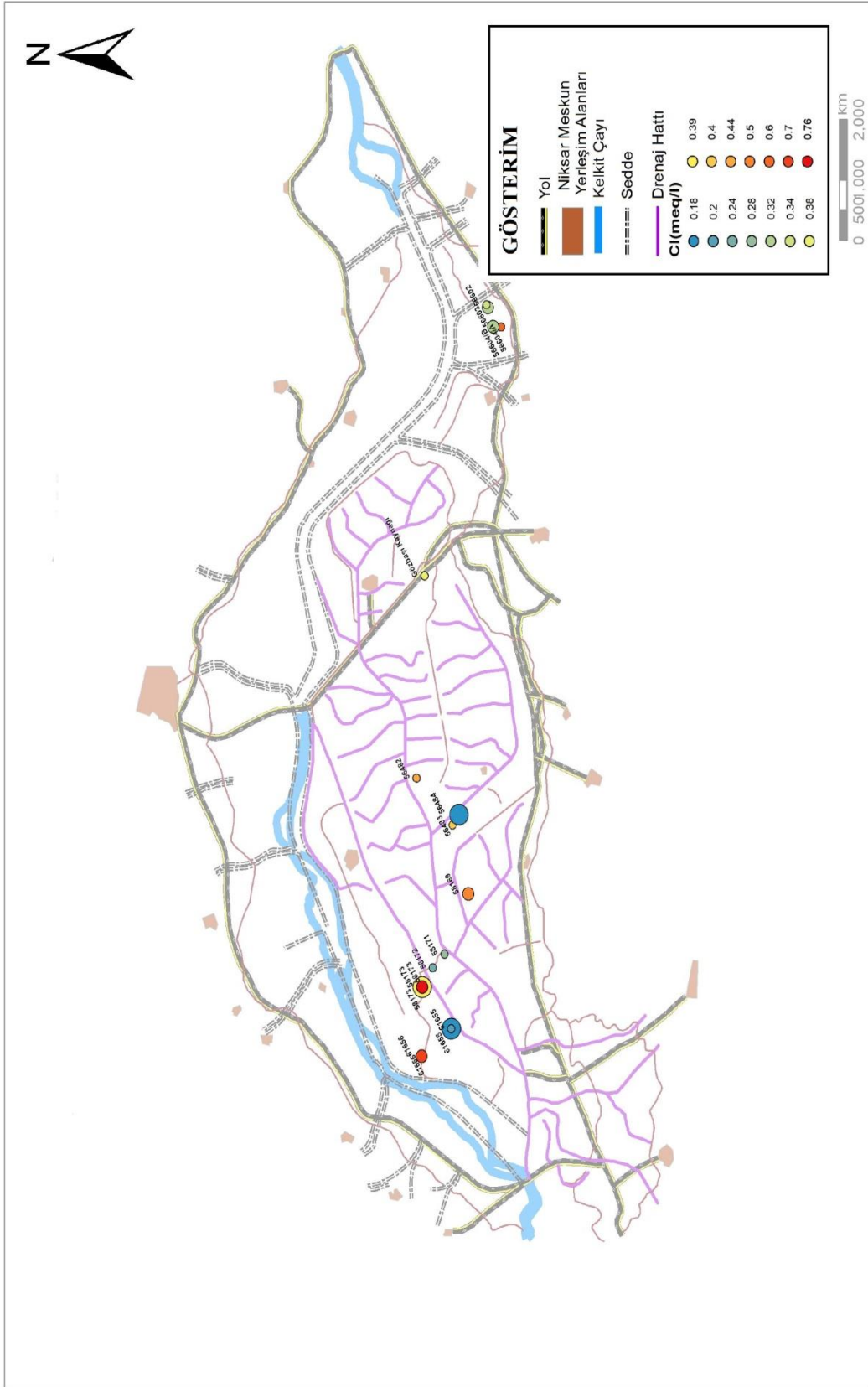
Ek-21. Sondaj Kuyularının Karbonat (CO<sub>3</sub>) Değerlerini Gösterir Harita



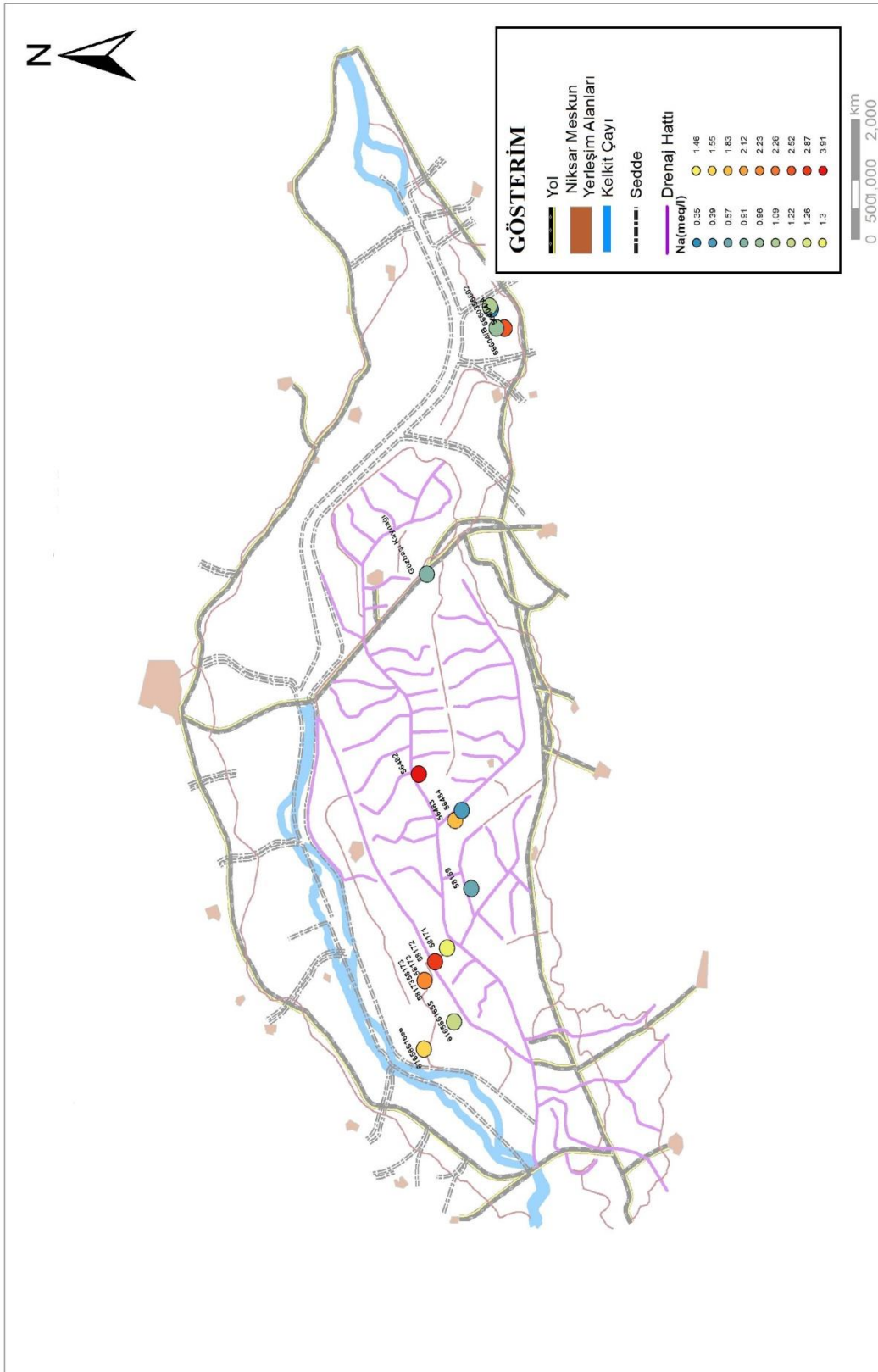
Ek-22. Sondaj Kuyularının Sülfat (SO<sub>4</sub>) Değerlerini Gösterir Harita



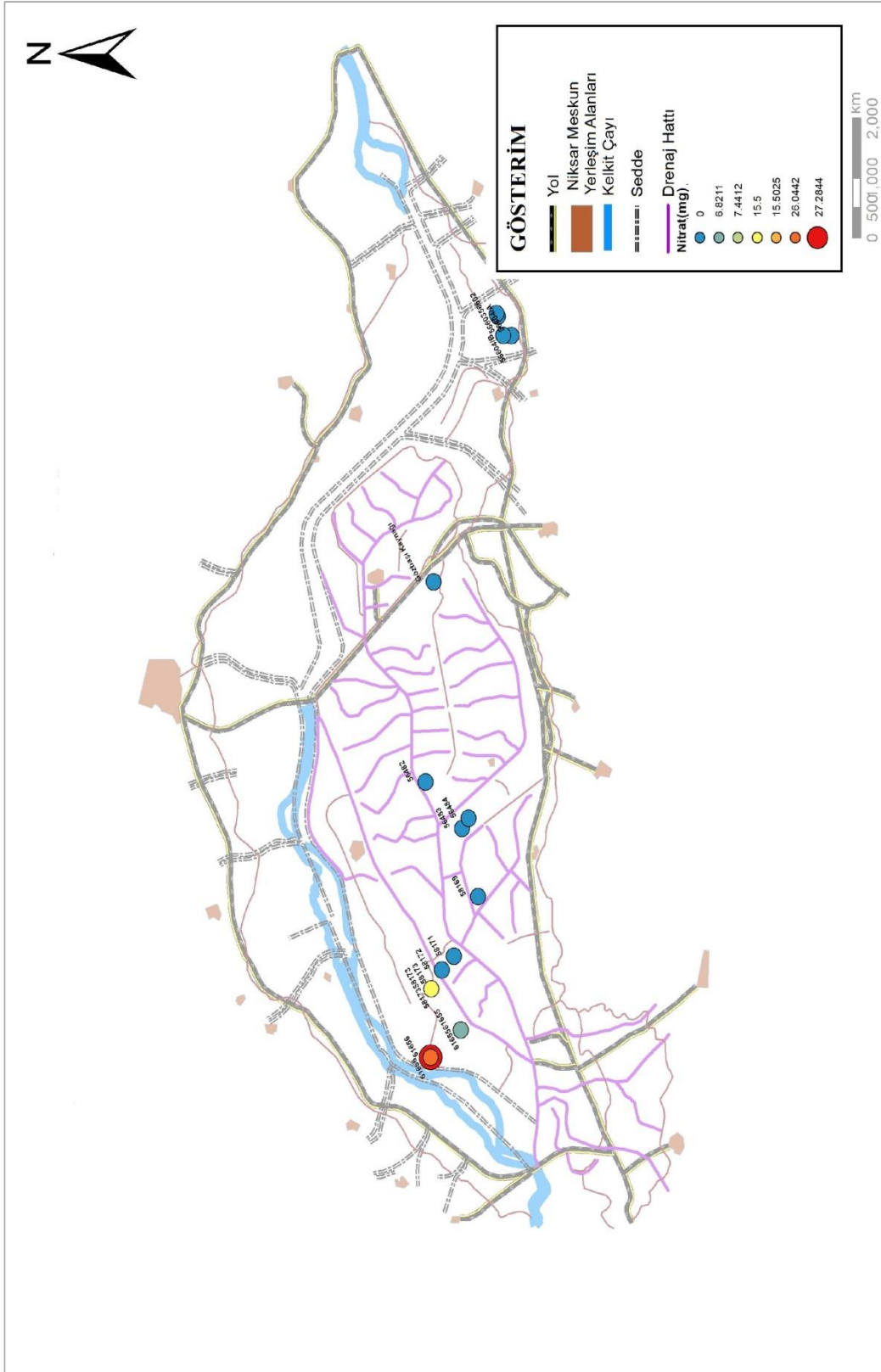
Ek-23. Sondaj Kuyuların Klor (Cl) Değerlerini Gösterir Harita



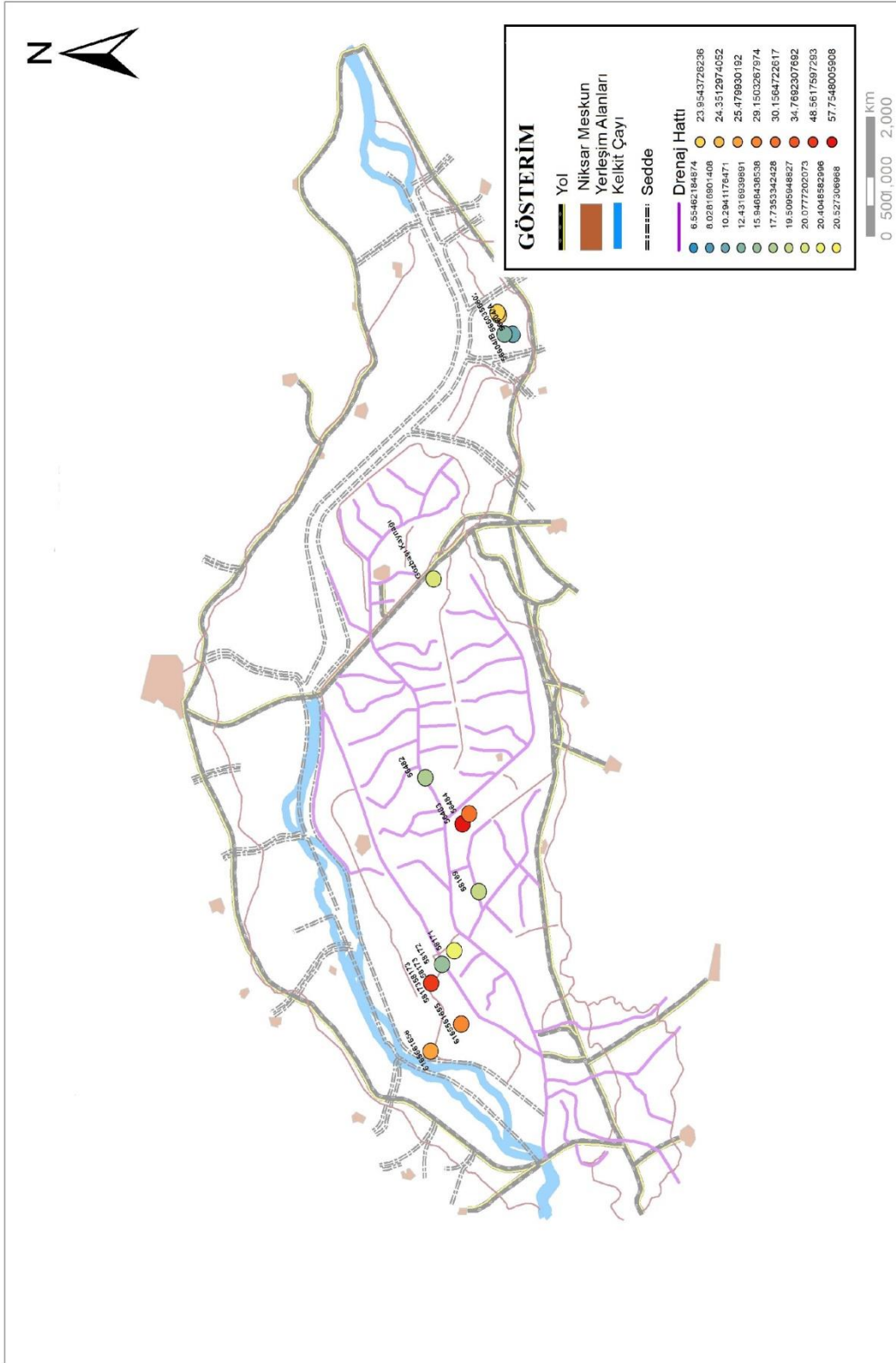
Ek-24. Sondaj Kuyularının Sodyum (Na) Değerlerini Gösterir Harita



Ek-25. Sondaj Kuyularının Nitrat Değerlerini Gösterir Harita



Ek-26. Sondaj Kuyuların Çalışma Alanındaki % Na Değerlerini Gösterir Harita

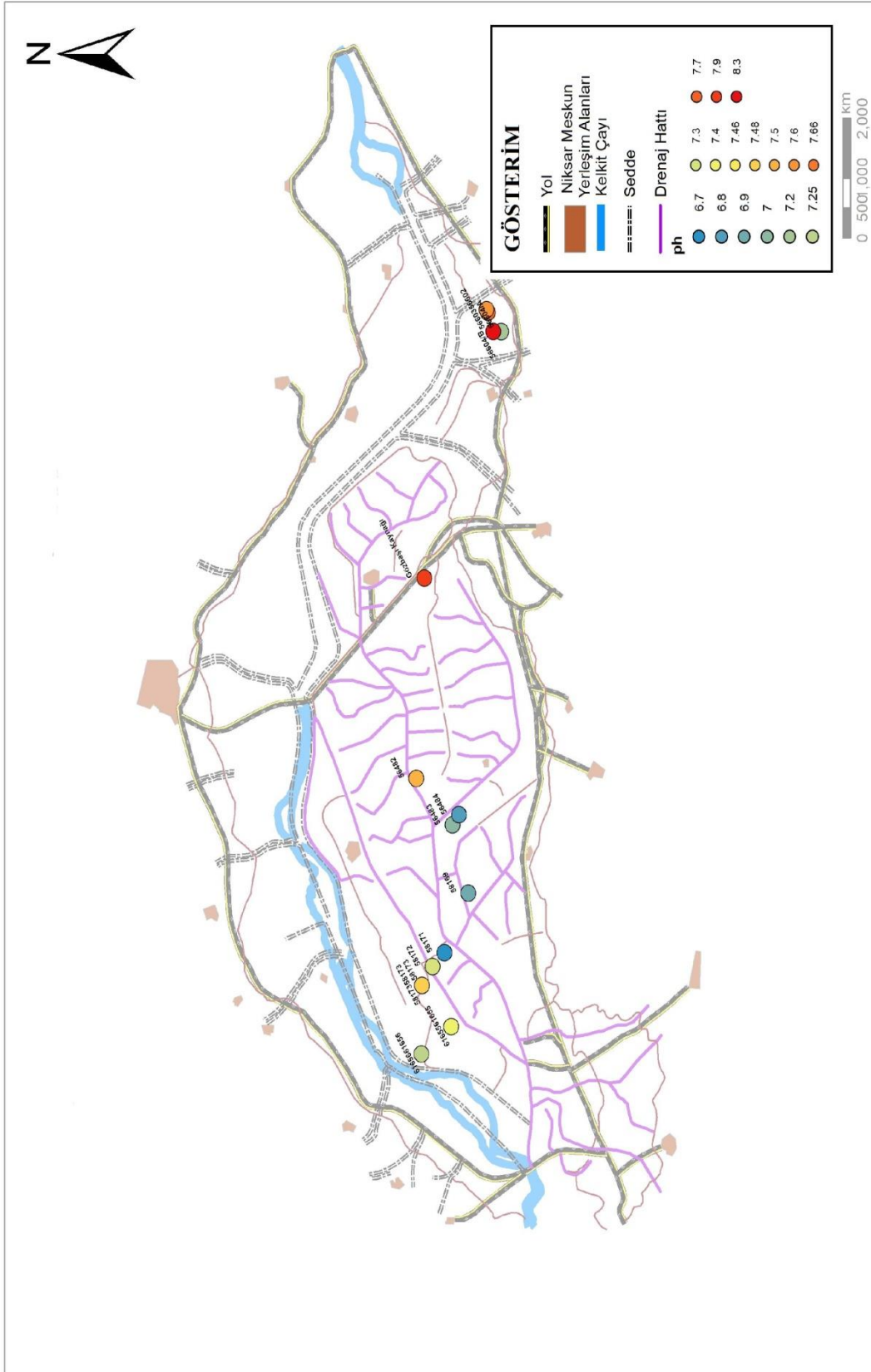


Ek-27. Sondaj Kuyularının Sulama Suyu Kalitesini Gösterir Harita





Ek-28. Sondaj Kuyularının Ph Değerlerini Gösterir Harita



## 8. ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

1. Adı Soyadı : Danişmend Hüseyin ŞAHİN
2. Doğum Tarihi ve Yeri : 1977, Niksar
3. Medeni Hali : Evli
4. Yabancı Dili : İngilizce
5. Telefon : 0 543 610 68 77
6. e-mail : vakainuvist@gmail.com

### Eğitim

| Derece        | Eğitim Birimi   | Mezuniyet Tarihi |
|---------------|---|------------------|
| Yüksek Lisans | Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi<br>Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem<br>Mühendisliği Ana Bilim Dalı | 2019             |
| Lisans        | Erciyes Üniversitesi Yozgat Mimarlık<br>Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği<br>Bölümü          | 2002             |
| Lise          | Niksar İmam Hatip Lisesi  | 1995             |

### İş Deneyimi

| Tarih<br>(Başlangıç-<br>Bitiş) | Yer   | Görev   |
|--------------------------------|---|---|
| 2010-Halen                     | Niksar Belediye Başkanlığı                                  | Proje Müdürü  |
| 2013-Halen                     | Çevre ve Şehircilik Bakanlığı<br>Niksar Belediye Başkanlığı | Niksar Entegre Su Projesi<br>Proje Koordinatörü     |
| 2016-2018                      | Akil Muhtar Erdem Sokak<br>Sağlıklaştırma Projesi           | Genel Koordinatör                                   |
| 2010-2013                      | Niksar Belediye Başkanlığı                                  | Strateji Geliştirme Müdürü                          |
| 2013-2016                      | Niksar Belediye Başkanlığı                                  | Toplam Kalite Yönetimi Sorumlusu                    |
| 2011-2013                      | Niksar Arasta Çarşısı Restorasyon<br>Projesi                | Proje Koordinatörü                                  |
| 2011-2013                      | Niksar Kalesi Rekreasyon Projesi                            | Proje Koordinatörü                                  |
| 2004 – 2010                    | Niksar Belediye Başkanlığı                                  | AB Proje Hazırlama ve<br>Koordinasyon Birimi Müdürü |
| 2007 – 2011                    | Aşağı Kelkit Havzası Çevre<br>Hizmetleri Birliği            | Birlik Müdürü                                       |

|             |   |   |
|-------------|---|---|
| 2010-2013   | Niksar'da Kadın Girişimciliğın Desteklenmesi Projesi                            | Proje Koordinatörü  |
| 2010-2013   | Aşağı Kelkit Havzası Evde Yaşlı Bakım Elamanı Yetiştirme Projesi                | Proje Danışmanı   |
| 2008-2009   | Niksar Kalesi Restorasyon Projesi   | Uzman   |
| 2008- 2010  | Niksar Belediyesi   | Niksar Management Plan Project, Proje Koordinatörü                              |
| 2004-2006   | Niksar Yağıbasan Medresesi Restorasyonu   | Uzman   |
| 2006-2007   | Niksar Yağıbasan Turbesi Restorasyonu   | Uzman   |
| 2006-2007   | Hükümet Konağı Çevre Düzenleme ve Taşmektep Sokağı Sokak Sağlıklaştırma Projesi | Uzman   |
| 2006 – 2007 | Ünal Mobilya  | Proje Danışmanı   |
| 2006 – 2007 | Zihinsel Yetersiz Çocukları Yetiştirme ve Koruma Vakfı Niksar Şubesi            | AB Projesi Proje Koordinatörü   |
| 2006 – 2007 | Kelkit Havzası Araştırma Merkezi  | Niksar Metropolitan Projesi Uzman   |
| 2005 – 2006 | Niksar Belediye Başkanlığı  | Sürdürülebilir Bölgesel Kalkınma İçin Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Projesi Uzmanı |
| 2005 – 2006 | Niksar Belediye Başkanlığı  | Eski Hükümet Konağı Kent Belleği Dönüşüm Projesi Uzmanı                         |
| 2005 – 2006 | Niksar Belediye Başkanlığı  | Bölgesel Hayvan Projesi Uzmanı  |
| 2004 – 2005 | Niksar Meslek Yüksek Okulu  | AB Projesi, Aktif İşgücü Eğitim Kurs Programları Projesi, Proje Koordinatörü    |
| 2003 – 2004 | Reksan Havuz İnş. Taah. Ltd. Şti.   | Teknik Hizmetleri Şefi  |
| 2003        | UĞURAL AŞ.  | Şantiye Oparatörü   |
| 1998 – 2001 | Birlik Medya A.Ş.   | Program Yapımcısı / Sunucusu  |

## **Diğer İlgili Bilgiler (Sertifika/ Eğitim)**

- Kelkit Havzası Kalkınma Birliği AB proje hazırlama ve proje yazım yöntemleri konusunda kurumsal kapasite oluşturma katılım sertifikası.
- Bölgesel Çevre Merkezi (REC) Türkiye proje yönetimi eğitimi katılım belgesi.
- Tarihi Kentler Birliği proje teklifi hazırlama semineri katılım belgesi.
- Tarihi Kentler Birliği Gaziantep Buluşması katılım belgesi.
- Afet Zararlarının Azaltma eğitim semineri sertifikası.
- Kamu Araştırma Vakfı proje hazırlama eğitim semineri sertifikası.
- Çevre İl Orman Müdürlüğü Tehlikeli Atıkları Bertarafı eğitim sertifikası
- Ocak 2009 Karskrona UNECCO Çalıştayı İSVEÇ
- Nisan 2009 Dünya Kültür Mirası Çalıştayı İSVEÇ
- Mayıs 2009 Avrupa Yönetim Plan Yaklaşımları Çalıştayı
- Temmuz 2009 Turizm Çalıştayı Kopenag/DANİMARKA, Malmö –Karskrona /İSVEÇ
- Kasım 2010 Yönetim Plan Çalıştayı Avrupa Tarihi Kentler Birliği Avusturya/ Graz
- Ocak 2011 Çevre Önceliğinde Kent Planlama Çalıştayı İtalya/Sulmano
- Medeniyetlerin Yaşamakta Direndiği Şehir 2014
- Niksar Kalesi Restorasyon Proje Alanın Jeolojik ve Jeoteknik Açından İncelenmesi Zemin Karakteristiği ve Risk Analizlerinin Yapılması 2010 (Rapor)
- Niksar Yağlıbasan Mederesesi Alanın Jeolojik ve Jeoteknik Açından İncelenmesi Zemin Karakteristiği ve Risk Analizlerinin Yapılması 2007 (Rapor)
- Niksar Kale Hamamı Alanın Jeolojik ve Jeoteknik Açından İncelenmesi Zemin Karakteristiği ve Risk Analizlerinin Yapılması 2012 (Rapor)
- Niksar Yağlıbasan Türbesi Alanın Jeolojik ve Jeoteknik Açından İncelenmesi Zemin Karakteristiği ve Risk Analizlerinin Yapılması 2010 (Rapor)
- İnavasyon Eğitim Sertifikası 2016
- Niksar Alan Yönetim Çalıştayı 2011

## Yayınlar

- Şahin, D.H., 2018. Kültür ve Turizm Önceliğinde Planlama Yerel Kalkınmada Niksar Örneği. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Antik Kentler Sempozyumu, Tokat.
- Şahin, D.H. ve Tali A., 2010. Korunması Gereken Sokak Dokularının Belirlenmesi. Niksar Belediyesi, Niksar.
- Şahin, D.H., 2011. Su ile Gelen Hayat; Endüstri Başkenti Niksar. Su Kültürü Çalıştayı, Niksar Belediyesi, Niksar.
- Şahin, D.H., 2017. Niksar Ayvaz Suyu, Su ve Şifa. Zeytinburnu Belediyesi Kültür Yayınları Sayı: 2017/2, 268-271, İstanbul.
- Yazar, T., Şahin, D.H. ve Kelkit, C., 2017. Niksar Melikgazi Mezarlığı. Danışmendliler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara 2016, 491-512.
- Toprak, Ö. ve Şahin, D.H., 2017. Niksar (Tokat) Yöresinin Jeodeğerleri. Türkiye Jeosit Bülteni Cilt 60.
- Şahin, D.H., 2013. Tokat- Niksar Çepnibey Mahallesi Orta Çarşı Mevkii Bölgesi Riskli, Alan Araştırması. Niksar Belediye Başkanlığı, 23 s, Niksar.
- Şahin, D.H., 2014. Tarih Tabiat, Kültür ve Turizm Kenti Niksar. Niksar Belediyesi Kültür Yayınları, İzmir.