



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İNEGÖL (BURSA) AKİFERİNİN HİDROJEOLOJİK  
İNCELENMESİ**

**Geo.Müh. Merve İŞLEK  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman  
Prof.Dr. Halil Murat ÖZLER**

**MAYIS, 2012**

**İSTANBUL**

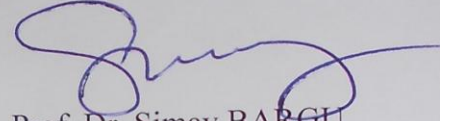
Bu çalışma 11/06/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Uygulamalı Jeoloji programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi



Prof. Dr. H. Murat ÖZLER (Danışman)

İstanbul Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi

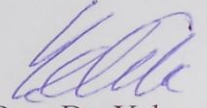


Prof. Dr. Simav BARGU

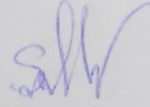
İstanbul Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi



Doç. Dr. Murat BAYRAK  
İstanbul Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi



Yard. Doç. Dr. Yakup ÇELİK  
İstanbul Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi



Yard. Doç. Dr. Şamil ŞEN  
İstanbul Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 16860 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

## **ÖNSÖZ**

İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Programında Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, “İnegöl (Bursa) Akiferinin Hidrojeolojik İncelenmesi” araştırılmıştır. Bu incelemenin konusunu öneren, araştırma ve çalışmalarımın her safhasında değerli görüş ve katkıları için danışman hocam Prof. Dr. Halil Murat ÖZLER’e,

İnceleme sırasında yardımlarını esirgemeyen Yük. Müh. Nuriye Seval KARAMAN’a, Jeoloji Müh. Merve ÖGER’e, çalışmalarım sırasında bana destek veren DSİ 1. Bölge Müdürlüğü çalışanlarına, Jeoloji kısımlarına olan katkısı ile Arş. Gör. Dr. Ziya GÖRÜCÜ, Yük. Müh. Alper ŞENGÜL ve Arş. Gör. Elif APAYDIN’a,

ICP-MS analizlerimin gerçekleştirilmesinde katkısı olan Doç. Dr. İrfan YOLCUBAL ve Arş. Gör. Özge Can GÜNDÜZ’e teşekkürü borç bilirim.

Eğitim hayatım boyunca her türlü desteği esirgemeyen değerli aileme şükranlarımı sunarım.

**MERVE İŞLEK**

**MAYIS, 2012**



# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ .....	ix
SEMBOL LİSTESİ .....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY .....	xv
<b>1.GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. ÇALIŞMANIN AMACI.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>1</b>
<b>1.3. İNCELEME ALANI .....</b>	<b>3</b>
1.3.1. Konum ve Ulaşım .....	3
1.3.2. Topografya ve Jeomorfoloji.....	5
1.3.3. Nüfus ve Yerleşim .....	6
1.3.4. İklim ve Bitki Örtüsü .....	6
<b>2. MALZEME VE YÖNTEM.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.ARAZİ ÇALIŞMALARI .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.LABORATUVAR ÇALIŞMALARI.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.BÜRO ÇALIŞMALARI.....</b>	<b>9</b>
<b>3.BULGULAR.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. BÖLGESEL VE STRATİGRAFİK JEOLJİ.....</b>	<b>10</b>
3.1.1. Uludağ Metamorfitleri(Pum) .....	12
3.1.2. Uludağ Mermeri (Pumr) .....	12
3.1.3. Metaultramafikler (Pzmu).....	12
3.1.4. Yörüktepe Formasyonu (Py).....	13
3.1.5. Nilüfer Formasyonu (Trkn) .....	13
3.1.6. Çataltepe Mermeri (Trkç) .....	14
3.1.7. Avdancık Formasyonu (Trkav).....	15
3.1.8. Abadiye Formasyonu (Trkab).....	16
3.1.9. Asarlık Kireçtaşı Üyesi (Trkaba) .....	16
3.1.10. Tekerler Mermeri(Mzt).....	17

3.1.11. Piribeyler Şistleri(Kp).....	18
3.1.12. Bayırköy Formasyonu (Jba).....	18
3.1.13. Bilecik Kireçtaşı (Jb) .....	18
3.1.14. Granitoidler (Tgr) .....	19
3.1.15. Yarhisar Formasyonu (Kya) .....	19
3.1.16. İnegöl Formasyonu (Tmi).....	19
3.1.17. Traverten (Qtr).....	20
3.1.18. Alüvyon (Qal )ve Yamaç Molozu (Qym).....	20
<b>3.2. YAPISAL JEOLJİ VE TEKTONİK .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3. DEPREMSELLİK.....</b>	<b>24</b>
<b>3.4. HİDROLOJİ .....</b>	<b>25</b>
3.4.1. Hidrometeorolojik Veriler .....	25
3.4.1.1. Yağış .....	26
3.4.1.2. Buharlaşma.....	29
3.4.1.3. Sıcaklık.....	31
3.4.2. İnegöl Havzası ve Özellikleri .....	32
3.4.3. Su Noktaları .....	32
3.4.3.1. Akarsular.....	32
3.4.3.2. Kaynaklar .....	33
3.4.3.3. Kuyular.....	35
<b>3.5. HİDROJEOLJİ .....</b>	<b>39</b>
3.5.1. Hidrojeoloji Birimleri .....	39
3.5.1.1. Geçirimli Birimler(Gç).....	40
3.5.1.2. Az Geçirimli Birimler(Gça) .....	40
3.5.1.3. Geçirimsiz Birimler(Gçz).....	40
3.5.1.4. Karstik Birimler(Ak).....	40
3.5.1.5. Kırıklı- Çatlaklı Birimler(Kç) .....	40
3.5.2. Kaynaklar.....	41
3.5.2.1. Oylat Termal Kaynak.....	41
3.5.2.2. Mineralli Kaynaklar .....	41
3.5.2.3. İçme Suyu Kaynakları.....	41
3.5.3. Yeraltı Suları.....	42
<b>3.6. HİDROJEOKİMYA .....</b>	<b>43</b>

3.6.1. Giriş .....	43
3.6.2. Suların Sertliği .....	51
3.6.3. Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH) .....	54
3.6.4. Özgül Elektriksel İletkenlik (EC) .....	57
3.6.5. TDS .....	60
3.6.6. Sodyum İyonu (Na <sup>+</sup> ) .....	61
3.6.7. Potasyum İyonu (K <sup>+</sup> ) .....	62
3.6.8. Kalsiyum İyonu (Ca <sup>+2</sup> ) .....	63
3.6.9. Magnezyum İyonu (Mg <sup>+2</sup> ) .....	64
3.6.10. Karbonat (CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> ) ve Bikarbonat İyonu (HCO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> ) İyonları .....	65
3.6.11. Sülfat İyonu (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ) .....	66
3.6.12. Klorür İyonu (Cl <sup>-</sup> ) .....	67
3.6.13. Nitrat (NO <sub>3</sub> ) .....	68
3.6.14. Mikroelementler .....	69
3.6.14.1. Arsenik(As) .....	75
3.6.14.2. Bakır(Cu) .....	76
3.6.14.3. Demir(Fe) .....	76
3.6.14.4. Nikel(Ni) .....	78
3.6.14.5. Alüminyum(Al) .....	79
3.6.14.6. Kurşun( Pb) .....	80
3.6.14.7. Mangan(Mn) .....	81
3.6.14.8. Bor(B) .....	83
3.6.14.9. Çinko(Zn) .....	83
3.6.15. Suların Sınıflandırılması .....	85
3.6.15.1. Schoeller'e Göre Suların Sınıflandırılması .....	85
3.6.15.2. Piper'e Göre Suların Sınıflaması .....	91
3.6.15.3. Durov'a Göre Suların Sınıflaması .....	96
3.6.16. Suların Sulamada Kullanım Özellikleri .....	99
3.6.16.1. Sodyum Adsorbisyon Oranı (SAR) .....	99
3.6.16.2. Sodyum Yüzdesi (% Na) .....	100
3.6.16.3. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına Göre Suların Sınıflaması ...	102
3.6.16.4. Wilcox Diyagramına Göre Sınıflama .....	103
3.6.17. Dairesel Diyagramlar .....	105

<b>4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....</b>	<b>109</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>114</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>118</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>119</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. 1 İnceleme alanı yer bulduru haritası.....	4
Şekil 1. 2 Çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli .....	5
Şekil 2. 1 Kalburt Dere numune alımı.....	7
Şekil 2. 2 Kocaeli Üniversitesi ICP-MS analiz laboratuvarından görünüm .....	8
Şekil 2. 3 Laboratuvarında analizlerin gerçekleştirilmesi.....	8
Şekil 3. 1 Ana sutur zonları ve kıtasal blokların gösterildiği Kuzeydoğu Akdeniz Bölgesine ait tektonik harita (Okay ve Tüysüz,1999).....	11
Şekil 3. 2 Nilüfer Formasyonundan görünüm.....	14
Şekil 3. 3 Çataltepe Mermerinden görünüm .....	15
Şekil 3. 4 Avdancık Formasyonuna ait kıvrım yapısından görünüm.....	16
Şekil 3. 5 Asarlık Kireçtaşı üyesinden görünüm.....	17
Şekil 3. 6 Oylat termal kaplıca alanında gözlenen Tekerler Mermeri(Mzt) .....	17
Şekil 3. 7 İnceleme alanının kuzey ve kuzeydoğu kesiminin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti(ölçeksiz).....	21
Şekil 3. 8 İnceleme alanının güney ve güneybatı kesiminin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti(ölçeksiz).....	22
Şekil 3. 9 Doğu Akdeniz'in aktif tektonik haritası (Okay ve diğerleri,1999).....	23
Şekil 3. 10 Bursa İli'ne ait depremsellik haritası (deprem.gov.tr) .....	24
Şekil 3. 11 İnegöl(Bursa) ve yakın çevresine ait DMİ istasyonlarının haritada gösterimi 26	
Şekil 3. 12 1970–2000 yılları arasındaki İnegöl Devlet Meteoroloji istasyonu yağış-zaman grafiği.....	28
Şekil 3. 13 1970–2000 Uzun yıllar eklenik sapma grafiği.....	28
Şekil 3. 14 İnegöl Meteoroloji istasyonuna ait 1970- 2000 Uzun yıllar yağış ve buharlaşma-terleme grafiği .....	30
Şekil 3. 15 İnegöl İstasyonuna ait uzun yıllar ortalama sıcaklık.....	32
Şekil 3. 16 İnegöl havzası hidroloji haritası.....	33
Şekil 3. 17 Çalışma alanında incelenen kaynakların lokasyonları.....	34
Şekil 3. 18 Çalışma alanında incelenen kuyuların lokasyonları .....	35
Şekil 3. 19 İnceleme alanına ait yeraltı suyu akım haritası.....	42
Şekil 3. 20 İncelenen kuyu,kaynak ve derelere ait örnekleme noktaları.....	51
Şekil 3. 21 Kuyuların Şahinci(1991)'e göre sertlik sınıflama haritası.....	54
Şekil 3. 22 Çalışma alanındaki kuyulara ait pH değerleri dağılım haritası.....	55
Şekil 3. 23 İnceleme alanındaki kuyuların TSE-266 standartlarına göre Ph dağılım haritası.....	56
Şekil 3. 24 İnceleme alanındaki kaynaklara ait pH dağılım haritası.....	57
Şekil 3. 25 Çalışma alanına ait kuyuların EC(Elektriksel İletkenlik) değerlerinin haritada gösterilmesi .....	58

Şekil 3. 26 Çalışma alanına ait kaynakların EC(Elektriksel İletkenlik) değerlerinin haritada gösterilmesi .....	60
Şekil 3. 27 Kuyu su Numunelerine ait TDS haritası.....	61
Şekil 3. 28 Kuyulara ait Na(meq/l) değerleri dağılım haritası .....	62
Şekil 3. 29 Kuyulara ait K(meq/l) dağılım haritası .....	63
Şekil 3. 30 Kuyulara ait Ca(meq/l) değerleri dağılım haritası .....	64
Şekil 3. 31 Kuyulara ait Mg(meq/l) değerleri dağılım haritası .....	65
Şekil 3. 32 Kuyulara ait HCO <sub>3</sub> (meq/l) değerleri dağılım haritası .....	66
Şekil 3. 33 Kuyulara ait SO <sub>4</sub> (meq/l) değerleri dağılım haritası .....	67
Şekil 3. 34 Kuyulara ait Cl(meq/l) değerleri dağılım haritası.....	68
Şekil 3. 35 Ağır metal analizi yapılan kuyulara ait lokasyon haritası.....	70
Şekil 3. 36 Çalışma alanında incelenen Ağır metal analizi yapılan kaynaklara ait lokasyon haritası.....	70
Şekil 3. 37 İncelenen kuyu ve kaynakların maden cevherleşmelerine göre konumu .....	75
Şekil 3. 38 Çalışma alanındaki incelenen kuyulara ait sulara Demir(Fe) dağılım haritası .....	77
Şekil 3. 39 İnceleme alanındaki kuyu su numunelerine ait Demir parametresinin TSE-266 standardı ile karşılaştırılması.....	78
Şekil 3. 40 Çalışma alanındaki incelenen kuyulara ait Aluminyum(Al) dağılım haritası 80	
Şekil 3. 41 Çalışma alanındaki incelenen kuyulara ait Kurşun(Pb) dağılım haritası.....	81
Şekil 3. 42 Çalışma alanındaki incelenen kuyulara ait Manganez(Mn) dağılım haritası .....	82
Şekil 3. 43 İnceleme alanındaki kuyu su numunelerine ait Mn değerlerinin TSE-266 standardı ile karşılaştırılması.....	82
Şekil 3. 44 Çalışma alanındaki incelenen kuyulara ait Çinko(Zn) dağılım haritası.....	84
Şekil 3. 45 1-26 no'lu kuyulara ait Schoeller diyagramı .....	87
Şekil 3. 46 27- 53 no'lu kuyulara ait Schoeller diyagramı .....	87
Şekil 3. 47 54-79 no'lu kuyulara ait Schoeller diyagramı .....	88
Şekil 3. 48 80-109 no'lu kuyulara ait Schoeller diyagramı .....	88
Şekil 3. 49 110-116 no'lu kuyulara ait Schoeller diyagramı .....	89
Şekil 3. 50 Kaynaklara ait Schoeller diyagramı.....	89
Şekil 3. 51 1-26 no'lu kuyulara ait Piper diyagramı .....	92
Şekil 3. 52 27-53 no'lu kuyulara ait Piper diyagramı .....	93
Şekil 3. 53 54-79 no'lu kuyulara ait Piper diyagramı .....	93
Şekil 3. 54 80- 109 no'lu kuyulara ait Piper diyagramı .....	94
Şekil 3. 55 110- 116 no'lu kuyulara ait Piper diyagramı .....	94
Şekil 3. 56 Kaynak Sularına ait Piper diyagramı .....	95
Şekil 3. 57 1-26 no'lu kuyulara ait Durov diyagramı .....	96
Şekil 3. 58 27-53 no'lu kuyulara ait Durov diyagramı .....	97
Şekil 3. 59 54-79 no'lu kuyulara ait Durov diyagramı .....	97
Şekil 3. 60 80-109 no'lu kuyulara ait Durov diyagramı .....	98
Şekil 3. 61 110- 116 no'lu kuyulara ait Durov diyagramı .....	98
Şekil 3. 62 Kaynaklara ait Durov diyagramı.....	99
Şekil 3. 63 Çalışma alanında incelenen kuyulara ait ABD tuzluluk diyagramı.....	103

Şekil 3. 64 Çalışma alanına ait kuyuların Wilcox diyagramında gösterilmesi .....	104
Şekil 3. 65 İnceleme alanındaki kuyulara ait majör anyon ve katyon verilerinin TDS toplamlarına göre dairesel diyagramlar ile gösterimi.....	106
Şekil 3. 66 Kuyulara ait ağır metal konsantrasyonlarının dairesel diyagramlar ile gösterilmesi .....	107
Şekil 3. 67 İnceleme alanındaki kaynakların majör anyon ve katyon değerlerinin toplam iyon değerlerine göre dairesel diyagramlar ile gösterimi.....	108

## TABLO LİSTESİ

Tablo 1. 1 2007 sayımına göre İnegöl ilçe nüfusu .....	6
Tablo 3. 1 İnegöl(Bursa) ve çevresine ait DMİ istasyonları koordinatları.....	25
Tablo 3. 2 Uzun yıllara ait yağış miktarları ve eklenik sapma değerleri.....	27
Tablo 3. 3 Uzun yıllar aylık ortalama yağış.....	27
Tablo 3. 4 Deneştirmeli Yağış ve Buharlaşıma-Terleme bilançosu (Thorntwaite,1948)...	30
Tablo 3. 5 Etp, Etr, su fazlası ve su noksanının yağışa göre yüzdeleri.....	31
Tablo 3. 6 İnegöl Meteoroloji İstasyonuna göre uzun yıllar ortalama sıcaklık.....	31
Tablo 3. 7 Çalışma alanında incelenen kaynaklara ait bilgiler.....	34
Tablo 3. 8 Çalışma alanında incelenen su kuyularına ait bilgiler.....	36
Tablo 3. 9 Çalışma alanında incelenen su kuyularına ait bilgiler.....	37
Tablo 3. 10 Çalışma alanında incelenen su kuyularına ait bilgiler.....	38
Tablo 3. 11 İnceleme alanındaki Hidrojeolojik ortamlar.....	39
Tablo 3. 12 İçme suyu standartları(TSE 266,WHO ve EPA).....	43
Tablo 3. 13 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları.....	44
Tablo 3. 14 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları.....	44
Tablo 3. 15 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları.....	45
Tablo 3. 16 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları.....	45
Tablo 3. 17 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları.....	46
Tablo 3. 18 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları.....	46
Tablo 3. 19 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları.....	47
Tablo 3. 20 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları.....	47
Tablo 3. 21 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları.....	48
Tablo 3. 22 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları.....	48
Tablo 3. 23 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları.....	49
Tablo 3. 24 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları.....	49
Tablo 3. 25 İnceleme alanına ait kaynak sularının kimyasal analiz sonuçları.....	50
Tablo 3. 26 Çalışma alanındaki incelenen derelere ait kimyasal analiz sonuçları.....	50
Tablo 3. 27 Suların sertliklerine göre sınıflandırılması (Şahinci,1991).....	52
Tablo 3. 28 İnceleme alanındaki kuyuların göre sertlik sınıflaması(Şahinci,1991).....	53
Tablo 3. 29 pH Sınıflaması.....	55
Tablo 3. 30 İçme suyu standartlarında pH değerleri.....	56
Tablo 3. 31 Suların özgül elektriksel iletkenlik (EC) değerine göre sınıflandırılması (Erguvanlı & Yüzer, 1973).....	58
Tablo 3. 32 Çalışma alanına ait kuyuların (Erguvanlı & Yüzer, 1973)'e göre EC(Elektriksel İletkenlik) sınıflaması.....	59
Tablo 3. 33 TDS sınıflaması.....	61
Tablo 3. 34 İçme ve kullanma suyu standartlarında Nitrat üst limit değerleri.....	68
Tablo 3. 35 İnceleme alanındaki kaynaklara ait ağır metal analizleri.....	71
Tablo 3. 36 İnceleme alanındaki 1-7 no'lu kuyulara ait ağır metal analizleri.....	72



Tablo 3. 37 İnceleme alanındaki 8-14 no'lu kuyulara ait ağır metal analizleri.....	73
Tablo 3. 38 İnceleme alanındaki 15-21 no'lu kuyulara ve derelere ait ağır metal analizleri.....	74
Tablo 3. 39 İçme ve kullanma suyu standartlarında Arsenik üst limit değerleri.....	76
Tablo 3. 40 İçme ve kullanma suyu standartlarında Bakır üst limit değerleri.....	76
Tablo 3. 41 İçme ve kullanma suyu Standartlarında Demir üst limit değerleri.....	77
Tablo 3. 42 İçme ve kullanma suyu standartlarında Nikel üst limit değerleri.....	79
Tablo 3. 43 İçme ve kullanma suyu standartlarında Alüminyum üst limit değerleri.....	79
Tablo 3. 44 İçme ve kullanma suyu standartlarında Kurşun üst limit değerleri.....	80
Tablo 3. 45 İçme ve kullanma suyu standartlarında Mangan üst limit değerleri.....	81
Tablo 3. 46 İçme ve kullanma suyu standartlarında Bor üst limit değerleri.....	83
Tablo 3. 47 İçme ve kullanma suyu standartlarında Çinko üst limit değerleri.....	83
Tablo 3. 48 Klorür derişimi sınıflaması.....	85
Tablo 3. 49 Sülfat derişimi sınıflaması.....	86
Tablo 3. 50 Karbonat-Bikarbonat derişimi sınıflaması.....	86
Tablo 3. 51 İnegöl(Bursa) Akiferine ait kuyu sularının Schoeller Diyagramına göre iyon sıralaması.....	90
Tablo 3. 52 İnegöl(Bursa) Akiferindeki kaynak ve dere sularının Scholler Diyagramına göre iyon sıralaması.....	91
Tablo 3. 53 SAR sınıflaması.....	100
Tablo 3. 54 Suların %Na sınıflaması.....	100
Tablo 3. 55 İnceleme alanındaki kuyulara ait suların %Na sınıflaması.....	101
Tablo 3. 56 ABD tuzluluk diyagramına göre genel tuzluluk özellikleri.....	102
Tablo 3. 57 ABD tuzluluk diyagramına göre genel sodyum tehlikesi özellikleri.....	102

## SEMBOL LİSTESİ

<b>DSİ</b>	: Devlet Su İşleri
<b>DMİ</b>	: Devlet Meteoroloji İşleri
<b>MTA</b>	: Maden Tetkik Arama
<b>%</b>	: Yüzde
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>m</b>	: Metre
<b>km</b>	: Kilometre
<b>mg</b>	: Miligram
<b>mg/kg</b>	: Miligram / kilogram
<b>mg/l</b>	: Miligram / litre
<b>meq/l</b>	: Miliekivelan / litre
<b>µg /l</b>	: Mikrogram / litre
<b>µS/cm</b>	: Mikrosiemens / santimetre
<b>µmho/cm</b>	: Micromho/santimetre
<b>m<sup>3</sup>/yıl</b>	: Metre küp / yıl
<b>m<sup>3</sup>/sn</b>	: Metre küp / saniye
<b>TSE</b>	: Türk Standartları Enstisüsü
<b>WHO</b>	: Dünya Sağlık örgütü
<b>%Na</b>	: Sodyum Yüzdesi
<b>SAR</b>	: Sodyum Absorpsiyon Oranı
<b>T</b>	: Sıcaklık
<b>°C</b>	: Santigrat derece
<b>Ph</b>	: Asitlik değeri
<b>EC</b>	: Elektriksel İletkenlik

<b>Ca</b>	: Kalsiyum
<b>Mg</b>	: Magnezyum
<b>Na</b>	: Sodyum
<b>Cl</b>	: Klor
<b>K</b>	: Potasyum
<b>OH</b>	: Hidroksil
<b>SO4</b>	: Sülfat
<b>CO3</b>	: Karbonat
<b>HCO3</b>	: Bikarbonat
<b>NO3</b>	: Nitrat
<b>Fr<sup>0</sup></b>	: Fransız sertliği
<b>TDS</b>	: Toplam Çöz. Katı
<b>UTM</b>	: Evrensel Enlem Merkatörü
<b>EPA</b>	: ABD Çevre Koruma Ajansı

## ÖZET

### İNEGÖL (BURSA) AKİFERİNİN HİDROJEOLOJİK İNCELENMESİ

İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma ile İnegöl (Bursa) Akiferinin jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, İnegöl(Bursa) Akiferinin beslenme alanını oluşturan havzanın jeolojisi, tektoniği, yeraltı suyu potansiyeli, yeraltı suyu ve kaynaklarının hidrojeokimyası incelenmiştir. İnegöl(Bursa) Akiferini besleyen havzada bulunan jeolojik birimler 1/100.000 ölçekli haritada gösterilmiştir.

İnceleme alanının temelini Paleozoyik yaşlı Uludağ metamorfikleri ile Uludağ Mermeri oluşturmaktadır. Bu birimlerin üzerine Paleozoyik yaşlı Metaultramafikler ve Permien yaşlı kireçtaşları gelmektedir. Bunların üzerine de Alt-Orta Triyas yaşındaki Permien kireçtaşı bloklu Karakaya grubu tektonik dokanaklı olarak gelmektedir. Çalışma alanının güneyinde Mesozoyik yaşlı metamorfik birimler ise uyumsuz olarak gelmektedir. Aynı dönemde çalışma alanının kuzeyinde sedimentasyon devam etmiştir. Jura-Kretase yaşlı sedimentler birimler birbirleri ile geçişli olup, diğer birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelmektedir. İnceleme alanında yüzeylenen bu birimler Eosen-Oligosen yaşlı granodiyoritler tarafından kesilmektedir. Miyosen yaşlı akarsu ve gölsel ortam çökelleri, daha yaşlı birimleri uyumsuzlukla örter. İnceleme alanında oluşan bu istif; yamaç molozu, traverten ve alüvyon tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Jeolojik birimler, hidrojeolojik özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Buna göre birimler; geçirimli, az geçirimli, geçirimsiz, karstik ve kırıklı-çatlaklı birimler olarak ayırtlanmıştır. 1/100.000 ölçekli hidrojeoloji haritası oluşturulmuştur. İnegöl(Bursa) Akiferindeki yer altı su seviyeleri incelenmiş olup, akım yönü havzadan ova merkezine doğrudur. Hidrojeokimyasal olarak incelendiğinde yer altı sularının genel olarak sert karakterli olduğu görülmüştür.

Çalışma alanındaki suların “Kalsiyumlu-Sodyumlu-Magnezyumlu/Karbonat-Bikarbonat-Sülfatlı” sular oldukları görülmektedir. İnceleme alanındaki suların büyük bir kısmı alkali toprak elemanları alkali elementlerden( $Ca^{+2}+Mg^{+2}>Na^{+1}+K^{+1}$ ) büyük olan sular

sınıfındadır. Az bir kısmı da karışık sulardır. Zayıf asidik kökleri güçlü asidik köklerinden ( $\text{CO}_3^{-2} + \text{HCO}_3^{-1} > \text{Cl}^{-1} + \text{SO}_4^{-2}$ ) büyüktür.

**Anahtar kelimeler:** Hidrojeoloji, Jeoloji, İnegöl Akiferi, Hidrojeokimya

## **SUMMARY**

### **HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATION OF İNEGÖL(BURSA) AQUIFER**

This study as a Master's thesis of İstanbul University Institute of Science, prepared in İnegöl(Bursa) aquifer, has been researched the geological, hydrogeological and hydrochemical characteristics. For this purpose, geology, tectonics, groundwater potential and hydrogeochemistry of the groundwater and the sources of İnegöl(Bursa) Aquifer basin were investigated.

Geological units of İnegöl (Bursa) aquifer basin are shown on the map on scale 1/100.000. Uludag Paleozoic metamorphics of the study area forms the basis. These units come on the Paleozoic limestones and Permian metaultramafics. On their year-old Permian limestone blocks in the Lower-Middle Triassic Karakaya group is tectonically. In the study area south of the Mesozoic metamorphic units unconformably. Sedimentation continued in the same period, the north of the study area. Transitional Jurassic-Cretaceous sedimentary units with each other and overlies the other units. Cropping in the area of Eocene-Oligocene age, these units are intruded by granodiorites. Environment of Miocene fluvial and lacustrine sediments unconformably overlies the older units contain.

This sequence, consisting of study area covered by talus, travertine and alluvium unconformably. Evaluated according to the hydrogeological properties of geological units. Accordingly, the units; permeable, less permeable, impermeable, re differentiated as karst and fractured-jointed units, 1/100.000 scale hydrogeological map was prepared. İnegöl(Bursa) Aquifer groundwater levels have been examined, the current direction of the center of the plain from the basin.

Hydrogeochemical generally hard character as groundwater were examined. Also working in the field of water "Calsium-Sodium-Magnesium/Carbonate-Bicarbonate-Sulfate" waters appear to be. A large part of the water in the study area of alkaline earth elements, alkali elements ( $Ca^{+2} + Mg^{+2} > Na^{+1} + N^{+1}$ ) in water is classified as large. A

small minority are mixed waters. Also, the ratio of weakly acidic strongly acidic ( $\text{CO}_3^{-2} + \text{HCO}_3^{-1} > \text{Cl}^{-1} + \text{SO}_4^{-2}$ ) is great.

**Key words:** Hydrogeology, Geology, İnegöl Aquifer, Hydrogeochemistry

# 1.GİRİŞ

## 1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, İnegöl (Bursa) Akiferinin jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. İnegöl Akiferinin yeraltı, yüzey ve kaynak suyu potansiyeli, bunun hidrojeolojik dağılımı, miktarı, havzanın kirlilik durumunun incelenmesi ve özet profilinin çıkarılması amaçlanmıştır. Sanayileşmeyle birlikte giderek artan şehir nüfusu, bilinçsiz madencilik ve tarım faaliyetleri havanın, suyun ve toprağın kirlenmesine sebep olmuştur.

Tez incelemesi ile Jeolojik ve hidrojeolojik veriler analiz edilerek, bölgedeki su kaynaklarının durumu, kimyasal analizler sonucunda kullanılabilir olup, olmadığı araştırılmıştır. Sonuçta bölgenin jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri ışığında yeni yaklaşımlarda bulunulmaya çalışılmıştır.

## 1.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde İnceleme alanı ile ilgili yapılmış jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalardan kronolojik sıra ile bahsedilecektir.

**Ketin (1947)**, Uludağ masifinin jeolojik etüdü hakkındaki çalışmasında, yüksek ve düşük derecelerde metamorfizma geçirmiş çekirdek durumundaki A serisi ile kılıf durumundaki B serisi'ne ayırmıştır. Bu serilerin ise masifinin bulunan granodiyorit bileşimli bir batolit tarafından kesildiğini açıklamıştır. Uludağ masifi metamorfik olmayan Permien yaşlı örtü formasyonları ile arasında bir diskordansın varlığını belirtmiştir

**Altınlı(1963)**, İnegöl ve Yenişehir Ovalarının Hidrojeolojik Etüt Raporunu hazırlamıştır. İnceleme alanının jeolojisi ve hidrojeolojisi hakkında ilk çalışmaları yapmıştır.

**Gürpınar(1976)**, “Bilecik-İnegöl-Yenişehir Arasının Jeolojisi ile Bilecik Kireçtaşının Mühendislik Özellikleri” isimli çalışmasında, bölgenin 1/25.000’lik jeoloji haritasını



hazırlamıştır. Bilecik kireçtaşının, yapıtaşı ve kaplama taşı olarak kullanılabilirliği hakkında mühendislik özelliklerini incelemiştir.

**DSİ (1981)**, “İnegöl Ovası Hidrojeolojik Etüd Raporu” isimli çalışmasında İnegöl Ovası’nın jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal incelenmesi yapılmıştır. DSİ tarafından açılmış kuyularda rasatlar yapılmıştır. İnceleme alanının su bilançosu oluşturulmuştur.

**Genç (1986),”** Uludağ ve İznik Gölü Arasının Jeolojisi” adlı raporunda Alt Triyas-Üst Kretase arasında sürekli bir istifin varlığını tespit etmiştir. Karakaya grubuna ait birimleri incelemiş, yeni adlamalarda bulunmuştur.

**Kaymakçı (1991)**, “Neotectonic Evolution of the İnegöl(Bursa) Basin”, isimli Yüksek Lisans çalışmasında, İnegöl Havzasını oluşumunu incelemiş ve yorumlarda bulunmuştur. İnceleme alanının 1/25.000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritasını hazırlamıştır. Birimlerin özelliklerini incelemiş bölgedeki faylar hakkında yorumlarda bulunmuştur. Ona göre, İnegöl Havzasının güney kenarındaki faylar, aktif ve verrev atımlı normal fay karakterindedir.

**Şenyuva (1991)**, “Bursa Ovası’nın Hidrojeoloji İncelemesi” adlı doktora tez çalışmasında alanın jeoloji, petroloji, hidroloji ve hidrojeolojisini incelemiştir. Ovanın yeraltısuyu bilançosunu hazırlamıştır. Hidrojeokimyasal olarak da Bursa Ovasını incelemiş ve yorumlarda bulunmuştur.

**Genç(1993)**, “İznik-İnegöl (Bursa) arasındaki tektonik birliklerin jeolojik ve petrolojik incelenmesi”, isimli doktora tezinde, bölgede yer alan formasyon ve birimleri tanıtmıştır. Bölgenin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamıştır. Magmatik ve metamorfik birimlerin yaşları, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini araştırmıştır. Verilerden yola çıkarak bölgenin evrimi hakkında yorumlarda bulunmuştur.

**Tut Haklıdır (2007)**, “Bursa ili çevresindeki sıcak, mineralli ve soğuk su kaynakları”nın fiziksel, kimyasal ve izotopik analiz sonuçlarıyla suların birbiriyle etkileşimini doktora tezinde yorumlamıştır. Suların major anyon ve katyonları diyagramlarla sınıflandırılmıştır. İnegöl İlçesinde bulunan kaynaklara da çalışmasında yer vermiştir.

**Emre ve Diğerleri (2008)**, “Doğu Marmara Bölgesinin Neojen ve Kuvaternerdeki Evrimi” adlı çalışmalarında, Doğu Marmara hakkında çeşitli görüşler sunmuştur. Bölgenin evrimi ile ilgili 3 dönem ayırtlamıştır. Bu dönemler ise, karasal kıvrıntılı Alt-Orta Miyosen dönemi, karasaldan denizel geçiş Üst Miyosen-Pliyosen ve de Üst Pliyosen-Günümüz olarak belirtilmiştir.

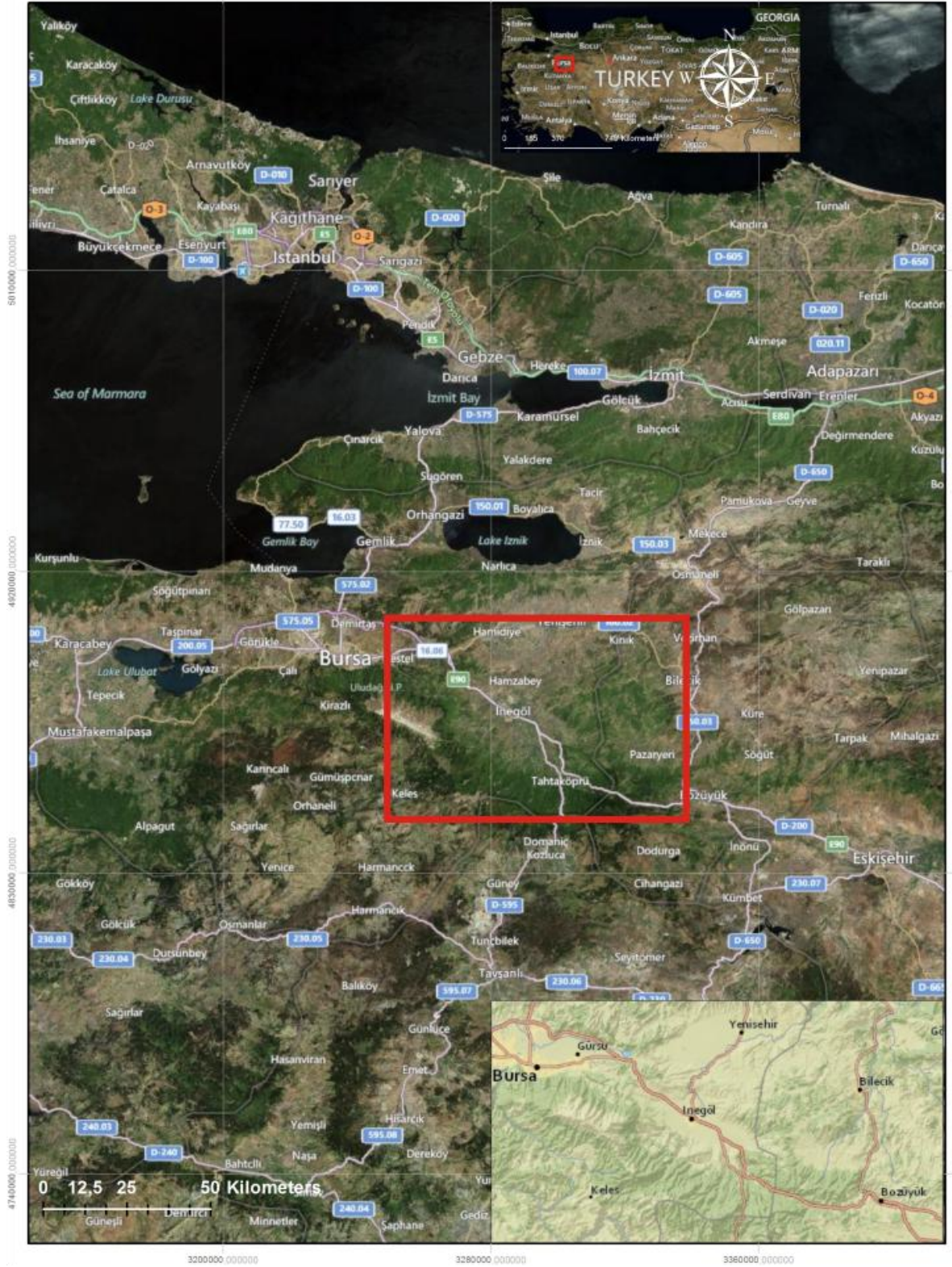
**Emre ve Diğerleri (2009)**, İnegöl Havzasının güney ve kuzey kenarından sınırlayan faylar tarafından İnegöl Fay zonu olarak tanımlanmasıyla beraber, İnegöl havzasını güneyden sınırlayan Uludağ-Domaniç dağlarının kuzey kenarı boyunca zon oluşturan faylar tarafından Oylat Fayı adı verilerek tanımlanmıştır.

**MTA (2009)**, “Bursa İli Kentsel Alanların Yerbilim Verileri” adlı raporda Bursa ilinin jeolojisi, deprenselliği, hidrolojisi, hidrojeolojisi ve mühendislik jeolojisi konuları incelenmiştir. Raporda, Bursa ilinde meydana gelen heyelanlar da incelenmiştir. Bursa ilçelerinin de ayrıntılı ele alındığı çalışmada İnegöl İlçesi’ne ait incelemeler de yer almaktadır.

### **1.3. İNCELEME ALANI**

#### **1.3.1. Konum ve Ulaşım**

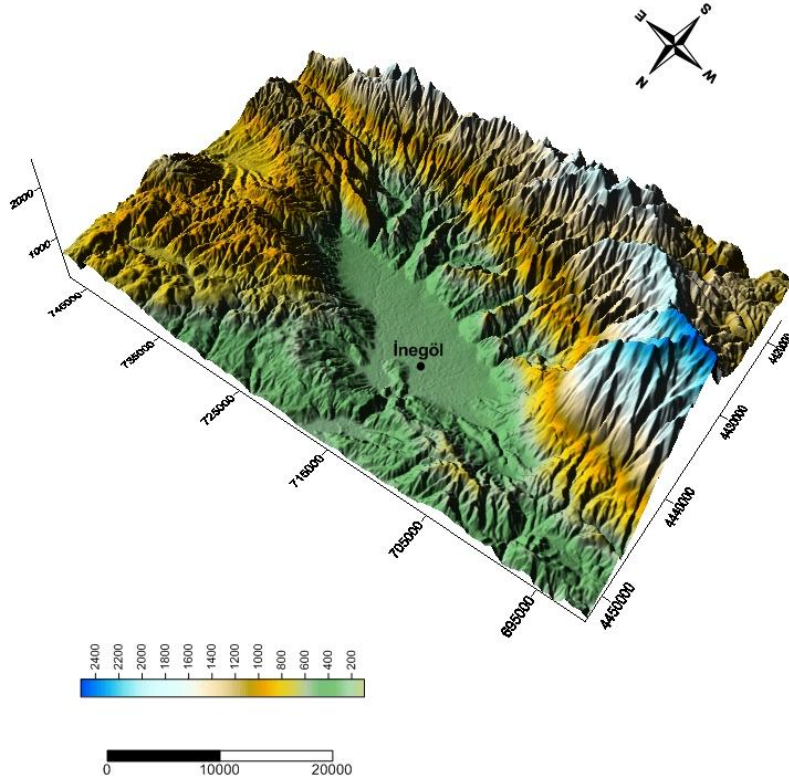
İnegöl Ovası, Marmara Bölgesinde, Bursa İlinin güneydoğusunda, 29°19’-29°46’ boylamları ve 39°50’ - 40°10’ enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil1.1.). İnceleme alanının tamamı yaklaşık 750km<sup>2</sup> olup, bu alan içinde ova 128km<sup>2</sup>’lik bir yer kaplamaktadır. Çalışma alanı, H-22 VE H-23 paftaları içerisinde yer almaktadır. İnceleme alanının batısında Uludağ ve yamaçları bulunur. Kuzeyinde ise Bursa İline bağlı Yenişehir İlçesi bulunmaktadır. Güneyinde, Bursa İline bağlı Keles İlçesi ile Kütahya İline bağlı Tavşanlı İlçesi bulunmaktadır. Doğu kesiminde Bilecik İli bulunmaktadır. Bursa şehir merkezine olan uzaklığı yaklaşık olarak 30 km’dir. İnegöl’e ulaşım oldukça kolaydır. Şehirlerarası otobüs hatları ile ulaşım yapılabilmektedir. İnegöl ilçesinin kuzeyinde bulunan Yenişehir ilçesinde hava alanı bulunmaktadır. Bursa iline olan yakınlığı ve son yıllardaki gelişmiş sanayisi ile işlek bir konumdadır.



Şekil 1. 1 İnceleme alanı yer bulduru haritası

### 1.3.2. Topografya ve Jeomorfoloji

İnceleme alanı, tektonik denetimli İnegöl Havzasındadır. Batısını ve güneybatısını Uludağ'ın doğu ve kuzey-doğu yamaçları sınırlar. Yükseltisi 2500m'ye kadar çıkabilmektedir(Şekil 1.2). Başlıca tepeler, güneyden kuzeye doğru, Erikli T. (1550m), Kocaarmutlu T.(1050m), Sivri T.(1317m), Bedir alan T. (1200m), Mezarlık T.(1076m); kuzeyde, doğudan batıya doğru Üçkaynak T.(976m), Boyalık T. (838m); güneyde ise batıdan doğuya doğru, Tepel T.(2052m), Akçal T.(1750m), Allıkaya T.(2048m), Karagöz T.(1645m) başlıca yükseltileri oluşturmaktadır. İnceleme alanındaki akarsu ağını Yenişehir boğazından havzayı terk eden Kocadere(Göksu) ve buna boşalan yan kollar oluşturur. Ovanın doğusunda Bedre Dere, Mezit Dere ve yan kollar birleşerek Kocadere'yi oluştururlar. Kuzeye akışlı bu dereler, derelerin tabanını derine kazmaları sonucu, derin vadiler ve 12–35° ve daha yüksek eğimli vadi yamaçlarından oluşan oldukça sarp bir topografya ortaya çıkarmıştır(MTA,2009).



Şekil 1. 2 Çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli

### 1.3.3. Nüfus ve Yerleşim

Bursa İline bağlı İnegöl İlçesinde, Cerrah, Yenice, Kurşunlu ve Tahtaköprü Beldeleri yer almaktadır. İlçede 93 adet köy vardır. 2007 nüfus sayımına göre(TUİK,2007), sonuçlar aşağıdadır:

Tablo 1. 1 2007 sayımına göre İnegöl ilçe nüfusu

İL ADI	İLÇE ADI	BELEDİYE ADI	NÜFUS (2007)
BURSA	İNEGÖL	İNEGÖL	154.698
		CERRAH	2.930
		KURŞUNLU	4.246
		YENİCE	11.487
		TAHTAKÖPRÜ	2.101
TOPLAM			175.462

İnegöl ilçesinde; 2 organize sanayi bölgesi, şehrin çeşitli yerlerinde ve özellikle ulaşım aksı boyunca uzayan küçük sanayi alanları, 1 sanayi sitesi, İnegöl yakın çevresinde bulunan belde belediyelerinin sanayi bölgeleri ve tarım alanları içerisinde dağınık şekilde yer alan çok sayıda sanayi tesisi bulunmaktadır. Geçmiş yıllarda artan endüstri faaliyetleri sonucunda ilçenin ekonomisi oldukça gelişmiştir. Bu yönüyle de fazla göç almaktadır. En yaygın sanayi kolları ise, tekstil, orman ürünleri işleyen büyük ve küçük çapta kuruluşlar, konserve fabrikaları, tuğla ve kiremit fabrikalarıdır. Bunun yanında tarım da önemli bir ekonomik faaliyettir. Belli başlı tarım ürünleri ise; buğday, arpa, mısır, ayçiçeği, domates, biber ve iklime uygun diğer sebze ve meyvelerdir. İlçe de Saadet Köyü yakınında bulunan Oylat kaplıcası ilçe için önemli bir ekonomik değerdir.

### 1.3.4. İklim ve Bitki Örtüsü

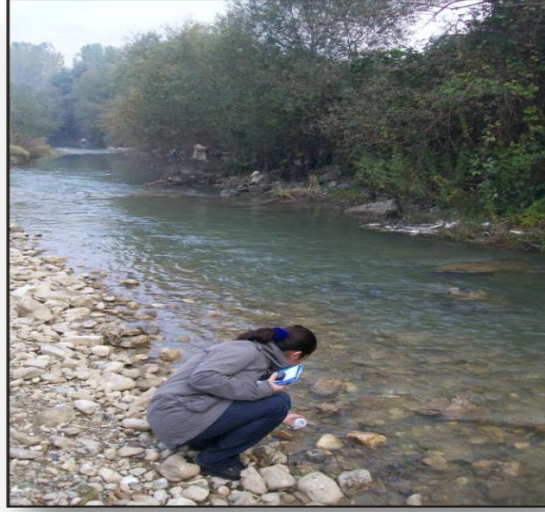
İnceleme alanında Marmara ikliminin etkisi görülmektedir. İklim, karasal ve denizel iklimler arasında bir geçiş iklimidir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Yağışlar çoğunlukla yağmur şeklinde olup, kar yağışı da görülmektedir. Yüksek yerlerde yağışlar kar şeklinde olmaktadır. Uludağ'ın yamaçlarını oluşturan yüksek kısımlarda kar uzun süre kalmaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık 12,4 C'dir. Yaz sıcaklık ortalaması 21,9 °C, Kış sıcaklık ortalaması ise 2,3 °C'dir. İnegöl ve çevresinde vadi yamaçlarında makilikler ve karaağaç türleri ile kaplı olup, dağ yamaçlarında köknar ve çam ağaçları yer almaktadır.



## 2. MALZEME VE YÖNTEM

### 2.1.ARAZİ ÇALIŞMALARI

İnegöl Ovası'nda yer alan kuyu, kaynak ve derelerden(Şekil2.1) Ekim 2011 tarihinde su numuneleri alınmıştır. Fiziksel parametreler( pH, Elektriksel İletkenlik(EC), vd.) ölçülmüştür. Su-kayaç etkileşimi ve birimlerin hidrojeolojik özelliklerinin belirlenebilmesi için inceleme alanının jeolojisi araştırılmıştır. Saha çalışmaları sırasında Canon marka fotoğraf makinası ve Garmin Etrex Outdoor El tipi GPS kullanılmıştır.



Şekil 2. 1 Kalburt Dere numune alımı

### 2.2.LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Laboratuvar çalışmaları için kuyu, kaynak ve derelerden alınan 20 adet su numunesi kullanılmıştır. Yapılan analizlerin örnekleri doğrudan numunelerden alınmıştır. 250ml'lik kilit kapaklı polietilen şişelerdeki numuneler Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği ICP-MS laboratuvarına taşınmıştır(Şekil 2.2) Kimyasal analizler yapılmıştır(Şekil2.3).



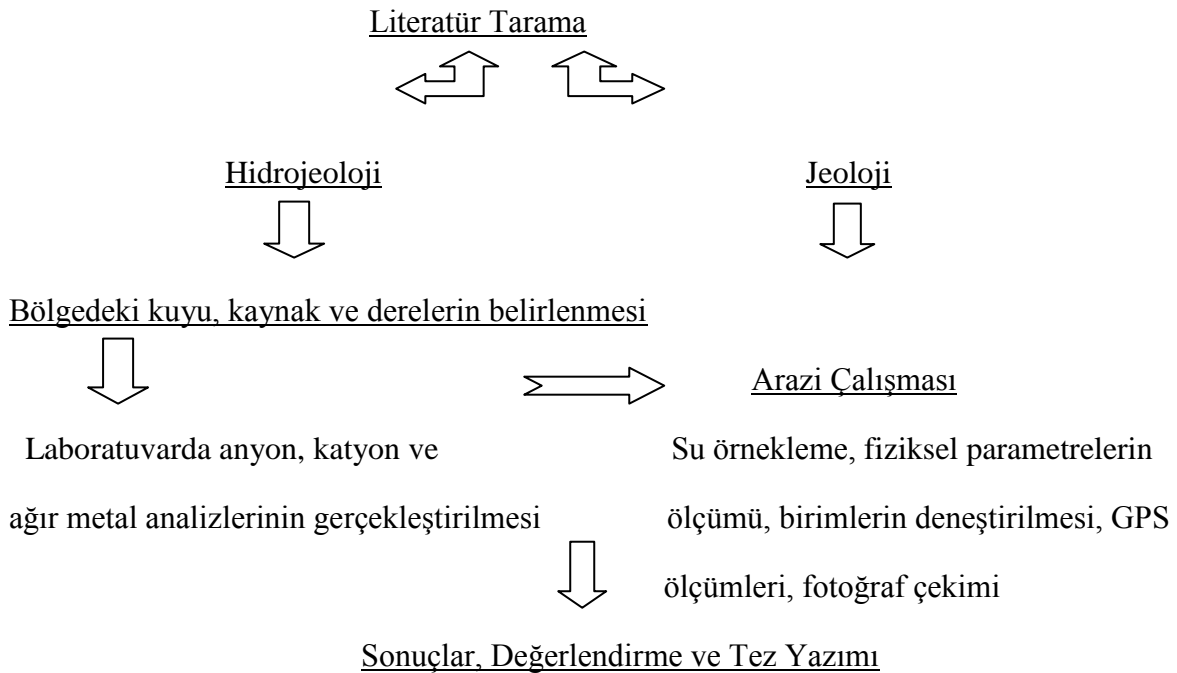
Şekil 2. 2 Kocaeli Üniversitesi ICP-MS analiz laboratuvarından görünüm



Şekil 2. 3 Laboratuvarda analizlerin gerçekleştirilmesi

### 2.3.BÜRO ÇALIŞMALARI

Öncelikle İnceleme alanı hakkında literatür taraması yapılmıştır. DSİ, MTA ve üniversitelerce yapılmış olan incelemeler, araştırma raporları ve tezler değerlendirilmiştir. Sahadan derlenen veriler ışığında MTA'nın 2009 yılında hazırlamış olduğu Bursa İli Jeoloji Haritası, MTA H-22 VE H-23 paftaları 1/100000 ve 1/25000 ölçekli Jeoloji haritaları ile bu haritalardaki birimlerin litolojik özelliklerinden yararlanılarak hazırlanan Hidrojeoloji Haritası bilgisayar ortamına aktararak Corel Draw X3 programında çizilmiştir. İnceleme alanının ve yakın çevresinin 3 boyutlu gösterimi için Global Mapper 12 programı kullanılmıştır. Kuyu verileri ise DSİ ile yapılan arazi incelemeleri, laboratuvar sonuçları ve ICP-MS verileri sonucu elde edilmiştir. Çalışma alanındaki kuyu, kaynak ve dere verileri UTM cinsinden koordinatlandırılmıştır. Surfer 10 ve Arcgis 10 programlarında kuyu lokasyon haritası, hidrolojik sınır, yeraltı suyu akış haritası ve kimya haritaları yapılmıştır. Arcgis 10 programında jeoistatistik hesaplamalarda düzensiz veriler kullanıldığından Krigging Metodu uygulanmıştır. Suların kimyasal sınıflamalarını göstermek amacıyla Durov, Piper, Schoeller diyagramları, AQQA Version 1.2 programında, A.B.D. Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları Aquachem 4.0 programında ve Wilcox diyagramları ise Corel Draw X3 programında oluşturulmuştur. İş akış şeması aşağıda verilmiştir.



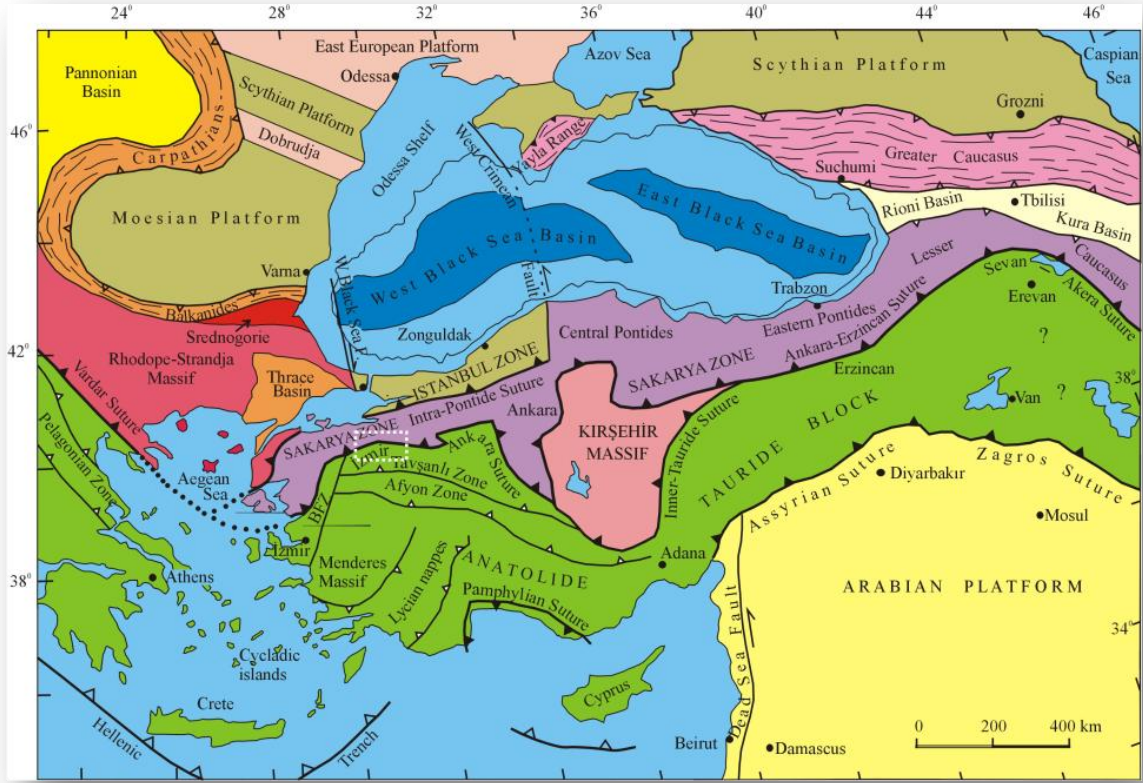


### **3.BULGULAR**

#### **3.1. BÖLGESEL VE STRATİGRAFİK JEOLJİ**

Çalışma alanını içerisinde alan Bursa İlinde; Paleozoyik ve Kuvaterner zaman aralığını temsil eden, farklı litolojik özellikler sunan metamorfik, volkanik, plütonik, ofiyolitik ve sedimenter kayaç türleri yer almaktadır(Bknz Ek-1).Çalışma alanı, ofiyolitik kenet kuşaklarıyla ayrılan tektonik birliklerin bir araya geldiği bölgede yer alır( Şekil 3.1). Birbirleriyle tektonik ilişkisi olan bu birlikler şu şekildedir; Bursa İlinin kuzeyinde İstanbul zonu, Ortada Sakarya zonu ve güneyinde Tavşanlı zonlarından oluşmaktadır. (Şengör ve Yılmaz,1981; Okay, 1987). Sakarya zonu, altta Uludağ masifinde yüzeyleyen Paleozoyik yaşlı bir temel ile bu temeli tektonik olarak örten Permian-Triyas yaşlı dalma-batma zonu kayalarından (Karakaya Kompleksi) meydana gelir(Okay ve diğerleri,1996). Tavşanlı zonu ise mavişistler, ofiyolit ve ofiyolitli melanjan oluşur(Okay,1984). İstanbul zonu ile Sakarya zonu Pontid içi kenedi ile ayrılır. Sakarya zonu ile Tavşanlı zonu ise İzmir- Ankara kenedi ile ayrılmaktadır. Bu kenet, Neo-Tetis okyanusunun kuzeye dalarak yok olması sonucu oluşmuştur. Anatolid platformu ve Sakarya zonunun arasındaki kıta kıta çarpışması muhtemelen Paleosende gerçekleşmiştir(Akyüz ve Okay,1998). Bu tektonik birlikler ve kenet kuşakları farklı jeolojik özelliklere sahiptir. Bu çalışmada birimler, inceleme alanında bulunan temel kayaların içinde buldukları tektonik birlikteki stratigrafik özelliklerine ve bunların üzerinde gelişmiş olan örtü kayaların yaş durumlarına ve stratigrafik dizilime göre verilmiştir.

Çalışma alanı, güneyden ve kuzeyden faylarla sınırlanan bir bölge olup, bu fayların sebep olduğu bu tektonik yapıların denetiminde şekillenen havzada yer alır. İnegöl Ovası, deniz seviyesinden yaklaşık 250 metre yükseklikte yer almaktadır. İnegöl havzasının batısındaki dağlık kütle, genellikle Paleozoyik yaşlı gnays ve amfibolitlerden oluşur. Güneyi, Triyas yaşlı metabazitler ile mermerlerden oluşmaktadır. Kuzeyindeki yükselimler, kristalize kireçtaşı bloklu triyas yaşlı kumtaşı, kiltası ve siltaşı ardalanmasından oluşur. Havza kenarında ise, Miyosen yaşlı akarsu- gölsel çökellerden oluşan konglomera, kumtaşı, marn ve kireçtaşları yer alır (MTA,2009). Yaşlıdan gence doğru çalışma alanında görülen birim ve formasyonlar şu şekildedir;



Şekil 3. 1 Ana sutur zonları ve kıtasal blokların gösterildiği Kuzeydoğu Akdeniz Bölgesine ait tektonik harita (Okay ve Tüysüz,1999)

Sakarya zonunun tabanında Paleozoyik yaşlı Uludağ grubuna ait olan metamorfik kayalar yer alır. Bunlar; Uludağ metamorfikleri(Pum) ve Uludağ Mermerleri(Pumr)'dir. Bu metamorfik temeli üzerleyen birimler, Karakaya Kompleksi kayaları ve bunları da uyumsuz olarak örten Jura-Kretase yaşlı çökellerdir(Tekeli, 1981; Okay ve diğerleri, 1990,1996; Akyüz ve Okay,1996).

Uludağ Grubu: Bu grup, bölgedeki en yüksek dağ olan Uludağ'da mostra vermektedir. Uludağ masifi jeolojik özellikleri sebebiyle araştırmacıların dikkatini çekmiştir. İlk çalışmalar masifin morfolojisine yönelik yapılmıştır. İlk ayrıntılı jeolojik çalışma Ketin(1947) tarafından yapılmıştır. Bu masif, gnays ve amfibolit gibi metamorfik kayalar(Pum) ile bu birimler üzerinde yer alan Mermerlerden(Pumr) oluşmuştur. Araştırmacılara göre(Ketin, 1947; Okay ve diğerleri, 2008) Paleozoyik yaşlıdır.

### **3.1.1. Uludağ Metamorfitleri(Pum)**

İnceleme alanının temelini oluşturan Uludağ metamorfitleri genel olarak, yüksek derecede metamorfizma geçirmiş gnays ve amfibolitlerden oluşur. Yer yer mermer blokları bulunmaktadır. Bu masifin batısında ve güneyinde Nilüfer çayı, kuzeyinde Bursa ovası, doğusunda ise çalışma alanını oluşturan İnegöl Ovası yer almaktadır. Gnays ve amfibolit seviyelerinin kalınlığı birkaç metre ile on metre arasında değişmektedir(MTA,2009). Uludağ masifi ile ilgili yayınında Ketin(1947), Masifin yapısına katılan “A serisi”nin yüksek derecede metamorfizma geçirmiş çeşitli gnays ve amfibolitlerle serinin üst düzeyinde yer alan şisti mermerlerden, “B serisi”nin ise düşük derecede metamorfizmaya uğramış çeşitli şist ve fillitlerle yarı kristalin- yarı mermer özelliği taşıyan kireçtaşlarından oluştuğunu ve bu iki seri arasındaki dokanağın uyumlu olduğunu belirtmiştir.

### **3.1.2. Uludağ Mermeri (Pumr)**

Bu birim, Uludağ’ın kuzey ve güney yamaçları boyunca izlenir ve Paleozoyik yaşlıdır. Mermerler, genellikle beyazımsı gri, krem renklidir. Yer yer erime boşluklu, erime yüzeyli, eklemlili ve dayanımlıdır. Mermerler, metamorfik kayalar içerisinde mercer ve ara katmanlar halinde de izlenirler ve bu birimin ortalama kalınlığı 200 metre kadardır. Kısmen bantlı görünüşlüdürler. Sert yapıları ile Bursa Ovası’na doğru oldukça dik yamaçlar oluştururlar(Şenyuva,1991).

### **3.1.3. Metaultramafikler (Pzmu)**

Bu birim, serpantinit, metabazik, metadetritik, amfibolit blok ve dilimlerden oluşmaktadır. Serpantinitler, açık yeşil, koyu yeşil, mor, ileri derecede metamorfizma geçirmiş, çok ayrılmış, kromit, magnetit kristalli ve çok tektonizedir. Yer yer asbest ve manyezit içerir. Yorumsal olarak Paleozoyik yaşındadır(Genç,1986). Metaultramafiklerin alt dokanağı Uludağ mermeri ve üst dokanağı Karakaya grubu ile tektonik ilişkili, daha genç birimler tarafından uyumsuz olarak örtülür. Serpantinitlerin ilksel konumda peridotit, bazik lav, tuf, diyabaz ve gabrodan oluşan manto malzemesi içerisine sedimenter birimlerin karışmış olması sebebiyle eski bir ofiyolitik melanj olduğu düşünülmektedir(Genç, 1986).

### **3.1.4. Yörüktepe Formasyonu (Py)**

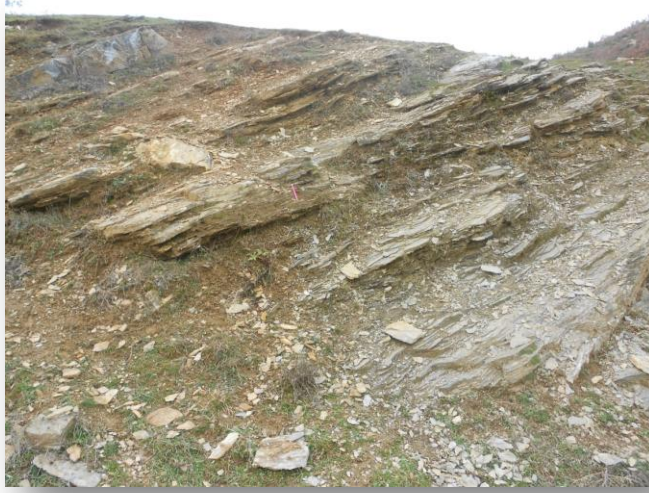
Bu birim, ilk defa Genç(1986) tarafından adlanmıştır. Birimin en iyi yerli mostrası Yörük tepede gözlemlendiğinden bu adlama verilmiş olup, bu çalışmada da bu adlama kullanılacaktır. Paleozoyik yaşlıdır. Kristalize kireçtaşıdan oluşur. Kristalize kireçtaşlarının taze yüzeyi gri ve koyu gri renklindedir. Triyas yaşlı formasyonlar içinde farklı büyüklükte bloklar halinde bulunur. Sert, sıkı tutturulmuş, kalsit damarlı ve erime boşlukludur. Çok çatlaklı ve eklemlidir. Tabakalanma iyi olmadığı için kesin kalınlık söylenemez, yaklaşık 200m'dir. Metamorfik temelle uyumsuz olup, üst dokanağı yer yer faylı, çoğunlukla Liyas detirikleri, Orta Jura-Alt Kretase kireçtaşları, Üst Kretase ve Neojen yaşlı birimlerce uyumsuz olarak örtülür. Üst Permian yaşındadır(Genç,1986).

Karakaya Grubu(Trk): Kuzeybatı Anadolu'da oldukça geniş yayılımı bulunan, başlıca bazik volkanik kayalar, kireçtaşı ve grovaktan oluşmuş, metamorfizma ve deformasyona uğramış Triyas yaşlı birime "Karakaya formasyonu" adı verilmiştir(Bingöl ve diğerleri, 1973). İnceleme alanında oldukça geniş bir alanda yüzeylemektedir. Paleozoyik yaşlı temelle faylı bir ilişki sunar. Bu çalışmada, Nilüfer formasyonu (Trkn), Çataltepe Mermeri(Trkç), Avdancık Formasyonu(Trkav) ve Abadiye Formasyonu(Trkab) adı verilerek tanıtılmıştır. Karakaya grubunun yaklaşık kalınlığı 800-1700 m arasında değişir. Ancak, çok kıvrımlı ve kırıklı yapı gösterdiği için kesin kalınlık verilememektedir (Şenyuva, 1991).

### **3.1.5. Nilüfer Formasyonu (Trkn)**

Bu birim, ilk defa Okay ve diğerleri (1990-1998) tarafından Nilüfer çayı (Bursa) civarında Nilüfer formasyonu olarak adlandırılmıştır Bu çalışmada Nilüfer Formasyonu olarak tanıtılacaktır. İnceleme alanında oldukça geniş bir alanda yayılım göstermektedir. İnegöl'ün kuzey ve doğu kesimlerinde yüzlek vermektedir. Metabazit ve metapellitik kayalardan oluşmaktadır. Yer yer fillat ve mermer ara seviyelidir(Şekil 3.2). Tektonizmaya uğramış seviyeleri ise orta ayrılmıştır. Metapellitlerin ayrışma yüzeyi gri, kahve, sarımsı yeşil, taze yüzeyi yeşil ve tabakalanma belirsizdir. Birim yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir.

Bu birimin üzerine Çataltepe Mermeri gelir (MTA,2009). Nilüfer formasyonu, yorumsal olarak Permo-Triyas yaşındadır (Akyüz ve Okay, 1996).



Şekil 3. 2 Nilüfer Formasyonundan görünüm

### **3.1.6. Çataltepe Mermeri (Trkç)**

Bu birim, Akyüz (1995) tarafından “Çataltepe Mermeri” olarak adlandırılmıştır. Bazı araştırmacılar tarafından Nilüfer Birimi altında tanıtılmaktadır. Bu çalışmada Çataltepe Mermeri olarak tanıtılacaktır. İnceleme alanının kuzey ve kuzeybatısında görülür. Mermerlerin ayrışma rengi gri, beji taze yüzeyi pembe, yer yer masif, sık çatlaklı, erime boşluklu, kalsit dolgulu ve orta-kalın tabakalıdır(Şekil 3.3). Oldukça kalın ve homojen bir istiflenme sunar. Genellikle ince, değişik kalınlıklarda silis bantları içermektedir(MTA,2009).



Şekil 3. 3 Çataltepe Mermerinden görünüm

### 3.1.7. Avdancık Formasyonu (Trkav)

Bu birim, ilk olarak Genç (1986) tarafından adlanmıştır. Formasyonun tüm özelliğini en iyi şekilde yansıtan Avdancık Köyü civarında yüzeylenmekte olduğundan bu ad verilmiştir. Bu çalışmada da bu adlama kullanılacaktır. Formasyon; siltaşı, kumtaşı, kiltası, kireçtaşı ardalanmasından oluşur. Birim yer yer orta- gevşek tutturulmuş olup, bu seviyeler zayıf dayanımlıdır. Çeşitli cins ve yaşlarda kireçtaşı blokları içerir. Kireçtaşı gri renkli ve ince-düzgün tabakalıdır. Kiltaları, kıvrımlı, kırılğan ve yer yer devriktir(Şekil3.4). Tabanı net görülemeyen birimin alt dokanağı tektoniktir(Genç,1986; MTA,2009). İnegöl havzasının doğu yamaçlarında Süpürtü ve Kozluca köylerinin doğusunda yayılım gösterirler. Avdancık Formasyonu'nun üzerinde ve yer yer de girik olarak izlenir. Üzerine Liyas, Dogger-Alt Kretase, Üst Kretase ve Neojen yaşlı kaya türleri uyumsuz olarak gelmektedir. Birimin yaşı yorumsal olarak Permien sonrası ile Üst Triyas arasındadır (Genç, 1986).





Şekil 3. 4 Avdancık Formasyonuna ait kıvrım yapısından görünüm

### **3.1.8. Abadiye Formasyonu (Trkab)**

Bu birim, ilk kez Genç(1986) tarafından adlanmıştır. Spilit, spilitik bazalt, radyolarit, çamurtaşı, spilitik kumtaşı, kireçtaşı, çört ve kumtaşından oluşur. En iyi görüldüğü yerlerden biri Abadiye köyü civarındır. Formasyon adı buna dayanılarak verilmiştir. Bu çalışmada da bu adlama kullanılacaktır. Birim genel olarak, şiztoziteli, tabakalanma belirsiz, kalsit damarlı ve sağlam dayanımlıdır. Tipik olarak inceleme alanının kuzeydoğusunda Fındıklı, Dömez, Avdancık Köyü civarında, Hamzabey köyü kuzeyinde, Akbaşlar köyleri çevresinde, Eymir köyü kuzey ve kuzey doğusunda yüzylemektedir(Genç,1986; MTA,2009). Avdancık Formasyonu'nun üzerinde ve yer yer de girik olarak izlenir. Üzerine Liyas, Dogger-Alt Kretase, Üst Kretase ve Neojen yaşlı kaya türleri uyumsuz olarak gelmektedir. Birimin yaşı yorumsal olarak Permien sonrası ile Üst Triyas arasındadır (Genç, 1986).

### **3.1.9. Asarlık Kireçtaşı Üyesi (Trkaba)**

Bu birim, kahverengi-kırmızı, beyaz renkli, kalın-orta yer yer düzgün tabakalı, laminalı kireçtaşından oluşmaktadır. Birim; çoğunlukla mor-kiremit kırmızısı ve eflatun renkli

konglomera ve kumtaşı seviyesi ile başlar. Üste doğru kireçtaşına geçmektedir. Kireçtaşı seviyelerinde karstik şekiller ve erimeler gelişmiştir(Şekil 3.5). Abadiye formasyonu ile bazen de Avdancık formasyonu ile geçişlidir. Alt-Orta Triyas yaşlıdır(Genç,1986; MTA,2009).



Şekil 3. 5 Asarlık Kireçtaşı üyesinden görünüm

### 3.1.10. Tekerler Mermeri(Mzt)

Bu birim, inceleme alanının güney kesiminde yüzeylenmektedir. Oylat kaplıca alanı civarında, Hilmiye ve Saadet köyü civarında mostra vermektedir. Gri, kirli beyaz, mavimsi renklere iri kristallenmiş mermerlerdir(Şekil 3.6). Mesozoyik yaşlıdır. Tavşanlı zonuna ait bir birimdir(MTA,2009).



Şekil 3. 6 Oylat termal kaplıca alanında gözlenen Tekerler Mermeri(Mzt)



### **3.1.11. Piribeyler Şistleri(Kp)**

Bu birim, inceleme alanının güney ve güney batı kesimlerinde mostra vermektedir. Mikalı şist, mikalı kuvars şist, kalkşist ve mavi şistlerden oluşmaktadır. Tekerler Mermeri ile beraber Tavşanlı zonuna ait bir birimdir. Kretase yaşlıdır(MTA,2009).

### **3.1.12. Bayırköy Formasyonu (Jba)**

Bu birim, ilk kez Granit(1960) tarafından Bayırköy kumtaşı, daha sonra Altınlı(1975) tarafından Bayırköy formasyonu olarak adlanmıştır. Bu çalışmada da aynı adlama kullanılacaktır. Birim, genellikle kalın katmanlı konglomera, kumtaşı, silttaşı, kiltası, şeyl, marn ve kırmızı kireçtaşları ile tanımlanmakta, kalınlık ve litolojik farklılıklar göstermektedir. Çalışma alanının kuzeyi ve kuzeydoğusunda yüzeylemektedir. Bugüne kadar yapılan araştırmalarda Bayırköy formasyonunun temeli uyumsuzlukla örttüğü yönündedir. Alt dokanağı Yörüktepe, Avdancık ve Abadiye formasyonları ile uyumsuz, Üst dokanağı ise, Bilecik formasyonu ile geçişlidir. Jura-Liyas yaşındadır(Genç,1986; MTA,2009). Bayırköy formasyonunun kalınlığı birkaç metreden 200 metreye kadar değişmektedir. Bilecik kireçtaşı altında çoğu zaman yayımlıdır(Şenyuva,1991).

### **3.1.13. Bilecik Kireçtaşı (Jb)**

Bilecik kireçtaşı, ilk olarak Yalçın Granit(1960) tarafından adlanmıştır. Bilecik kireçtaşı adlaması Bilecik ili ve çevresinde sürekli mostrası olan kireçtaşları için kullanılmıştır. Birçok çalışmada da bu isim benimsenmiştir. Jura-Kretase yaşlıdır. Bargu (1982), yapmış olduğu doktora çalışmasında ise aynı birimi Yardankaya Kireçtaşı olarak adlanmıştır. Literatürde Bilecik Kireçtaşı adlaması yaygın olarak kullanıldığı için bu çalışmada da aynı ad kullanılmıştır. Çalışma alanının kuzeyinde görülmektedir. Kireçtaşı, beyaz, sarı, bej, orta-kalın tabakalı, sert, sıkı tutturulmuş, erime ve karstik boşlukludur. Birim sık çatlaklı ve eklemli, çatlak ve eklemler kalsit dolguludur. Bayırköy formasyonu üzerinde geçişli, daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuzlukla yer alır. Değişik lokasyonlarda farklı kalınlıklar sunan Bilecik kireçtaşının(Jkb) kalınlığı ortalama olarak 50-400 metre arasında değişiklik göstermektedir(Genç,1986;Şenyuva,1991;MTA,2009).

### **3.1.14. Granitoidler (Tgr)**

Bu birim, inceleme alanının batısı ve güneybatısında görülmektedir. İnceleme alanındaki en büyük granitoid olan Uludağ granitoidi, Uludağ masifinin iç kesiminde yaklaşık kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanan büyük eksenli 14 km, küçük eksenli 7 km olan elips şeklinde bir plutondur (Ketin, 1947). Genellikle granit ve granodiyoritten oluşan derinlik kayalarıdır. Gri, kahve, grimsi beyaz renkli, bol kuvars ve mikalıdır. Koyu renkli mineralleri fazladır. Kontak zonlarında metamorfizma izleri görülmektedir(MTA,2009). Okay ve diğerleri(2008)'e göre Uludağ ve çevresinde yüzeyleyen derinlik mağmatik kayaları Eosen-Oligosen yaşındadır(MTA,2009).

### **3.1.15. Yarhisar Formasyonu (Kya)**

Bu birim, ilk defa Genç(1986) tarafından adlanmıştır. En iyi gözlemlendiği yerlerden Karamca-Yarhisar dolaylarında yüzeylenmektedir. Bu sebeple bu ad verilmiştir. Bu çalışmada da bu adlama kullanılacaktır. Killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kireçtaşı, kiltası ve marndan oluşmaktadır. Birim genel olarak kırmızımsı, pembe, bej renkli, orta ve yer yer kalın tabakalanmalı, sıkı tutturulmuştur. Yoğun kalsit damarlıdır. Kıvrımcıklar sunan birim, genellikle derinleşen bir denizin ürünüdür. İnegöl-Doma köyü batısında yüzeylenmektedir. Bilecik kireçtaşı ile geçişli olduğu gibi, daha yaşlı birimler üzerine geldiği yerler de yaygındır (Genç, 1986). Alt dokanağı Bilecik kireçtaşı ile geçişli, ayrıca yaşlı birimler (Abadiye formasyonu) üzerinde uyumsuz olarak görülmektedir. Üst dokanağı ise Neojen detritikleri ile uyumsuz olarak örtülür. Birimin kalınlığı 50-200 m arasında değişir. Birim Genç (1986)'e göre Üst Kretase yaşındadır.

### **3.1.16. İnegöl Formasyonu (Tmi)**

Bu birim, ilk defa Genç (1986) tarafından adlanmış olup, bu çalışmada da bu adlama kullanılmıştır. Birim İnegöl dolaylarında görüldüğü için bu ad verilmiştir. İnegöl havzasında oldukça geniş alanlarda yayılım göstermekte, genellikle kumtaşı, marn, kiltası, konglomera, killi kireçtaşı ve kireçtaşından oluşur. Güney kesimlerde konglomera, kiltası ve çamurtaşı seviyeleri daha yaygındır. Kuzey de ise yine konglomera, kumtaşı, kiltası ile beraber kireçtaşı seviyeleri de yaygındır. Çitli Köyü güneyinde, Kurşunlu köyü, Yenice Müslim, Hamza bey köyü doğu ve güneyinde Kozluca, Aşağıballık, Maden köyleri ve Eymir dolaylarında

yüzeylemektedir. Kendinden yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Omurgalı fosiline göre, Üst Miyosen yaşı verilmiştir(Geç,1986; MTA,2009). Gevşek tutturulmuş olmasından dolayı bu bölgelerde kaymalar ve heyelanlar çoğunluktadır.

### **3.1.17. Traverten (Qtr)**


Bu birim, inceleme alanının güneydoğusunda, Rüştüye ve Karacaköyü yakınlarında gözlenmektedir. Birim travertenden oluşmaktadır. Travertenler; sarı, bej renkli, erime yüzeyli ve kovukludur (MTA,2009).

### **3.1.18. Alüvyon (Qal )ve Yamaç Molozu (Qym)**

Tektonik bir çöküntü havzası niteliğinde olan İnegöl Ovası tamamen, akarsuların taşıdığı çakıl, blok, silt, kum gibi malzeme ile kaplanmıştır. İnegöl Ovasının alanı yaklaşık 128 km<sup>2</sup>'dir. Alüvyon kalınlığı ise, DSİ'nin yer altı jeolojisini aydınlatmak için açmış olduğu sondaj verilerine göre, batı kesimlerde 2 ile 38 metre arasında, doğu kesimde 60 ile 100 metre arasında, havza ortalarında yaklaşık 100 metreyi bulmaktadır. Yamaç Molozu, çalışma alanının batı kesimlerinde görülmektedir. Tutturulmamış, yer yer az tutturulmuş siltli, killi, köşeli blok ve çakıl yığışımıdır.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	GRUP	FORMASYON SİMGE	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	KUATERNER			Qal	Alüvyon	2-100		Çakıl, blok, silt, kum Uyumsuzluk
	TERSİYER	ÜST MIYOCEN		Tmi	İnegöl Formasyonu			Kumtaşı, mam, kilitaşı, konglomera, kili kireçtaşı ve kireçtaşı Uyumsuzluk
MESOZOYİK	KRETASE	ÜST		Kya	Yarhisar Formasyonu	50-200		Kırmızı, pembe, sarı, boz renkli, kili kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, konglomeratik kireçtaşı, kireçtaşı, kilitaşı, mam
				Jb	Bilecik Kireçtaşı	50-400		Krem, pembe, koyu sarı renkli, orta-kalın tabakalı oolitik kireçtaşı
	Jura	KARAKAYA GRUBU	Jba	Bayırköy Formasyonu	± 200		Kalın tabakalı çakıllıtaşı, kumtaşı, kilitaşı ve kireçtaşı Uyumsuzluk	
	TRİYAS		Trkab	Abadiye Formasyonu	800-1700		Spilik bazalt, spilidiyorit, çarınatçı, spilik kumtaşı, kireçtaşı ve çört Trkabli (Anatik Kireçtaşı Üyesi): İnce kumtaşı, kalın kireçtaşı, ince kireçtaşı barları	
			Trkav	Avdancık Formasyonu			Konglomera, mikrokonglomera, kumtaşı, feldspatik kumtaşı, mikol kumtaşı, grovak, silttaşı, kilitaşı, kireçtaşı aralıları	
		Trkç	Çataltepe Mermeri			Beyaz, gri, iri kristalli mermer		
		Trkn	Nilüfer Formasyonu			Metabozit, metapelitik metamorfiler, ve bunları izleyen mermerler		
PALEOZOYİK	Permian			Py	Yörüktepe Formasyonu	200		Koyu gri, ak, sarımsı renkli, orta-kalın tabakalı kireçtaşı TEKTONİK DOKANAK
				Pzmu	Metaultramafikler			Yeşil, mor-kahverenkli, tektonize serpantin

Şekil 3. 7 İnceleme alanının kuzey ve kuzeydoğu kesiminin geliştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (ölçeksiz)

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	GRUP	FORMASYON SİMGE	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	KUVATERNER			Qal/Qym	Alüvyon/ Yamaç Molozu	80-200		Çakıl, blok, silt, kum/ Tutturulmuş, yer yer az tutturulmuş, siltli, killi, köşeli blok ve çakıl yığılması
				Qtr	Traverten			Erime yüzeyli ve kovuklu traverten türü kireçtaşı Uyumsuzluk
	TERSİYER	ÜST MİYOSEN		Tmi	İnegöl Formasyonu			Kumtaşı, marn, kilitaşı, konglomera, killi kireçtaşı ve kireçtaşı Uyumsuzluk
		EOSEN-OLİGOSEN		Tgr	Granitoidler			Koyu gri, açık gri, kahve renkli, granit, granodiyorit gibi derinlik kayaları Uyumsuzluk
MESOZOYİK	KRETAŞE			Kp	Piribeyler Şistleri			Mikalı şist, mikalı kuvars şist, kalkşist ve mavi şistler
				Mzt	Tekerler Mermeri			Gri, kirli beyaz, mavimsi renklerde, iri kristallenmiş mermer TEKTONİK DOKANAK
PALEOZOYİK			ULUDAĞ GRUBU	Pumr	Uludağ Mermeri	200		Koyu gri renkte, taze yüzeyli bej, pembe renkli mermerler
				Pum	Uludağ Metamorfittleri			Gnays ve Amfibolit

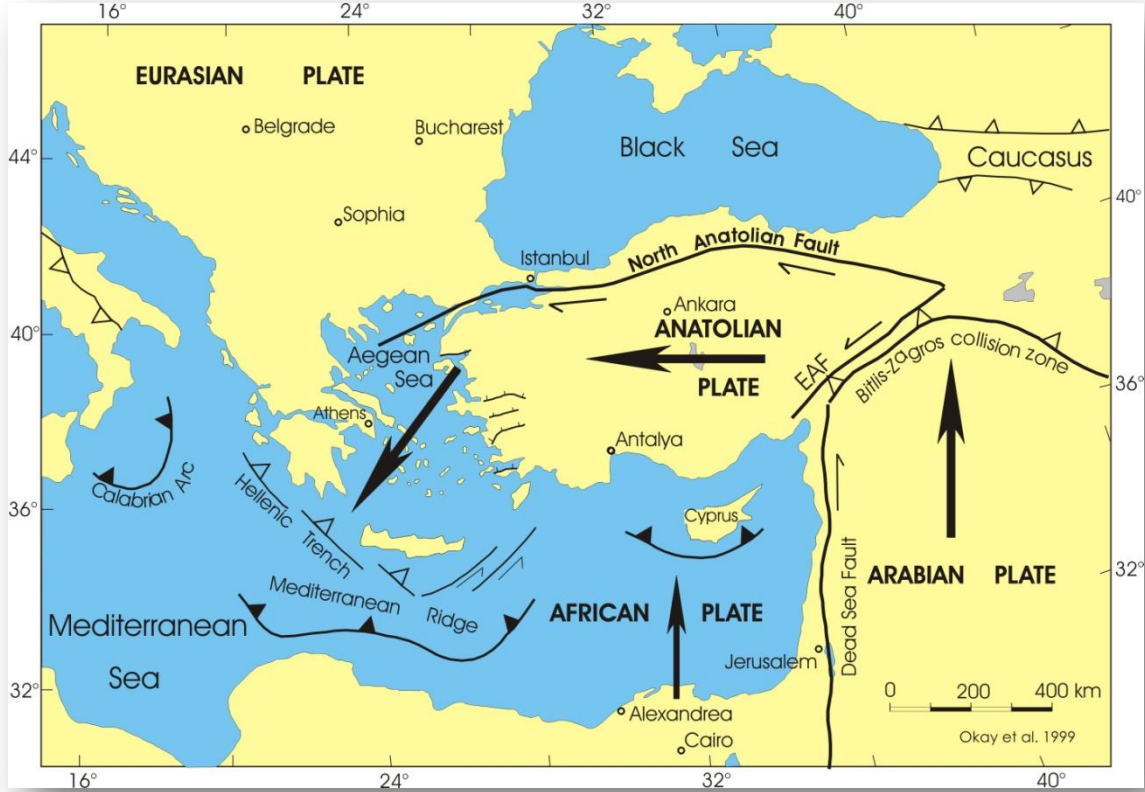
Şekil 3. 8 İnceleme alanının güney ve güneybatı kesiminin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti(ölçeksiz)

### 3.2. YAPISAL JEOLJİ VE TEKTONİK

Birçok yer bilimci tarafından, Orta-Geç Miyosen dönemi, Anadolu için yeni bir tektonik rejimin başlangıcı kabul edilmektedir(Şengör ve Yılmaz, 1981). Anadolu'nun şekillenmesinde "Neotektonik evre" adı verilen bu dönem etkilidir. Geç-Orta Miyosen süresinde, Çüngüş Havzası tümüyle kapanmış, Bitlis kenet kuşağı boyunca Arabistan-Avrasya çarpışması başlamıştır. Bu çarpışma, Türkiye bütününde, bölgenin tektoniğinde çok belirgin etkiler oluşturmuştur(Şengör ve Yılmaz,1983). Bu çarpışmanın akabinde Arap Levhasının hareketinin kuzeye doğru devam edip, Doğu Anadolu'yu sıkıştırması sonucu, bölgenin yükselmesine ve kıta kabuğunun ise kalınlaşmasına sebep olmuştur. Bu sıkışmayla beraber, Anadolu levhası Batı Anadolu'ya doğru sağ yanal atımlı Kuzey Anadolu Fayı ve sol yanal atımlı Doğu Anadolu Fayı boyunca hareket etmeye başlamıştır. Batıya doğru ilerleyen levha, Hellenik yayın etkisi ile genişlemiş, kabuk incelmış ve Ege Graben Sistemi ortaya çıkmıştır (Selim, Tüysüz, Barka, 2006) . İnceleme alanı, tektonik olarak aktif iki fay kuşağı

olan Kuzey Anadolu Fay Zonu(KAFZ) ile Ege Açılma Sistemi arasında yer almakta olup, Eskişehir fay zonuna da yakın durumdadır(Şekil 3.9)

(Okay ve diğerleri,1999).



Şekil 3. 9 Doğu Akdeniz'in aktif tektonik haritası (Okay ve diğerleri,1999)

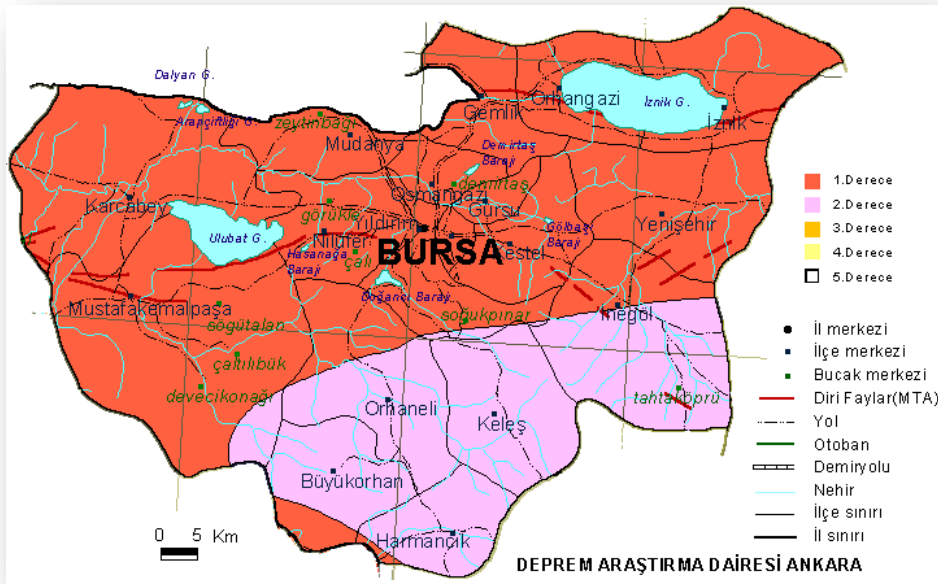
Bindirmeler ve faylar, bölgenin şekillenmesinde etkili olan önemli unsurlardır. Eskişehir fay zonunun devamı niteliğinde düşünülebilecek olan çalışma alanının güney kesimi “İnegöl fay zonu” olarak Emre ve diğerleri(2009) tarafından tanıtılmıştır.

- **İnegöl Fay Zonu:** İnegöl havzasını güney ve kuzey kenarından sınırlayan faylar Emre ve diğerleri(2009) tarafından İnegöl Fay zonu olarak tanıtılmıştır. Havzayı sınırlayan faylar havzanın geometrisiyle uyumlu olarak KB-GD doğrultusunda uzanmaktadır(Bknz Ek-1). Havzanın güney kenarında gelişen fay, havzanın batı ve doğu kenarı arasında uzanır. Uzunluğu 30 km'den fazladır. Ara aşmalı birden çok faydan oluşmaktadır (MTA,2009). Miyosen yaşlı karasal çökelleri içinde gelişen fay, yer yer Kuvaterner yaşlı alüvyal çökeller ile Miyosen yaşlı kayaları da sınırlamaktadır. Kaymakçı (1991)' e göre İnegöl Havzasının güney kenarındaki faylar, aktif ve verev atımlı normal fay karakterindedir.

- **Oylat Fayı:** İnegöl Havzasını güneyden sınırlayan ve Uludağ- Domaniç dağlarının kuzey kenarı boyunca zon oluşturan faylar, Emre ve diğerleri (2009) tarafından “Oylat Fayı” adı verilerek tanıtılmıştır. İnegöl Havzasının güneybatısı ile güneydoğusu arasında yer alan bu faylar, birbirine paralel, ancak kesintili parçalardan meydana gelen iki ana kırıktan oluşur.

### 3.3. DEPREMSELLİK

Anadolu ve civarı, dünyadaki tektonik açıdan en aktif bölgelerden biri olarak bilinen Alp-Himalaya Kuşağının en hareketli kısmında bulunmaktadır. Bu bölgede tarih boyunca önemli ölçüde büyük depremler yaşanmıştır. Gerek tarihsel, gerekse güncel (aletsel dönem) depremleriyle kanıtlanmış olduğu gibi Marmara bölgesinin depremselliği göreceli olarak çok yüksektir. Bu sebeple bölgedeki çalışmalar arttırılmıştır. MTA Deprem Araştırma Dairesi tarafından yapılan Depremsellik haritasından da görülebileceği gibi İnegöl Havzasının yarısı 1. derece deprem bölgesi olarak gösterilmiştir. İnegöl’ün güney kesimi ise 2. derece deprem bölgesi olarak gösterilmiştir (Şekil 3.10). İnegöl’de heyelan ve sıvılaşma parametreleri göz önüne alırsak depremsellik sonucu olarak afet riski olan bir bölge olduğu açıkça görülür.



Şekil 3. 10 Bursa İli'ne ait depremsellik haritası (deprem.gov.tr)

### 3.4. HİDROLOJİ

İnegöl(Bursa) Havzasının hidrolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bu bölümde; önce havza içindeki su noktalarının( kuyular, kaynaklar ve akarsular) özellikleri araştırılmış, sonra havza içindeki İnegöl Devlet Meteoroloji İstasyonu verileri kullanılarak yağış, buharlaşma ve sıcaklık bileşenleri hesaplanmış ve tüm bu verilerden yararlanarak havzanın denge nem bilançosu hesaplanmıştır. İnegöl(Bursa) havzasının hidrolojisine ilişkin değerlendirmelerde gerek kayıt uzunluğunun, gerekse gözlem kalitesinin daha iyi olması sebebiyle DMİ(Devlet Meteoroloji İşleri)'ne ait gözlem istasyonlarına ait verilere başvurulmuştur. İnceleme alanı ve yakın çevresinde yar alan hidrolojik gözlem ağı Şekil 3.11'de verilmiştir. İnegöl(Bursa) havzasındaki yağış gözlem istasyonlarının buldukları yükselti aralıkları ve mevcut yoğunluğu açısından, havza üzerindeki yağışı temsil edici biçimde gözlenmesine elverecek yeterliliktedir(Tablo3.1). Dünya Meteoroloji Örgütü'nün(WMO) Akdeniz İklim kuşağı için önerisi 150-250 km<sup>2</sup>'ye bir istasyon düşmesidir (WMO,1970-74).

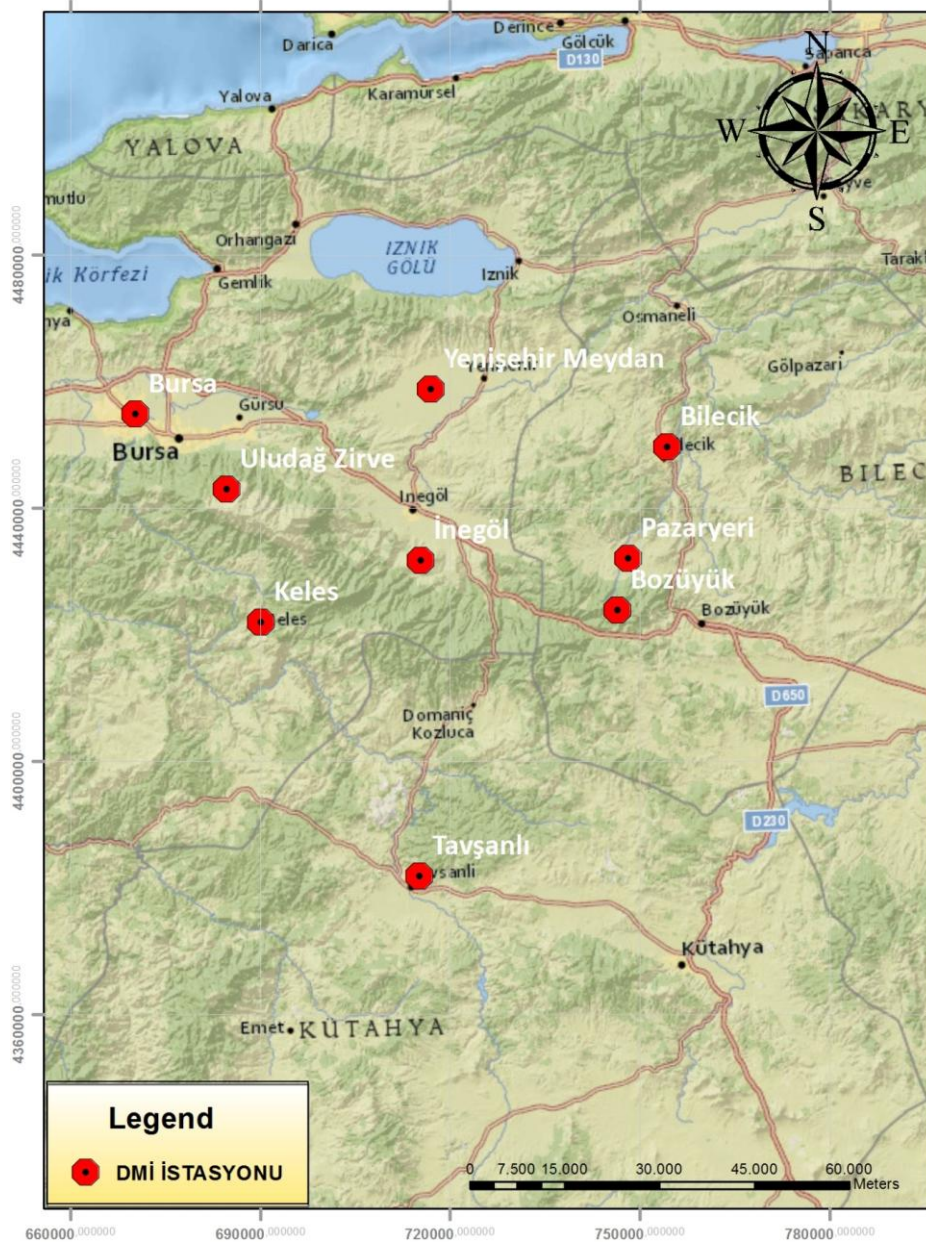
#### 3.4.1. Hidrometeorolojik Veriler

Bu kısımda İnceleme alanına ait yağış, buharlaşma ve sıcaklık parametreleri değerlendirilecektir. Yağış kısmında İnegöl(Bursa) Havzasında bulunan İnegöl DMİ'ye ait uzun yıllar(1970-2000) İnegöl İstasyon verilerinden faydalanılarak yağış-zaman grafiği ve eklenik sapma grafiği oluşturulmuştur. Buharlaşma kısmında, uzun yıllar verisi kullanılarak Thorntwaite(1948) yöntemine göre nem bilançosu ve yağış-buharlaşma-terleme grafiği oluşturulmuştur. Sıcaklık kısmında, uzun yıllar ortalama sıcaklık grafiği oluşturulmuştur.

Tablo 3. 1 İnegöl(Bursa) ve çevresine ait DMİ istasyonları koordinatları

x	y	Z(m)	İstasyon No	İstasyon Adı
715313	4431696	280	1	İnegöl
670191	4454884	100,32	2	Bursa
716886	4458758	238	3	Yenişehir Meydan
684685	4442957	1877	4	Uludağ Zirve
690099	4421907	1063	5	Keles
754265	4449634	539,19	6	Bilecik
715134	4381816	833	7	Tavşanlı
748089	4432069	825	8	Pazaryeri
746369	4423897	754	9	Bozüyük





Şekil 3. 11 İnegöl(Bursa) ve yakın çevresine ait DMİ istasyonlarının haritada gösterimi

#### 3.4.1.1.Yağış

Marmara İklim tipine sahip olan İnegöl, havzanın denizden uzaklığı sebebiyle iklim tipi karasallığa doğru geçiş gösterir. Buna göre yaz ayları sıcak ve az yağışlı, kış ayları ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. Uzun yıllar içinde yağış miktarlarına bakıldığında en fazla yağış 1970 yılında ve 775,8 mm'dir(Tablo 3.2; Şekil 3.12). İnegöl Devlet Meteoroloji İstasyonuna ait 30 yıllık yağış verilerinden yararlanılarak eklenik sapma değerleri hesaplanmıştır(Tablo 3.2). Eklenik sapma ve yağış eğrilerinin pik yaptığı yerler yağışın yükseldiğini ve yağışlı bir dönemi ifade eder. Bunun tersi yöndeki eğriler ise, kurak bir dönemi ifade etmektedir(Şekil 3.13).

Tablo 3. 2 Uzun yıllara ait yağış miktarları ve eklenik sapma değerleri

	YILLAR	YAĞIŞ	O.S.	EKLENİK SAPMA		YILLAR	YAĞIŞ	O.S.	EKLENİK SAPMA
1	1970	775.8	193.5	193.5	18	1987	645.3	63	467.8
2	1971	659.4	77.1	270.6	19	1988	424.8	-157.5	310.3
3	1972	651.8	69.5	340.1	20	1989	514.9	-67.4	242.9
4	1973	665.7	83.4	423.5	21	1990	461.1	-121.2	121.7
5	1974	651.4	69.1	492.6	22	1991	566.1	-16.2	105.5
6	1975	615.9	33.6	526.2	23	1992	533.7	-48.6	56.9
7	1976	603.5	21.2	547.4	24	1993	415.7	-166.6	-109.7
8	1977	503	-79.3	468.1	25	1994	328.2	-254.1	-363.8
9	1978	536.7	-45.6	422.5	26	1995	558.3	-24	-387.8
10	1979	719.8	137.5	560	27	1996	568.6	-13.7	-401.5
11	1980	633.6	51.3	611.3	28	1997	604.8	22.5	-379
12	1981	715.6	133.3	744.6	29	1998	769.4	187.1	-191.9
13	1982	564.7	-17.6	727	30	1999	582.1	-0.2	-192.1
14	1983	640.8	58.5	785.5	31	2000	774.5	192.2	0.1
16	1985	357.6	-224.7	560.8		Ortalama Yağış	582.3		
17	1986	426.3	-156	404.8					

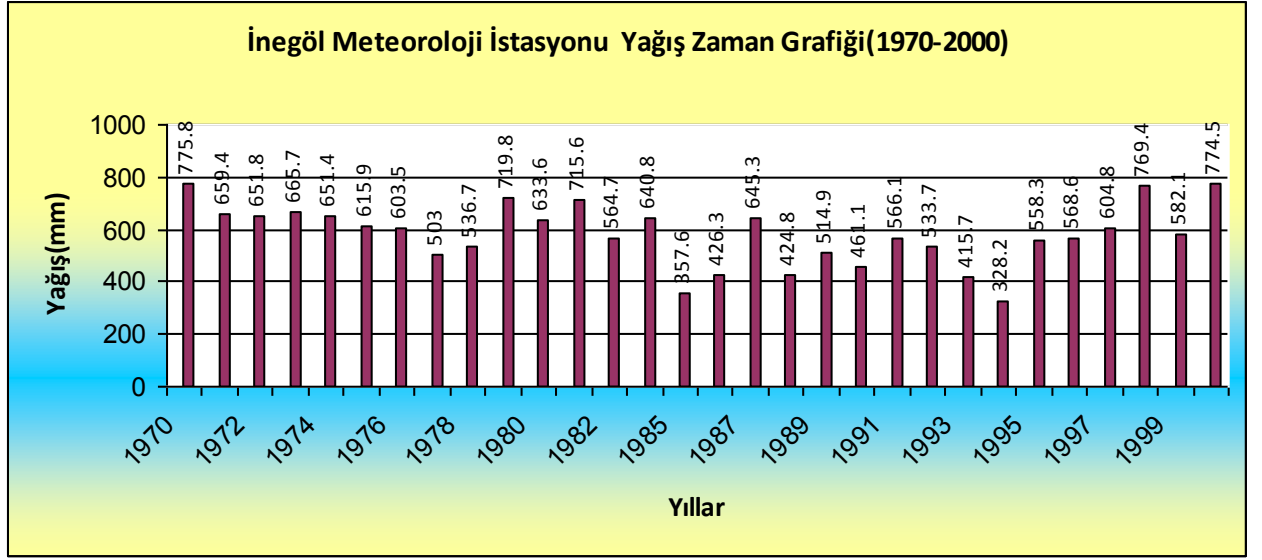
### Açıklama

O.S. : Ortalamadan Sapma

Tablo 3. 3 Uzun yıllar aylık ortalama yağış

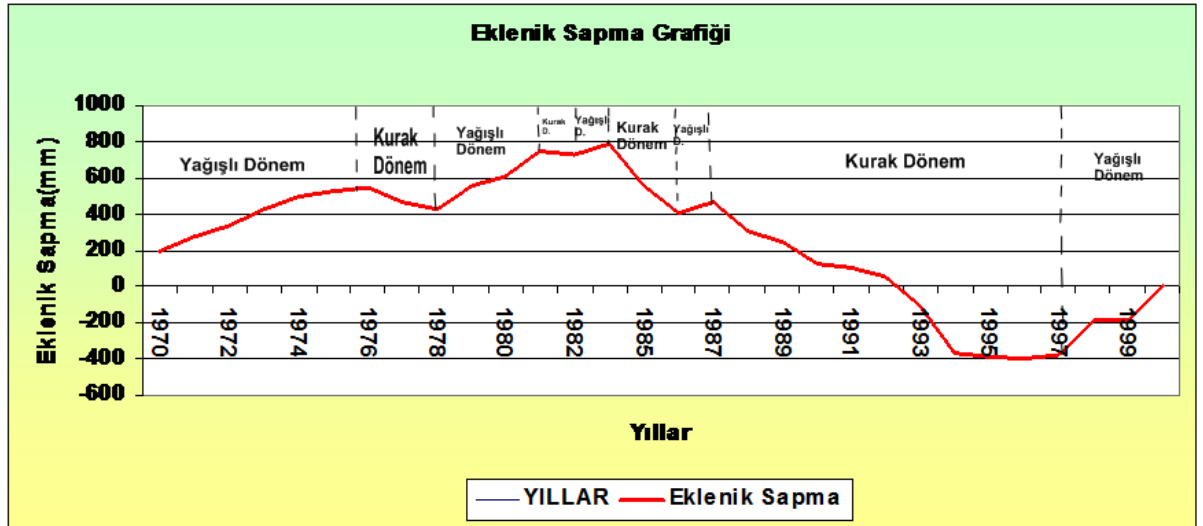
Ortalama Yağış Periyodu	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam
1970–2000	62.8	54.6	58.4	50.3	49.8	46.3	27	24.7	28.7	67.4	67.4	72.9	610.3

Buna göre; en az yağış Ağustos ayında 24,7 mm olarak ve en fazla yağış Aralık ayında 72,9 mm olarak ölçülmüştür. En yağışlı dönem Kış aylarında ve en kurak dönem ise yaz aylarında yaşanmaktadır.



Şekil 3. 12 1970–2000 yılları arasındaki İnegöl Devlet Meteoroloji istasyonu yağış-zaman grafiği

Buna göre; en fazla yağış 1970 yılında, en az yağış ise 1995 yılında düşmüştür. Uzun yıllar (1970-2000) ortalama yağış ise, 582,3 mm'dir.



Şekil 3. 13 1970–2000 Uzun yıllar eklenik sapma grafiği

Buna göre; 1970-1976 yılları arasında yağışlı bir dönem yaşanmıştır.1976-1987 yılları arasında kararlı dönem geçirilmiştir. Yani, yağışlı dönemin devamı sağlanmıştır. 1987-1991

yılları arasında ise kurak dönem yaşanmış olup, 1991 yılı sonrası 2000 yılına kadar aynı dönem devam ederek kararlı dönem meydana gelmiştir. 2000 ve sonrasında ise grafiğin eğiminden yağışlı bir döneme geçilmeye başlandığı tahmin edilebilir.

#### 3.4.1.2. Buharlaşma

İnegöl Havzasında buharlaşmanın olduğu dönemler ilkbahar, yaz ve sonbahardır. Temmuz ayı en fazla buharlaşmanın olduğu aydır. İnegöl Meteoroloji İstasyonundan alınan sıcaklık ve yağış değerlerinin aritmetik ortalamasından Thorntwaite (1948) yöntemi kullanılarak bölgenin potansiyel (Etp) ve gerçek buharlaşma- terleme (Etr) değerleri hesaplanmış, yağış ve düzeltilmiş potansiyel buharlaşma terlemenin karşılaştırılmalı nem bilançosu hazırlanmış ve grafiği çizilmiştir (Tablo 3.4; Şekil 3.14). Thorntwaite yönteminin potansiyel buharlaşma- terlemeyi (Etp) veren formülü;

$$Etp = 1,6 \times (10T/I)^a$$

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1,79 \times 10^{-2} \times I + 0,492$$

$$I = \sum i$$

$$I = (T/5)^{1,514}$$

Etp = Aylık Potansiyel Buharlaşma-terleme miktarı (cm)

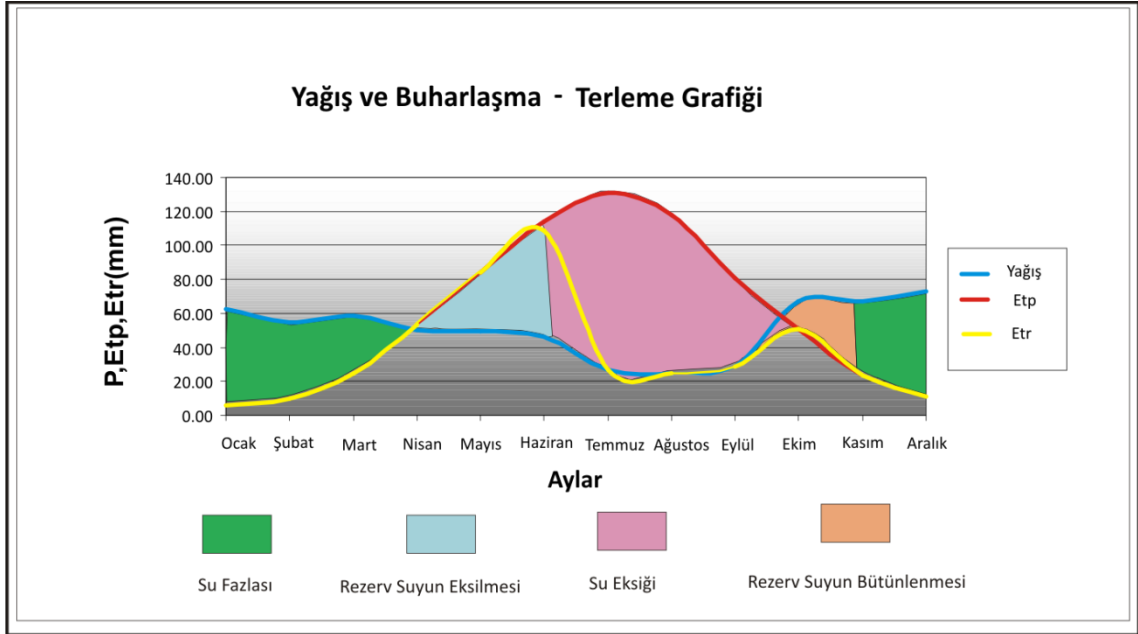
a ve I = Katsayı

i = Sıcaklık İndisi

T = Aylık Sıcaklık Ortalaması (°C)

Tablo 3. 4 Deneştirmeli Yağış ve Buharlaşma-Terleme bilançosu (Thorntwaite,1948)

Yağış İstasyonu: İNEGÖL	İNEGÖL OVASININ DENEŞTİRMELİ NEM BİLANÇOSU (1970-2000)												
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	YILLIK
Aylık Sıcaklık Ortalaması	2,75	4,10	7,07	12,07	15,77	19,76	21,68	21,11	17,38	12,95	7,95	4,49	12,26
Sıcaklık İndisi(i)	0,40	0,74	1,69	3,80	5,69	8,01	9,21	8,85	6,59	4,22	2,02	0,85	52,08
Etp(mm)	6,90	11,70	23,90	48,10	68,30	91,80	103,70	100,10	77,60	52,80	27,80	13,20	625,90
Enlem Düzeltme Katsayısı(39)	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82	
Düzeltilmiş Etp(mm)	5,87	9,83	24,62	53,39	84,01	113,83	130,66	118,12	80,70	50,69	23,35	10,82	705,89
Yağış(mm)	62,75	54,62	58,37	50,29	49,79	46,26	26,95	24,67	28,66	67,36	67,37	72,94	610,01
Y-Ep	56,89	44,79	33,75	-3,11	-34,22	-67,58	-103,71	-93,45	-52,05	16,67	44,01	62,11	-95,88
Faydalı Su Yedeğı(mm)	100,00	100,00	100,00	96,89	62,67	0,00	0,00	0,00	0,00	16,67	60,68	100,00	
Etr(mm)	5,87	9,83	24,62	53,39	84,01	108,93	26,95	24,67	28,66	50,69	23,35	10,82	451,78
Eksik su (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,91	103,71	93,45	52,05	0,00	0,00	0,00	254,11
Fazla su (mm)	56,89	44,79	33,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,80	158,23



Şekil 3. 14 İnegöl Meteoroloji istasyonuna ait 1970- 2000 Uzun yıllar yağış ve buharlaşma-terleme grafiğı

Buna göre; Ocak, Şubat ve Mart aylarında aylık yağış, gerçek buharlaşma-terlemeden fazladır. Dolayısıyla bu aylarda su fazlası görülmüştür. Yağış fazlası toprağın su rezervine eklenmektedir. Mayıs, Haziran ve Temmuz ayı başlarında yağış miktarı, gerçek buharlaşma-terlemeyi karşılamamakta ve rezervden yararlanılarak, Faydalı su yedeği tüketilmiştir. Ağustos, Eylül aylarında rezervde su bulunmamakta ve gerçek buharlaşma-terleme yağışa eşittir. Ekim, Kasım ve Aralık ayında yağış miktarı, gerçek buharlaşma- terlemeden fazladır. Yağış miktarındaki bu fazlalık rezerv tamamlamada kullanılmaktadır. Thornthwaite yönteminden yararlanılarak hesaplanan Etp(Potansiyel Buharlaşma-Terleme), Etr(Gerçek Buharlaşma-Terleme), su fazlası ve su noksanının yağışa göre yüzdeleri Tablo 3.5’de verilmiştir.

Tablo 3. 5 Etp, Etr, su fazlası ve su noksanının yağışa göre yüzdeleri

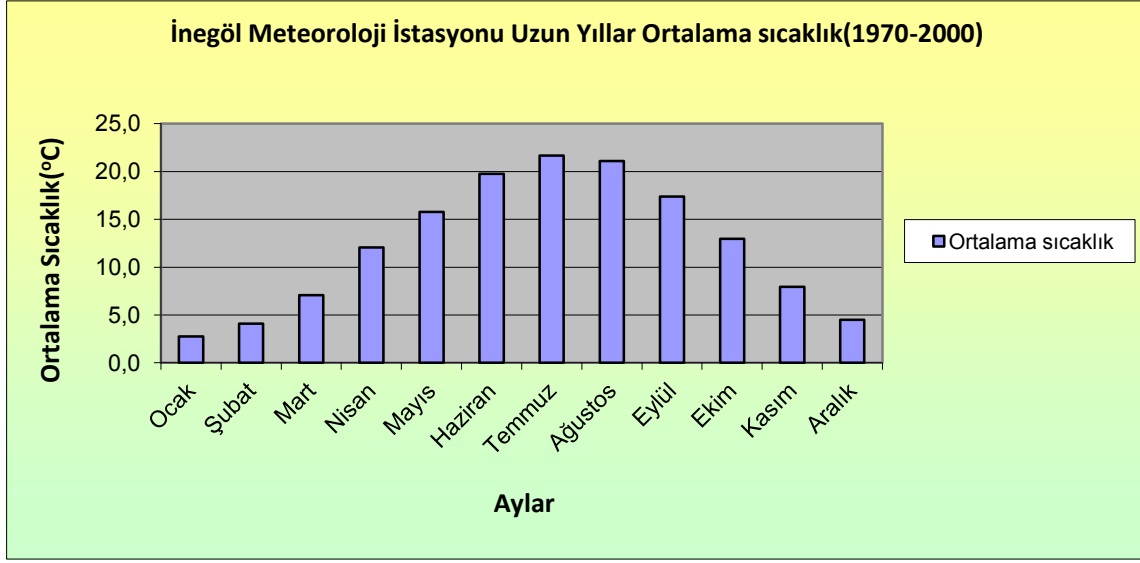
	mm/ yıl	%P (yağışın yüzdesi)
<b>Etp</b>	705.89	115.72
<b>Etr</b>	451.78	74.08
<b>Su fazlası</b>	158.23	25.94
<b>Su noksanı</b>	254.11	41.66

#### 3.4.1.3.Sıcaklık

DMİ (Devlet Meteoroloji İşleri)’nden alınan verilere göre, en yüksek sıcaklıklar yaz aylarında ( Haziran, Temmuz ve Ağustos), en düşük sıcaklıklar ise kış aylarında (Aralık, Ocak ve Şubat) gözlenmektedir(Tablo 3.6;Şekil 3.15).

Tablo 3. 6 İnegöl Meteoroloji İstasyonuna göre uzun yıllar ortalama sıcaklık

İNEGÖL	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
<b>Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1970-2000)</b>												
<b>Ortalama Sıcaklık (°C)</b>	2.7	4.1	7.1	12.1	15.8	19.8	21.7	21.1	17.4	12.9	7.9	4.5



Şekil 3. 15 İnegöl İstasyonuna ait uzun yıllar ortalama sıcaklık

### 3.4.2. İnegöl Havzası ve Özellikleri

İnegöl havzası Sakarya Havzasına bağlı bir alt havzadır. İnceleme alanının tamamı yaklaşık 750 km<sup>2</sup> 'dir. Havza sınırları içinde Bursa'nın İnegöl ilçesi ve buna bağlı köyler bulunmaktadır. Havzada yer alan İnegöl Ovası, havza üstünde bulunan Küpeli ile Kara doğu Tepelerinin yüksekliği bir plato alanı ile kuzeydeki Yenişehir Ovasından ayrılır. Rakımı 300–500 m civarında olan İnegöl Ovası'nın alanı 128 km<sup>2</sup> 'dir. İnegöl'ün güney yan derelerini drene eden Kocadere(Göksu), Yenişehir Ovası'na ulaşır(Şekil 3.16).

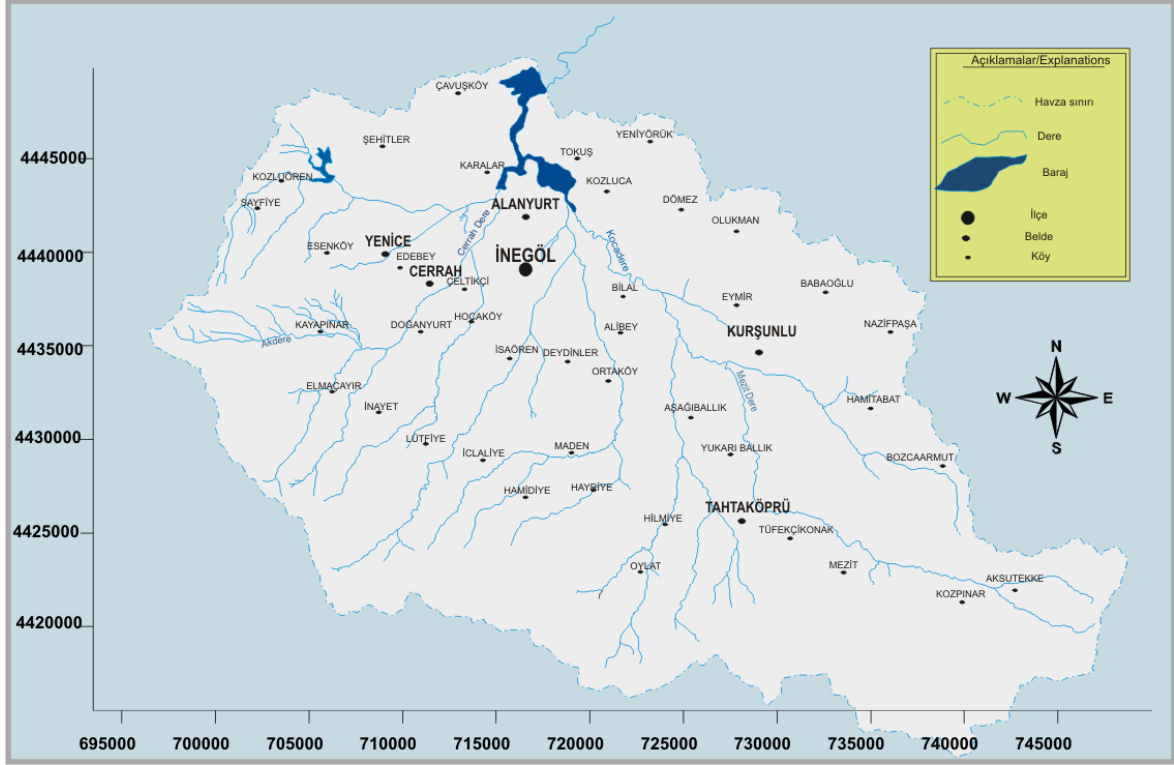
### 3.4.3. Su Noktaları

#### 3.4.3.1. Akarsular

İnegöl Ovasındaki irili ufaklı dereler birleşerek, Kocadere (Kocası) adıyla Yenişehir Ovasına ulaşır. Hamzabey köyü yakınlarında Kalburt dere ve Kocadere birleşmektedirler. 2011 yılı içerisinde kullanıma açılmış olan Boğazköy barajının kaynağını oluştururlar. Koca dereyi sol kesimden besleyen dereler, membadan mansaba doğru şu şekildedirler;

- Kalburt Dere: Karadere ve Cerrah Derelerinin birleşmesinden meydana gelmiştir.
- Bedre Dere: Hocaköy, Bedre, Akçasu Derelerinin birleşmesi ile meydana gelmiştir.
- Çandır Dere: Oylat Dere ve Çepel Deresinin birleşmesiyle oluşur.

Koca dere'ye sağ sahilden katılan dereler, sol sahilden katılan derelere göre küçük ve çoğunlukla yaz aylarında kuruyan derelerdir.



Şekil 3. 16 İnegöl havzası hidroloji haritası

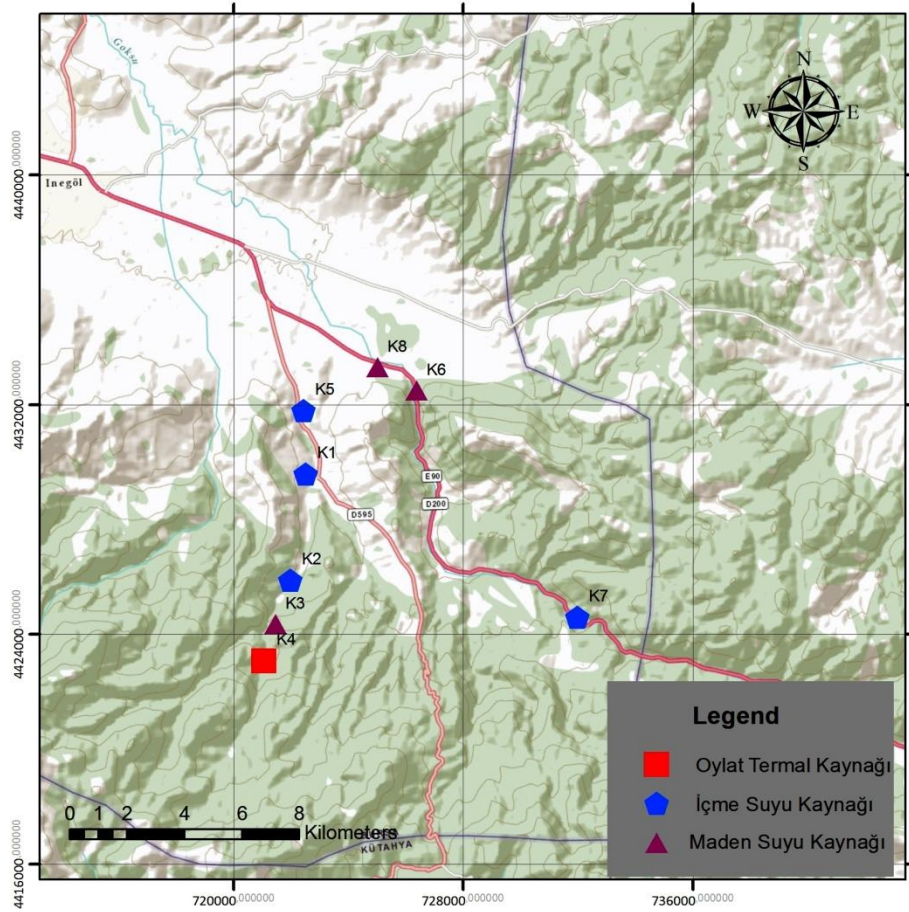
### 3.4.3.2. Kaynaklar

İnceleme alanında küçük debili kaynaklar yer almaktadır. Bu çalışmada 8 adet kaynak incelenmiş olup, bunlardan 1 tanesi Jeotermal kaynak özelliği gösteren Oylat Termal Kaynağı, 3 tanesi maden suyu kaynağı ve 4 tanesi içme suyu kaynağı özeliğindedir(Şekil 3.17; Tablo 3.7). Küçük debili olan bu kaynaklar genellikle köylerde içme suyu olarak kullanılmaktadır. Mineralli olan Çitli ve Kınık Suları ise işletilmektedir. Bu kaynaklar dışında İnegöl'de kaplıca turizmine imkan sağlayan Oylat kaplıcası bulunmaktadır. Bölgede Oylat Termal Kaynağı önemli bir termal merkez konumundadır.



Tablo 3. 7 Çalışma alanında incelenen kaynaklara ait bilgiler

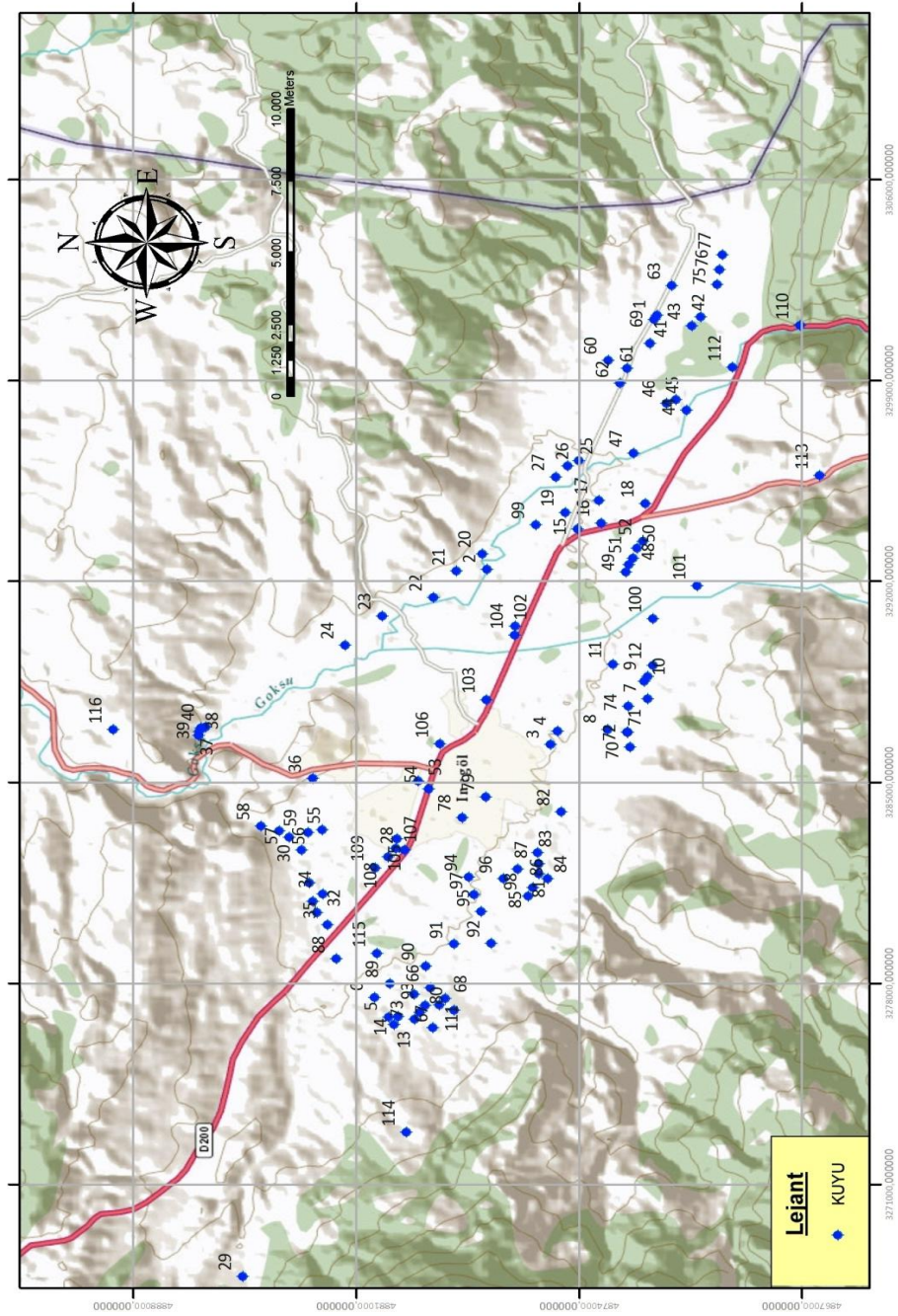
x	y	Kaynak No	Kaynak Adı	Kaynak Yeri	Kaynak Kotu
722512	4429589	K1	Gündüzlü Köyü	İnegöl-Tahtaköprü	375
721976	4425881	K2	Hilmiye Köyü	İnegöl-Oylat Yolu	432
721469	4424380	K3	Göz Kaynağı	İnegöl-Oylat Yolu	642
721059	4423079	K4	Oylat termal su	Saadet Köyü-Oylat	715
722444	4431791	K5	Hamamlı Köprüsü	Hamamlı Köyü Yakını	343
726385	4432506	K6	Kınık Maden suyu	İnegöl-Bozüyük Yolu	333
731972	4424589	K7	Mezit Kaynağı	İnegöl-Mezit Köyü Yakını	484
725022	4433316	K8	Çitli Maden Suyu	İnegöl-Çitli Köyü	463



Şekil 3. 17 Çalışma alanında incelenen kaynakların lokasyonları

### 3.4.3.3. Kuyular

İnceleme alanındaki kuyular, DSİ (Devlet Su İşleri) ve şahıslarca açılmış olan kuyulardır. Bu çalışmada 116 adet kuyu verisi bulunmakta olup, 101 tanesi DSİ kuyularıdır. Diğer 15 kuyu ise şahıslarca açılmış kuyulardır(Şekil 3.18). Kuyuların büyük çoğunluğu alüvyonda açılmıştır. İnceleme alanındaki kuyular, kuyu kotu, derinlik, statik su seviyesi ve dinamik su seviyesi olarak tabloda sunulmuştur. Havzadaki statik su seviyeleri 0–30 m arasında değişmektedir. Dinamik su seviyeleri ise 1–56 m civarındadır(Tablo 3.8,3.9,3.10).



Şekil 3. 18 Çalışma alanında incelenen kuyuların lokasyonları

Tablo 3. 8 Çalışma alanında incelenen su kuyularına ait bilgiler

x	y	z	Kuyu No	DSİ no	Mevkii	Statik Seviye(m)	Dinamik Seviye(m)
726606	4435415	320	1	6502	Kurşunlu	6,2	11,05
719699	4439300	280	2	6503	Kulaca	1,3	1,83
715061	4437647	290	3	6504A	Merkez	2,2	9,6
715417	4437481	290	4	6504B	Merkez	5,47	28,76
707680	4441315	310	5	6505A	Yenice	5,15	19
708198	4441672	310	6	6505B	Yenice	0,37	27,39
716350	4435350	326	7	7868/42076	Deydinler	28,8	39,1
715505	4436282	293	8	9782	Deydinler	23,55	28,05
716950	4435360	315	9	9783	Deydinler	24,4	59,6
716810	4435446	316	10	9784	Deydinler	19,6	40,91
717247	4436209	322	11	9785/49485	Deydinler	21,46	41,15
717246	4435251	314	12	9786	Deydinler	14,68	42,29
707483	4441181	327	13	16834/38686	Yenice	12,53	31,51
707700	4441096	338	14	16837/39393	Yenice	28,85	35,84
720828	4437160	308	15	21694	Hasanpaşa	6,75	11,61
721002	4436603	301	16	21695	Hasanpaşa	5	8,03
721620	4436677	299	17	21696	Hasanpaşa	3,8	6,81
721557	4435555	298	18	21697	Hasanpaşa	5,9	8,16
721262	4437460	296	19	21698	Hasanpaşa	4,5	6,9
720106	4439428	284	20	21776/42722	Kulaca	1,35	3,13
719626	4440026	281	21	21777	Kulaca	2,2	3,24
718913	4440560	278	22	21778	Kulaca	1,6	2,86
718379	4441768	275	23	21779	Şibali	2,5	6,98
717574	4442645	272	24	21780	Şibali	1,95	3,73
722667	4437185	295	25	22322	Süpürtü	1,9	3,56
722509	4437451	295	26	22323	Süpürtü	2,8	4,26
722205	4437713	295	27	22324	Süpürtü	2,1	3,49
712152	4441062	284	28	25180	OSB	3	5,46
700665	4444631	480	29	25208	Kozluören	1,35	
712077	4443532	272	30	25528	Akhisar	2	6,2
710711	4443228	272	31	25529	Akhisar	0	2,4
710424	4443121	273	32	25530	Akhisar	1	2,7
711202	4443314	277	33	25531	Akhisar	2,5	3,2
710924	4442987	279	34	25532	Akhisar	2	5,1
710098	4442847	280	35	25533	Akhisar	1	4
714003	4443308	294	36	25567	DSİ	1,7	3,5
715158	4446072	295	37	26902	Hamzabey	2,2	3,73
715071	4446083	293	38	26903	Hamzabey	2,8	3,8
715271	4446033	294	39	26904	Hamzabey	3,75	4,92
715294	4445917	286	40	26905	Hamzabey	3,75	6,37

Tablo 3. 9 Çalışma alanında incelenen su kuyularına ait bilgiler

x	y	z	Kuyu No	DSİ no	Mevkii	Statik Seviye(m)	Dinamik Seviye(m)
725840	4435562	334	41	27057	Kurşunlu	5	13,58
726587	4434374	423	42	27058	Kurşunlu	6	10,49
726348	4434572	334	43	27059	Kurşunlu	7	10,52
724079	4434644	350	44	27060	Çitli	2,6	7,33
724358	4434908	348	45	27061	Çitli	2	5,12
724251	4435129	347	46	27062	Çitli	3,5	9,78
722902	4435877	347	47	27063	Çitli	1,6	4,82
719923	4435902	327	48	27064	Alibeyköy	9,1	12,81
719727	4435970	327	49	27065	Alibeyköy	8,7	12,04
720364	4435712	327	50	27066	Alibeyköy	8,3	14,55
720100	4435812	327	51	27067	Alibeyköy	8,6	12,92
720557	4435586	327	52	27068	Alibeyköy	9,4	13,62
713991	4440786	278	53	27374	OSB	1,75	6,02
713789	4440524	278	54	27375	OSB	2,35	4,98
712628	4443055	278	55	28570	OSB	2,5	4,16
712571	4444077	278	56	28571	OSB	2,95	5,16
712405	4443834	278	57	28572	OSB	1,8	4,14
712693	4444518	278	58	28573	OSB	1,9	4,63
712552	4443388	278	59	28574	OSB	2,1	5,29
725357	4436553	370	60	28782	K.Yenice	4	7,4
725165	4436101	312	61	28783	K.Yenice	6	16
724755	4436253	318	62	28784	K.Yenice	6,8	32,4
727405	4435087	330	63	31486	Kurşunlu	7	13,05
707828	4440568	325	64	33042/39028	Edebey	13	49,7
708297	4440723	315	65	33043	Edebey	6	27,5
708489	4440342	315	66	33044/58088	Edebey	23,7	44,65
708041	4440115	320	67	33045	Edebey	13,4	55,36
708210	4439978	333	68	33046/58133	Edebey	20,15	50,95
726479	4435480	318	69	33316/58012	Kurşunlu	14,25	30,07
715042	4435729	310	70	36055	Deydinler	6	45,15
715439	4435808	315	71	36056	Deydinler	23,15	35,72
715440	4435817	315	72	36057	Deydinler	24,8	34,77
707635	4440695	320	73	16836/36396	Yenice	29,35	43,12
716144	4435805	315	74	36611/54651	Deydinler	25,6	43,78
727473	4433999	338	75	39018	Özlüce	24,5	44,68
727858	4433965	342	76	39019	Özlüce	25,85	45,97
728257	4433902	345	77	39020	Özlüce	27,65	45,33
713050	4439700	290	78	39049	İ.belediye	4,7	8,07
713625	4439150	290	79	39050	Merkez	4,08	28,18
707900	4439750	320	80	39071	Edebey	15,05	64,8

Tablo 3. 10 Çalışma alanında incelenen su kuyularına ait bilgiler

x	y	z	Kuyu No	DSİ no	Mevkii	Statik Seviye(m)	Dinamik Seviye(m)
711600	4437825	315	81	39088	Hocaköy	20,38	56,28
713271	4437340	305	82	41014	Hocaköy	15	18,21
712160	4437868	305	83	41015	Hocaköy	17,3	30,16
711474	4437604	320	84	41016	Hocaköy	26,1	35,03
711227	4437958	315	85	41017	Hocaköy	22,8	25,15
711718	4438339	310	86	41018	Hocaköy	16,75	20,92
711863	4437827	305	87	41019	Hocaköy	20,3	24,06
709193	4442619	305	88	41023	Yenice	5,45	31,62
708574	4441310	315	89	41507	Yenice	16,9	49,14
709057	4440467	292	90	47861	Cerrah	2,1	30,52
709667	4439811	300	91	47863	Cerrah	10,25	14,86
709716	4438914	300	92	47864	Cerrah	12,25	17,63
708008	4440456	310	93	50519	Edebey	25,15	48,34
711475	4439502	325	94	50551	Çeltikçi	6,6	24,11
710555	4439180	320	95	50552	Çeltikçi	8,25	
711443	4438667	300	96	50553	Çeltikçi	13,45	20,82
710999	4439362	300	97	50554	Çeltikçi	7,1	10,32
711000	4438066	320	98	50555	Çeltikçi	20,9	23,16
720915	4438168	290	99	50653	Bilalköy	8,76	
718494	4435275	335	100	53766	Ortaköy	12,9	
719402	4434247	336	101	53767	Ortaköy	20,85	
718201	4438581	283	102		Akpet		
716214	4439213	302	103		BP Ultimate	6	
717954	4438591	299	104		Turkuvaz		
712441	4441258	269	105		OSB		
714999	4440300	286	106		Shell		
712182	4441279	299	107		Merkez		
711955	4441443	282	108		Merkez		
711650	4441756	275	109		Bel. Mezbası	25	
726430	4431986	342	110		Mezit Mevkii		
707419	4440258	320	111		Yenice	13	33
725260	4433585	140	112		Çitli	10	25
722432	4431403	347	113		Gündüzlü	25	45
704616	4440813	573	114		Yenice	20	50
709361	4441648	310	115		Yenice	12	40
715160	4448127	425	116		Hamzabey	11	25

### 3.5. HİDROJEOLOJİ

#### 3.5.1. Hidrojeoloji Birimleri

İnceleme alanının kuzeyini Yenişehir havzası, doğusunu Bilecik, güneyini Kütahya, batısını ise Bursa Havzası çevreler. Bu bölge içerisinde İnegöl Havzası düşük bir yükseltiye sahiptir. Bağlı olarak çevresindeki havzalardan inceleme alanına beslenme muhtemeldir. Bu çalışmada büyük bir beslenimi meydana getiren koşullar ve hidrojeolojik ortamlar araştırılmıştır. İnegöl havzasındaki birimler; geçirimsizlik özellikleri, arazide yapılan incelemeler, litolojik özellikler ve sondaj verilerinin değerlendirilmesi sonuçlarına göre Geçirimli, Az Geçirimli, Geçirimsiz, Karstik ve Kırıklı Çatlaklı Birimler olarak gruplara ayrılmıştır (Tablo 3.11) ve haritalanmıştır (Bknz Ek-2).

Tablo 3. 11 İnceleme alanındaki Hidrojeolojik ortamlar

<b>HİDROJEOLOJİK ORTAMLAR</b>	
<b>(Gç)</b>	<b>Geçirimli Ortam</b> (Yeraltı suyu verimlilik derecesi iyi-zengin akiferler) (Çakıl, kum)
<b>(Gça)</b>	<b>Az Geçirimli Ortam</b> (Yeraltı suyu verimlilik derecesi orta akiferler) (Çakıltaş, kumtaş, kiltaş, silttaş)
<b>(Gçz)</b>	<b>Geçirimsiz Ortam</b> (Yer altı suyu bulunmayan-verimsiz kayaçlar) (Bazalt, ofiyolit, melanj, şeyl, şist)
<b>(Ak)</b>	<b>Karstik Ortam</b> (Yer altı suyu verimliliği iyi akiferler) (Kireçtaş, dolomit, mermer)
<b>(Kç)</b>	<b>Kırıklı- Çatlaklı Ortam</b> (Yer altı suyu verimlilik derecesi orta- az karstik akiferler) (Kireçtaş, marn, traverten, kiltaş)

#### *3.5.1.1. Geçirimli Birimler(Gç)*

Alüvyon ve yamaç molozunun akifer özellikleri iyidir. İnegöl Ovası'nı kaplayan Alüvyon en önemli akifer konumundadır. DSİ ve şahıslarca açılan incelenen kuyuların çoğu tamamı Alüvyonda açılmıştır. Bu da bu görüşü desteklemektedir. Oldukça verimli bir ortam sağlamaktadır. Geçirimli birimler Hidrojeoloji haritasında koyu mavi renk ile ifade edilmiştir.

#### *3.5.1.2. Az Geçirimli Birimler(Gça)*

Geçirimli kayalar ve geçirimsiz kayaların eş miktarda bulunduğu kaya toplulukları az geçirimli ortamları meydana getirmektedir. İnegöl Formasyonu, Bayırköy Formasyonu, Yarhisar Formasyonu, Avdancık Formasyonu ve Granitoyidler az geçirimli ortam özelliği taşımaktadırlar. İnceleme alanına ait Hidrojeoloji haritasında açık mavi renk ile ifade edilmiştir.

#### *3.5.1.3. Geçirimsiz Birimler(Gçz)*

Geçirimsiz ortamlar, magmatik, volkanik, şeyl gibi kayalardan kaynaklanır. Bu kayaçların yoğun ve hacim olarak kalın olduğu ortamlar geçirimsiz olarak tanımlanır. Geçirimsiz birimler Hidrojeoloji haritasında turuncu renk ile ifade edilmiştir. İnceleme alanındaki Piribeyler şistleri, Abadiye formasyonu, Nilüfer formasyonu, Metaultramafikler ve Uludağ metamorfitleri geçirimsiz birimlere dâhildir.

#### *3.5.1.4. Karstik Birimler(Ak)*

Karstik kayalar; kireçtaşları, anhidrit, kuvarsit ve halit gibi kayaçlardır. Bu kayaçlar karstik kayaçlar karstik birimlerdir. Karstik birimler Hidrojeoloji haritasında yeşil renk ile ifade edilmiştir. Bilecik kireçtaşı ve Asarlık kireçtaşı üyesi karstik ortamlara dâhildir.

#### *3.5.1.5. Kırıklı- Çatlaklı Birimler(Kç)*

Kırıklı, çatlaklı ve az erimli ortamı ifade etmektedir. Formasyonlarda meydana gelen süreksizlikler etkisiyle kaynak oluşturabilirler. Travertenler, Tekerler Mermeri, Çataltepe Mermeri, Yörüktepe Formasyonu ve Uludağ mermeri bu ortamlara dâhil birimlerdir. Hidrojeoloji haritasında bu birimler açık yeşil renk ile ifade edilmiştir.

### 3.5.2. Kaynaklar

İnceleme alanında 8 adet kaynak incelenmiştir. Kaynakların 1 tanesi sıcak su kaynağı, 3 tanesi mineralli kaynak ve 4 tanesi de içme suyu kaynağıdır. Kaynakların tamamı inceleme alanının güney ve güneydoğu kesiminde yer almaktadırlar. Kaynaklar yerinde incelenmiş olup, örnekleme yapılmış, uygun sıcaklıkta korunmuş ve laboratuvara taşınmıştır. Analizleri ICP-MS analizleriyle belirlenmiştir. Çitli Maden suyu(K8) kimyasal sonuçları, Tut Hakkıdır(2007) verilerinden elde edilmiştir.

#### 3.5.2.1. Oylat Termal Kaynak

Oylat termal kaynağı(K4); Bursa İli'nin 80 km güneydoğusunda ve İnegöl İlçesi'nin 30 km güneyinde yer almaktadır. Sıcaklığı 40°C ve debisi 45 l/sn 'dir İzotop analizlerine göre termal su, meteorik kökenlidir(Pasvanoğlu, 2011). Mevcut bölgedeki en önemli termal kaynak durumundadır. Tekerler Mermerinde faylı bir dokanaktan yüzeye çıkmaktadır. Kaynak kotu 715 m'dir.

#### 3.5.2.2. Mineralli Kaynaklar

Kınık Maden suyu(K6), bölgedeki önemli maden suyudur. İnegöl-Bozüyük yolu üzerinde şahıslara ait bir işletmede şişelenmekte ve piyasaya sürülmektedir. Ticari ve sağlık açısından bölge için önemlidir. Göz kaynağı(K3), İnegöl-Oylat Termal kaynağı yolu üzerinde bulunmaktadır. Tekerler Mermeri kırık-çatlakları boyunca yeryüzüne sızmaktadır. Göz tedavisinde kullanılmaktadır. Çitli Maden suyu(K8), İnegöl ilçesinin 11 km güneydoğusunda bulunmaktadır. Çitli Köyü yakınında otoyol üzerinde bulunmaktadır. Yan yana bulunan 3 çeşmeden akmakta olan kaynaklardan sadece 1 tanesi şişelenmektedir.

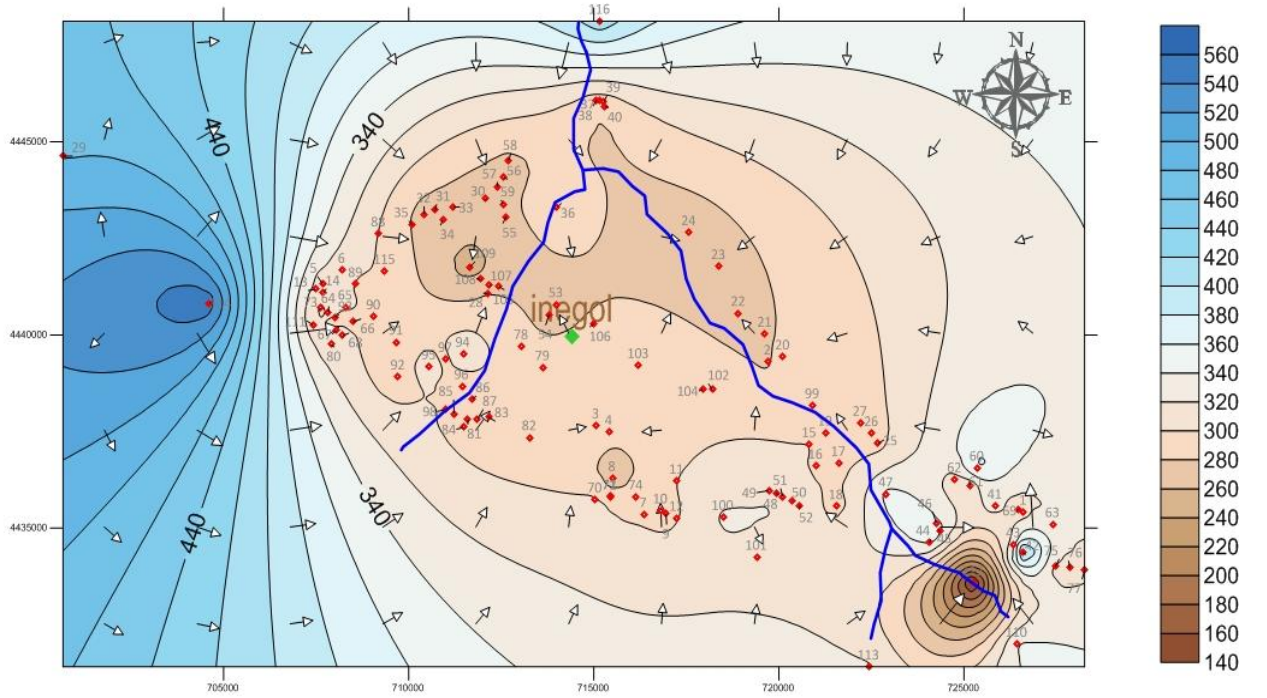
#### 3.5.2.3. İçme Suyu Kaynakları

Gündüzlü Köyü Kaynağı (K1), İnegöl'ün güney kesiminde yer almaktadır. İnegöl-Tahtaköprü arasındadır. Kaynak kotu 375 m'dir. Hilmiye Köyü Kaynağı (K2), İnegöl-Oylat yolu üzerinde yer almaktadır. Kaynak kotu 432 m'dir. Hamamlı Köprüsü Kaynağı (K5), İnegöl'ün güneyinde Hamamlı Köyü yakınında bulunmaktadır. Kaynak kotu 343 m'dir. Mezit kaynağı(K7), İnegöl-Mezit Köyü arasında bulunmaktadır. Kaynak kotu 484 m'dir.



### 3.5.3. Yeraltı Suları

İnceleme alanında bulunan 116 su kuyusu verisine ait yeraltı su seviyeleri göz önüne alınarak yer altı suyu akış haritası hazırlanmıştır. İnegöl Havzası'na ait yeraltı suyu akış yönü haritası Şekil 3.19'de verilmiştir. Bu haritada okların yönü su çekiminin olduğu yerlere doğrudur. İnceleme alanında derelere ve İnegöl İlçe merkezine doğru bir çekimin olduğu görülmektedir. Beslenme yönü, havzadan ova içerisine doğru olmaktadır. Kahverengi ve açık kahverengi olarak ifade edilen kısımlar su çekiminin fazla olduğu yerleri ifade etmektedir. Mavi renkli olan kısımlar ise beslenmenin olduğu yerlerdir. Mavi kısımlardan kahverengi kısımlara doğru, su yönü Şekil 3.19'de görülmektedir.



Şekil 3. 19 İnceleme alanına ait yeraltı suyu akım haritası

## 3.6. HİDROJEOKİMYA

### 3.6.1. Giriş

Yeraltı sularının en önemli kaynağı yağışlardır. Yağış sularının bir kısmı yer altına süzülür. Su, çok iyi bir çözücüdür ve geçtiği kayaları çözer. Onların kimyasından etkilenir. Dolayısıyla, yeraltı suyunun kimyasını belirleyen başlıca etken bulunduğu ortamdaki kayalardır. Su-kayaç ilişkisi önemlidir. Buharlaşma, hidrolojik döngü ve infiltrasyon(süzülme) gibi parametreler de suyun kimyasında önemli rol oynamaktadır. Mevsimlere göre yer altı suyu kimyası değişiklik göstermektedir. Yeraltı suyunun kimyasal olarak incelenmesi ile bu suların tipleri ve kullanılabilirliği hakkında önemli bilgiler elde edilir. Günümüzde içme suyu olarak kullanabileceğimiz suların kimyası hakkında bazı standartlar belirlenmiştir. WHO (Dünya Sağlık Örgütü), EPA (ABD Çevre Koruma Ajansı) ve TSE-266 standartları Tablo 3.12’de verilmiştir. İnceleme alanındaki kuyu, kaynak ve derelere ait kimyasal sonuçlar incelenmiştir ve su- kayaç etkileşimi araştırılmıştır.

Tablo 3. 12 İçme suyu standartları(TSE 266,WHO ve EPA)

	TSE 266	WHO	EPA
<b>İNORGANİK KİMYASAL MADDELER (Mg/t)</b>			
Alüminyum(Al)	0.2	0.2	1
Arsenik(As)	0.05	0.05	0.05
Baryum(Ba)	0.3		1
Kadmiyum(Cd)	0.01	0.01	0.01
Krom(Toplam)	0.05	0.05	0.05
Florür(F)	1.5	1.5	0.7-2.4
Kurşun(Pb)	0.05	0.05	0.05
Cıva(Hg)	0	0	0
Nitrat(NO3)	50	50	45
Nitrit(NO2)	0.05		
<b>ESTETİK PARAMETRELER (Mg/t)</b>			
Klorür(Cl)	600	250	250
Renk(Birim)	20	15	15
Bakır(Cu)	3		1
Deterjanlar	0.2		0.5
Demir(Fe)	0.2		0.3
Mangan(Mn)	0.05	0.5	0.05
Koku Eşik Değeri(Birim)			
pH	6.5-9.2	6.5-8.8	6.5-8.5
Sülfat(SO4)	250	250	250
TDS	1500	1000	500
Çinko(Zn)	5		5
<b>İLAVE PARAMETRELER(Mg/t)</b>			
Kalsiyum(Ca)	200		
Sertlik(CaCO3)		500	
Magnezyum(Mg)	50		
Potasyum(K)	12		
Sodyum(Na)	175	200	
Bakiye Klor	0.1-0.5	5	
Amonyum(NH4)	0.05-0.5	1.5	

Tablo 3. 13 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları

Kuyu No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DSİ no	6502	6503	6504A	6504B	6505A	6505B	7868/42076	9782	9783	9784
Mevkii	Kurşunlu	Kulaca	Merkez	Merkez	Yenice	Yenice	Deydinler	Deydinler	Deydinler	Deydinler
Ph	7,5	7,5	7,5	7,5	8	10	7	7	7	7
EC( $\mu$ mho/cm)	638	638	638	574	447	383	633	670	497	936
Na <sup>+</sup> (mg/l)	8,28	17,70	8,28	20,46	41,38	30,81	38,85	70,12	64,60	48,51
K <sup>+</sup> (mg/l)	0,89	0,54	1,25	1,83	26,35	34,84	9,38	25,57	14,08	17,59
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	65,13	64,93	57,31	44,49	15,23	14,23	35,07	27,07	21,24	64,53
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	38,28	28,68	38,16	31,35	15,07	10,82	32,2	20,04	8,99	43,51
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	10,57	25,94	10,57	12,49	1,44	80,21	42,75	139,3	73,49	96,06
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	19,85	29,78	20,21	9,92	29,78	19,85	29,78	42,54	29,78	19,85
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	341,7	305,1	347,8	317,3	219,7	97,63	280,7	158,6	158,6	414,9
sertlik(Fr <sup>0</sup> )	38	28	30	24	10	8	22	15	9	34
%Na	5,27	12,01	5,60	15,56	40,18	34,96	26,70	45,46	56,54	22,54
SAR	0,06	0,14	0,06	0,19	0,90	0,84	0,38	1,02	1,56	0,31

Tablo 3. 14 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları

Kuyu No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DSİ no	9785/49485	9786	16834/38686	16837/39393	21694	21695	21696	21697	21698	21776/42722
Mevkii	Deydinler	Deydinler	Yenice	Yenice	Hasanpaşa	Hasanpaşa	Hasanpaşa	Hasanpaşa	Hasanpaşa	Kulaca
Ph	7	7	7,8	7,6	6,8	6,7	7,8	7,5	7,3	7,5
EC( $\mu$ mho/cm)	788	1124	640	700	504	560	615	730	710	830
Na <sup>+</sup> (mg/l)	65,75	94,03	31,04	28,05	72,42	64,83	90,58	74,26	83,91	106,00
K <sup>+</sup> (mg/l)	0,97	6,02	18,42	22,68	3,4	30,5	0,35	10,56	25,41	26,98
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	39,08	68,73	64,12	68,93	27,05	35,07	31,06	51,30	23,04	31,66
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	29,77	43,38	41,93	31,11	5,46	3,03	7,89	15,07	20,05	17,26
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	111,4	124,9	43,61	60,62	23,06	69,17	17,77	19,21	9,6	22,09
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	19,85	29,78	22,83	10,88	19,85	19,85	19,85	24,82	24,82	29,78
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0	0	0	0	6,001	6,001	0	0	0	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	305,1	475,9	422,2	380,1	231,9	207,5	317,3	378,3	378,3	427,1
sertlik(Fr <sup>0</sup> )	22	35	33,25	30	9	10	11	19	14	15
%Na	39,2	36,4	15,9	15,6	62,6	50,4	64,1	44,2	51,4	55,5
SAR	0,6	0,6	0,2	0,2	1,8	1,4	1,8	0,9	1,3	1,5

Tablo 3. 15 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları

Kuyu No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
DSİ no	21777	21778	21779	21780	22322	22323	22324	25180	25208	25528
Mevkii	Kulaca	Kulaca	Şibali	Şibali	Süpürtü	Süpürtü	Süpürtü	OSB	Kozluören	Akhisar
Ph	7,3	7,3	7,3	8	7,5	8,2	7,5	7,5		7,5
EC( $\mu$ mho/cm)	280,6	278	274,8	272,4	295	295,18	295,37	284	480	272,1
Na <sup>+</sup> (mg/l)	79,08	91,27	47,59	141,8	114	71,73	100,5	60,92		77,71
K <sup>+</sup> (mg/l)	4,31	8,20	5,08	30,50	13,29	3,51	21,11	25,41		4,69
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	34,27	37,07	32,46	25,25	47,09	48,90	56,51	51,10		43,08
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	20,54	21,27	11,91	8,99	15,19	11,67	11,91	15,19		22,48
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	2,40	16,33	36,50	12,01	53,80	3,36	6,24	24,02		73,01
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	24,82	29,78	29,78	24,82	27,65	27,65	27,65	49,63		27,65
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0		0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	378,30	402,70	195,30	488,10	414,90	353,90	475,90	317,30		317,30
sertlik(Fr <sup>0</sup> )	17,00	18,00	13,00	10,00	18,00	17,00	19,00	19,00		20,00
%Na	49,50	51,03	43,13	68,94	55,73	47,20	50,17	37,32		45,07
SAR	1,44	1,56	1,07	4,14	1,83	1,18	1,47	0,92		1,19

Tablo 3. 16 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları

Kuyu No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
DSİ no	25529	25530	25531	25532	25533	25567	26902	26903	26904	26905
Mevkii	Akhisar	Akhisar	Akhisar	Akhisar	Akhisar	DSİ	Hamzabey	Hamzabey	Hamzabey	Hamzabey
Ph	7,5	8	8	7,5	7,8	8	7	6,8	7,2	7
EC( $\mu$ mho/cm)	572	690	736	611	708	740	880	840	620	612
Na <sup>+</sup> (mg/l)	55,87	42,3	63,22	52,88	69,2	68,05	80	62,53	72,19	65,29
K <sup>+</sup> (mg/l)	2,737	17,99	0,391	0,391	2,737	1,564	0,782	1,564	2,346	3,519
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	26,25	26,85	67,13	43,08	42,28	56,91	71,14	59,12	25,05	44,49
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	22,97	34,76	15,19	20,05	22,97	18,96	29,77	22,48	21,27	11,91
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	2,882	44,19	56,68	6,244	43,23	43,23	134,5	172,9	46,11	58,6
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	23,04	27,65	27,65	27,65	27,65	24,82	24,82	29,78	29,78	24,82
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	305,1	317,3	329,5	317,3	329,5	353,9	280,7	292,9	268,5	256,3
sertlik(Fr <sup>0</sup> )	16	21	23	19	20	22	3	24	15	16
%Na	42,56	28,34	37,36	37,58	42,51	40,05	36,63	35,98	50,65	46,32
SAR	0,76	0,44	0,60	0,60	0,75	0,67	0,58	0,57	1,05	0,89

Tablo 3. 17 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları

Kuyu No	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
DSİ no	27057	27058	27059	27060	27061	27062	27063	27064	27065	27066
Mevkii	Kurşunlu	Kurşunlu	Kurşunlu	Çitli	Çitli	Çitli	Çitli	Alibeyköy	Alibeyköy	Alibeyköy
Ph	7,5	7,2	7,2	7,5	7,5	7,5	7,5	7,1	7,5	7,2
EC(µmho/cm)	970	572	570	376	764	785	758	680	740	715
Na <sup>+</sup> (mg/l)	51,73	57,7	60,69	16,32	72,88	79,77	80,23	31,27	52,65	75,41
K <sup>+</sup> (mg/l)	1,955	0,391	2,346	1,955	2,737	2,346	3,519	1,564	0,391	2,737
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	76,95	39,28	40,48	28,86	35,07	42,48	11,62	56,91	51,1	55,11
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	43,26	15,07	11,91	18,96	32,2	25,28	41,56	31,11	32,2	24,91
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	98,95	26,09	19,21	20,65	64,36	48,51	42,27	30,74	67,24	31,22
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	29,78	19,85	24,82	24,82	24,82	29,78	24,82	19,85	24,82	24,82
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0	0	0	0,6	0,4	0,6	0,4	0	0	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	414,9	280,7	280,7	122	317,3	329,5	341,7	341,7	329,5	353,9
sertlik(Fr <sup>0</sup> )	37	16	15	15	22	19	20	27	26	24
%Na	23,18	43,85	46,26	18,78	41,44	44,85	46,04	20,00	30,59	40,20
SAR	0,30	0,78	0,88	0,24	0,72	0,83	0,87	0,25	0,44	0,68

Tablo 3. 18 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları

Kuyu No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
DSİ no	27067	27068	27374	27375	28570	28571	28572	28573	28574	28782
Mevkii	Alibeyköy	Alibeyköy	OSB	OSB	OSB	OSB	OSB	OSB	OSB	K.Yenice
Ph	7,5	7,5	7,2	7,5	7,5	7,5	7,5	7	7,5	7,5
EC(µmho/cm)	882	756	755	608	676	751	710	713	737	756
Na <sup>+</sup> (mg/l)	54,03	112,7	58,39	46,44	50,58	65,75	65,52	48,51	57,47	53,11
K <sup>+</sup> (mg/l)	2,737	2,346	2,737	2,346	2,346	1,955	2,346	0,782	2,737	1,955
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	54,51	34,27	50,7	27,05	46,89	52,9	37,07	44,49	54,91	60,92
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	44,72	13,25	25,16	32,2	25,03	23,82	28,56	33,78	25,03	26,25
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	53,8	38,43	44,19	56,68	34,58	89,82	50,91	33,14	54,28	31,01
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	24,82	19,85	27,65	24,82	29,78	29,78	29,78	29,78	29,78	24,82
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0	0,4	0,4	0	0	0	0	0,4	0	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	427,1	353,9	311,2	256,3	323,4	292,9	317,3	317,3	329,5	378,3
sertlik(Fr <sup>0</sup> )	32	14	23	20	22	23	21	25	24	26
%Na	26,66	63,17	35,21	33,27	32,99	38,12	40,07	29,54	33,92	30,56
SAR	0,37	1,75	0,55	0,51	0,50	0,62	0,68	0,42	0,52	0,44

Tablo 3. 19 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları

Kuyu No	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
DSİ no	28783	28784	31486	33042/39028	33043	33044/58088	33045	33046/58133	33316/58012	36055
Mevkii	K.Yenice	K.Yenice	Kurşunlu	Edebey	Edebey	Edebey	Edebey	Edebey	Kurşunlu	Deydinler
Ph	7,5	7	7,5	7,1	6,5	7	7	7	8,1	7,9
EC(µmho/cm)	756	826	970	890	776	973	826	845	650	800
Na <sup>+</sup> (mg/l)	64,83	56,1	51,73	120,7	45,98	175,9	133,3	105,3	1.609	68,28
K <sup>+</sup> (mg/l)	4,692	0,782	1,955	1,955	2,346	3,128	1,955	2,737	2,346	3,519
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	43,08	56,51	74,55	50,9	69,33	22,24	27,65	55,71	65,93	67,93
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	29,77	36,21	44,72	12,88	26,01	10,82	12,4	12,52	37,43	36,82
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	50,91	45,15	124,9	185,4	98,95	52,35	10,57	198,4	3843	92,7
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	24,82	24,82	29,78	19,85	28,36	29,78	29,78	39,71	16,31	9927
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	353,9	402,7	414,9	305,1	292,9	475,9	439,3	195,3	407,6	443
sertlik(Fr <sup>0</sup> )	23	29	37	18	28	10	12	19	32	32,05
%Na	37,40	29,56	23,22	59,02	26,11	78,64	70,33	54,20	1,14	31,38
SAR	0,61	0,42	0,30	1,46	0,36	3,83	2,41	1,21	0,01	0,46

Tablo 3. 20 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları

Kuyu No	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
DSİ no	36056	36057	16836/36396	36611/54651	39018	39019	39020	39049	39050	39071
Mevkii	Deydinler	Deydinler	Yenice	Deydinler	Özlüce	Özlüce	Özlüce	İ.belediye	Merkez	Edebey
Ph	7,50	7,40	7,06	7,55	7,10	6,60	6,90	8,00	7,70	7,50
EC(µmho/cm)	900	650	811	1200	804	958	794	790	600	785
Na <sup>+</sup> (mg/l)	37,24	26,67	19,31	40,69	51,73	83,45	43,91	21,84	53,57	27,59
K <sup>+</sup> (mg/l)	6,65	1,56	5,86	3,91	4,30	7,03	3,12	1,95	30,05	1,95
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	82,36	54,11	74,14	94,78	77,35	95,59	87,57	69,74	57,11	85,97
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	48,85	36,58	43,26	48,85	43,26	38,28	30,02	38,16	24,55	37,31
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	99,91	99,43	36,98	71,57	42,27	44,67	9,12	19,21	104,20	48,99
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	12,05	9,21	15,24	18,08	92,18	99,27	85,09	92,18	67,36	13,47
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	457,60	279,50	424,10	525,40	527,20	641,90	512,50	424,10	342,90	439,30
sertlik(Fr <sup>0</sup> )	40,65	28,55	36,30	43,70	37,10	39,60	34,20	33,10	14,35	36,20
%Na	16,33	16,73	10,31	16,67	23,01	30,95	21,63	12,42	29,16	13,90
SAR	0,20	0,20	0,44	0,20	1,17	1,82	1,03	0,14	0,48	0,62

Tablo 3. 21 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları

Kuyu No	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
DSİ no	39088	41014	41015	41016	41017	41018	41019	41023	41507	47861
Mevkii	Hocaköy	Hocaköy	Hocaköy	Hocaköy	Hocaköy	Hocaköy	Hocaköy	Yenice	Yenice	Cerrah
Ph	7,6	7,2	7	7,2	7,1	7,2	7,2	7,2	7,3	7,6
EC(µmho/cm)	659	695	839	810	860	635	804	686	525	875
Na <sup>+</sup> (mg/l)	20,23	27,13	29,43	27,59	25,29	23,91	18,62	25,52	85,29	11,95
K <sup>+</sup> (mg/l)	3,128	0,782	2,346	1,564	2,737	2,737	1,955	29,32	44,96	2,346
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	86,77	81,16	82,36	73,34	90,18	50,5	87,37	57,51	47,89	79,96
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	86,25	44,36	49,46	44,36	38,16	41,93	37,43	26,01	15,31	48,85
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	28,34	81,17	58,12	52,84	29,03	74,45	30,26	17,77	179,2	89,82
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	4,609	8,863	15,24	10,64	7,445	9,218	9,218	11,34	13,83	4,963
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	406,4	408,2	480,8	436,3	494,2	321,6	452,1	377,1	267,9	401,5
sertlik(Fr <sup>0</sup> )	32,1	31	40,9	29	30,5	29,85	37,2	25,05	18,25	40,05
%Na	11,92	13,23	13,44	14,01	13,53	14,72	9,80	16,13	43,60	6,05
SAR	0,49	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,11	0,22	1,02	0,06

Tablo 3. 22 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları

Kuyu No	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
DSİ no	47863	47864	50519	50551	50552	50553	50554	50555	50653	53766
Mevkii	Cerrah	Cerrah	Edebey	Çeltikçi	Çeltikçi	Çeltikçi	Çeltikçi	Çeltikçi	Bilalköy	Ortaköy
Ph	7,1	8,1	7,3	7,5		7,2	8,1	7,3		
EC(µmho/cm)	998	437	760	857		788	735	715		
Na <sup>+</sup> (mg/l)	16,09	28,08	30,35	51,96		11,04	10,35	27,13		
K <sup>+</sup> (mg/l)	1,955	1,955	5,865	3,128		1,955	2,346	2,737		
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	92,18	1,964	95,39	93,78		88,17	54,91	71,14		
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	56,51	22,73	37,07	44,84		32,08	42,17	47,27		
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	144,6	57,16	118,6	83,58		13,93	47,55	66,76		
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	7,445	2,836	17,73	6,736		7,445	2,482	20,56		
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0	0	0	0		0	0	0		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	413,7	182,4	385	535,7		431,4	345,4	410		
sertlik(Fr <sup>0</sup> )	46,25	19,25	39,05	41,85		35,2	31,05	37,2		
%Na	7	8,45	14,2	21,1		6,4	6,7	13,58		
SAR	0,33	0,26	0,67	1,1		0,26	0,25	0,61		

Tablo 3. 23 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları

Kuyu No	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
DSİ no	53767									
Mevkii	Ortaköy	Akpet	BP Ultimate	Turkuvaz	OSB	Shell	Merkez	Merkez	Bel.Mezbaası	Mezit Mevkii
Ph		7,11	7,54	7,88	7,87	8,2	7,97	7,88	7,32	7,97
EC( $\mu$ mho/cm)		1231	893	648	638	436	481	772	999	376
Na <sup>+</sup> (mg/l)		29,89	24,37	32,19	37,7	23,68	29,01	19,01	34,48	2,299
K <sup>+</sup> (mg/l)		2,346	0,782	1,173	1,564	1,173	1,564	1,564	2,346	0,782
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)		194	118,8	82,96	79,76	61,32	53,7	108	145,1	87,49
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)		59,06	59,06	41,32	31,96	17,01	23,45	48,12	53,71	57,12
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)		288,2	114,8	62,92	46,11	20,17	20,65	79,25	165,2	8,165
Cl <sup>-</sup> (mg/l)		28,01	15,24	8,154	15,95	7,091	7,091	13,47	25,17	1,418
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		385,6	445,4	326,4	302	259,3	280,7	311,2	446,6	256,3
sertlik(Fr <sup>0</sup> )										
%Na		8,19	8,90	15,62	19,80	18,61	21,46	8,15	11,36	2,09
SAR		0,09	0,10	0,19	0,25	0,23	0,28	0,09	0,13	0,02

Tablo 3. 24 İnceleme alanına ait kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları

Kuyu No	111	112	113	114	115	116
Mevkii	Yenice	Çitli	Gündüzlü	Yenice	Yenice	Hamzabey
Ph	7,02	6,4	7,36	7,39	7,02	7,54
EC( $\mu$ mho/cm)	1313	906	441	397	1313	448
Na <sup>+</sup> (mg/l)	62,99	44,83	37,7	120,7	130,1	27,36
K <sup>+</sup> (mg/l)	2,737	5,474	5,865	39,49	93,84	11,73
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	85,37	96,59	106,4	117,4	42,2	79,55
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	31,84	60,03	21,39	38,52	49,83	21,39
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	57,16	42,27	18,73	16,33	26,09	23,06
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	214,1	63,46	16,66	16,66	0	19,05
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)						
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	266	308,7	275,2	393,6	358,2	248,3
sertlik(Fr <sup>0</sup> )						
%Na	28,26	16,48	18,51	34,37	39,69	16,48
SAR	0,40	0,20	0,23	0,58	0,91	0,21

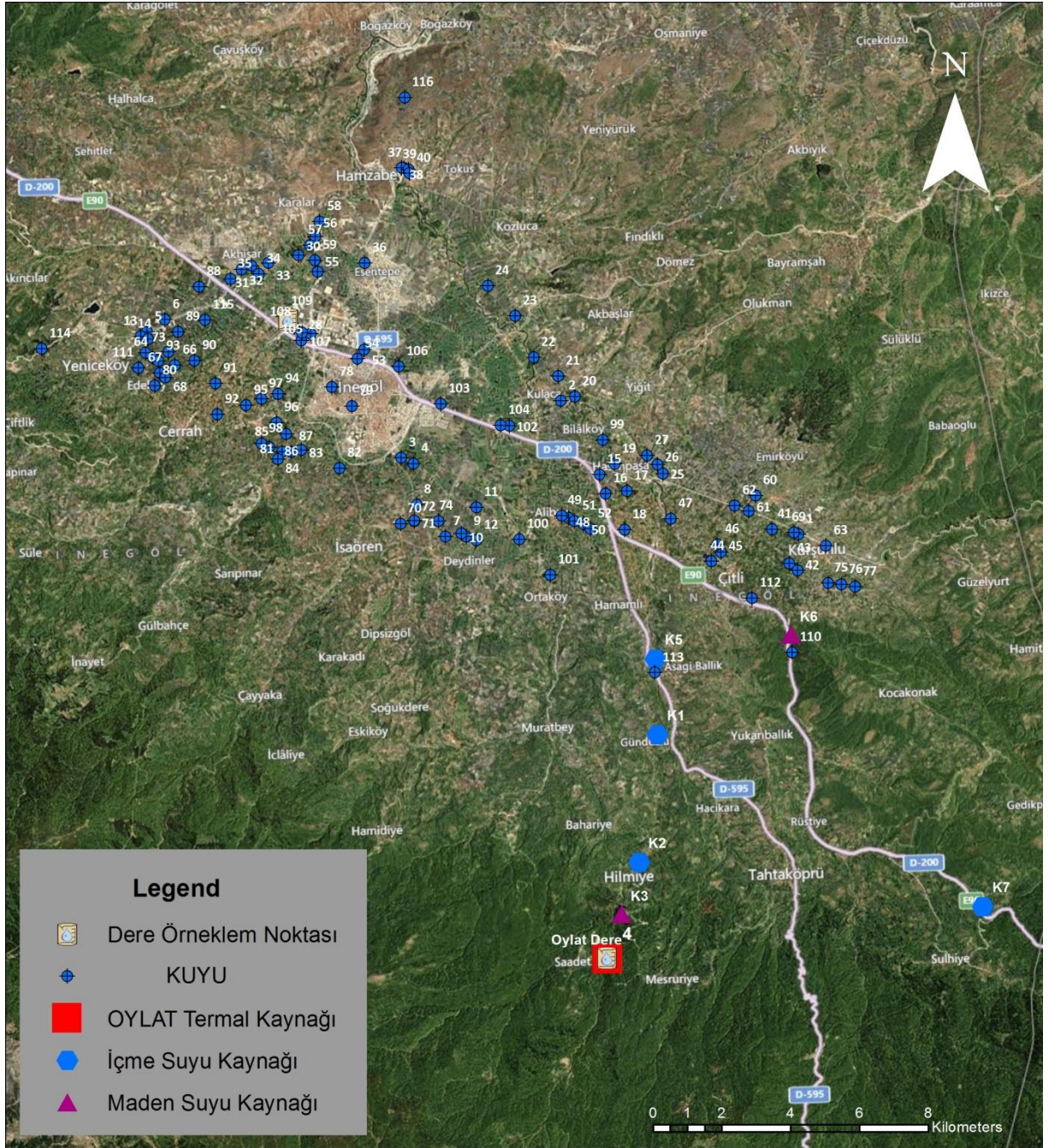


Tablo 3. 25 İnceleme alanına ait kaynak sularının kimyasal analiz sonuçları

Kaynak No	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Mevkii	İnegöl-Tahtaköprü	İnegöl-Oylat Yolu	İnegöl-Oylat Yolu Üzeri	Saadet Köyü/Oylat	Hamamlı Köyü	İnegöl-Bozüyük	İnegöl-Mezit Köyü	Çitli Köyü
Ph	7,05	7,91	2,8	7,85	7,44	6,45	7,59	6,8
EC(μmho/cm)	1688	464	1605	671	710	3,65	484	4800
Na <sup>+</sup> (mg/l)	67	11,5	1,33	23	36,5	620	5,92	1520
K <sup>+</sup> (mg/l)	36,8	1,46	0	4,38	0,609	43,31	1,28	24
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	184	87	16,3	127	75	242,4	70,6	60
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	104	7,41	4,62	8,38	48,6	139,6	29,1	73
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	144,5	96,5	0,0	263,6	19,5	94,5	12,2	108
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	102,3	3,2	4,5	4,3	6,2	38,3	2,8	40
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	625	183	0	152,5	399,55	1982,5	256,2	4270
Nitrat(mg/l)	221,5	1	0,2	0,6	21,6	0	1,2	

Tablo 3. 26 Çalışma alanındaki incelenen derelere ait kimyasal analiz sonuçları

	Kalburt Dere	Oylat Dere
Ph	7,74	7,34
EC(μmho/cm)	363	98,3
Na <sup>+</sup> (mg/l)	13,6	4,45
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	50,7	14,9
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	14,2	1,77
K <sup>+</sup> (mg/l)	2,38	0,695
HCO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	190,6	47,27
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	26	4,8
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	7,2	1,3



Şekil 3. 20 İncelenen kuyu,kaynak ve derelere ait örnekleme noktaları

### 3.6.2. Suların Sertliği

Sertlik, Kalsiyum( $Ca^{+2}$ )ve Magnezyum( $Mg^{+2}$ )bileşiklerinin suya kazandırmış olduğu fiziksel bir özelliktir. Kalsiyum( $Ca^{+2}$ )ve Magnezyum( $Mg^{+2}$ )'lu bileşikler çoğunlukla bikarbonatlar, klorürler, sülfatlar ve nitratlardır. Günümüzde yer altı sularının sertlik derecelerini belirlemek

için Fransız Sertlik Derecesi ( $Fr^0$ ) kullanılır. Fransız sertlik derecesi, 1 litre suda çözülmüş olan 10 mg Kalsiyum( $Ca^{+2}$ ), Magnezyum( $Mg^{+2}$ ) ve Bikarbonat ( $HCO^3$ ) veya buna eşdeğer nitelikteki diğer sertlik verici iyonların ve bileşiklerin bulunması demektir. Fransız sertliğinin bulunması için  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  değerleri mg/l olarak alınır ve aşağıdaki formül uygulanır;

$$\text{Toplam Sertlik} = 0,2497 Ca + 0,4115 Mg$$

Tablo 3. 27 Suların sertliklerine göre sınıflandırılması (Şahinci,1991)

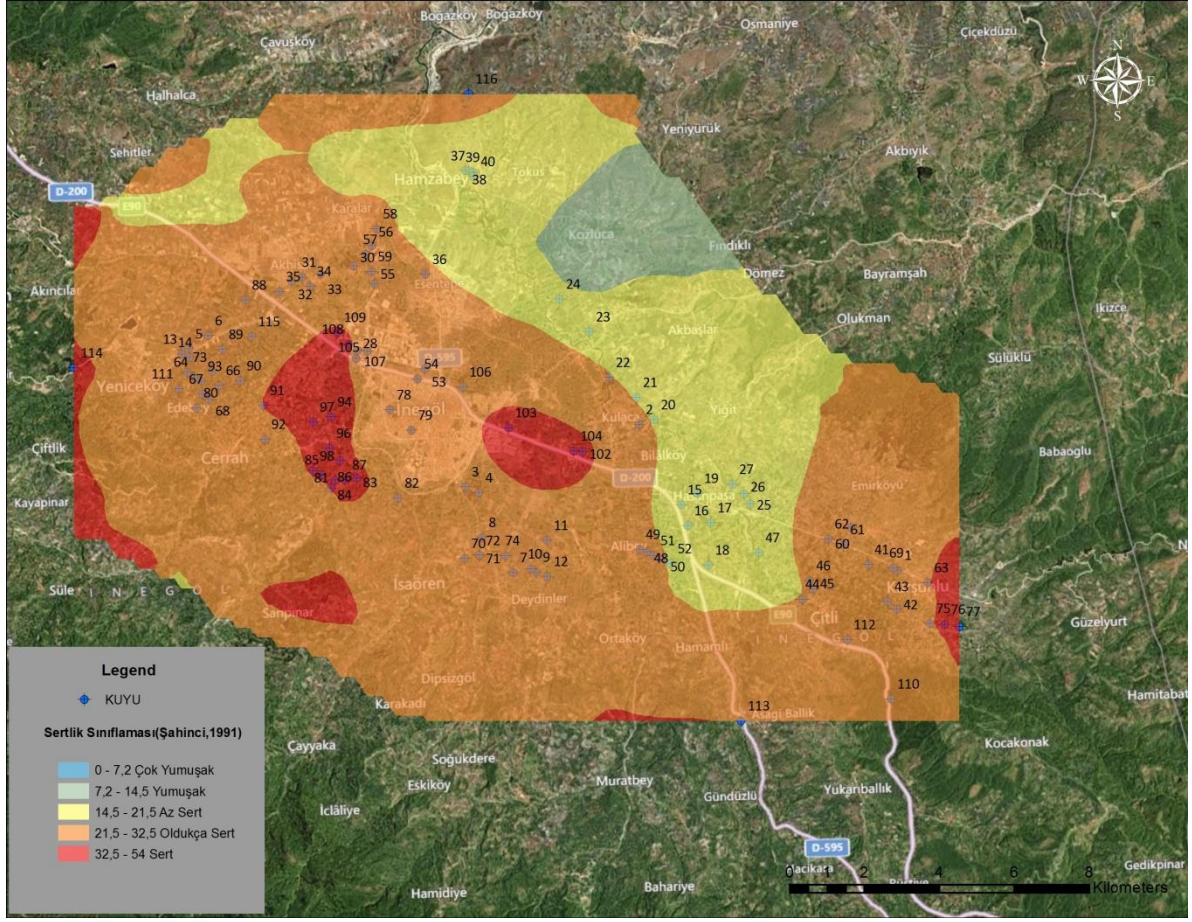
Fransız Sertliği ( $Fr^0$ )	Suyun Sınıfı
0-7.2	Çok Yumuşak
7.2-14.5	Yumuşak
14.5-21.5	Az Sert
21.5-32.5	Oldukça Sert
32.5-54.0	Sert
54'ten Fazla	Çok Sert

İnceleme alanında bulunan kuyulardan elde edilen kimyasal veriler ışığında kuyu sularının sertlik değerleri 3–54 ( $Fr^0$ ) arasında değişmektedir. Kuyu sularının genel olarak sert olduğu görülmektedir. En yüksek değer 54  $Fr^0$  değeri ile 109(Belediye Mezbaa) no'lu kuyudadır.

Tablo 3. 28 İnceleme alanındaki kuyuların göre sertlik sınıflaması(Şahinci,1991)

Kuyu No	Sertlik(Fr <sup>0</sup> )	Tanım	Kuyu No	Sertlik(Fr <sup>0</sup> )	Tanım	Kuyu No	Sertlik(Fr <sup>0</sup> )	Tanım	Kuyu No	Sertlik(Fr <sup>0</sup> )	Tanım
1	38	Sert	32	21	Az Sert	62	29	Oldukça Sert	92	19,25	Az Sert
2	28	Oldukça Sert	33	23	Oldukça Sert	63	37	Sert	93	39,05	Sert
3	30	Oldukça Sert	34	19	Az Sert	64	18	Az Sert	94	41,85	Sert
4	24	Oldukça Sert	35	20	Az Sert	65	28	Oldukça Sert	96	19,25	Az Sert
5	10	Yumuşak	36	22	Oldukça Sert	66	10	Yumuşak	97	39,05	Sert
6	8	Yumuşak	37	3	Çok Yumuşak	67	12	Yumuşak	98	41,85	Sert
7	22	Oldukça Sert	38	24	Oldukça Sert	68	19	Az Sert	102	52	Sert
8	15	Az Sert	39	15	Az Sert	69	32	Oldukça Sert	103	48	Sert
9	9	Yumuşak	40	16	Az Sert	70	32,05	Oldukça Sert	104	36	Sert
10	34	Sert	41	37	Sert	71	40,65	Sert	105	35	Sert
11	22	Oldukça Sert	42	16	Az Sert	72	28,55	Oldukça Sert	106	32	Oldukça Sert
12	35	Sert	43	15	Az Sert	73	36,3	Sert	107	33	Sert
13	33,25	Sert	44	15	Az Sert	74	43,7	Sert	108	37	Sert
14	30	Oldukça Sert	45	22	Oldukça Sert	75	37,1	Sert	109	54	Sert
15	9	Yumuşak	46	19	Az Sert	76	39,6	Sert	110	24	Oldukça Sert
16	10	Yumuşak	47	20	Oldukça Sert	77	34,2	Sert	111	26	Oldukça Sert
17	11	Yumuşak	48	27	Oldukça Sert	78	33,1	Sert	112	36	Sert
18	19	Az Sert	49	26	Oldukça Sert	79	14,35	Yumuşak	113	35	Sert
19	14	Yumuşak	50	24	Oldukça Sert	80	36,2	Sert	114	44	Sert
20	15	Az Sert	51	32	Oldukça Sert	81	32,1	Oldukça Sert	115	36	Sert
21	17	Az Sert	52	14	Yumuşak	82	31	Oldukça Sert	116	32	Oldukça Sert
22	18	Az Sert	53	23	Oldukça Sert	83	40,9	Sert			
23	13	Yumuşak	54	20	Az Sert	84	29	Oldukça Sert			
24	10	Yumuşak	55	22	Oldukça Sert	85	30,5	Oldukça Sert			
25	18	Az Sert	56	23	Oldukça Sert	86	29,85	Oldukça Sert			
26	17	Az Sert	57	21	Az Sert	87	37,2	Sert			
27	19	Az Sert	58	25	Oldukça Sert	88	25,05	Oldukça Sert			
28	19	Az Sert	59	24	Oldukça Sert	89	18,25	Az Sert			
30	20	Az Sert	60	26	Oldukça Sert	90	40,05	Sert			
31	16	Az Sert	61	23	Oldukça Sert	91	46,25	Sert			





Şekil 3. 21 Kuyuların Şahinci(1991)'e göre sertlik sınıflama haritası

Şekil 3.21'de, inceleme alanındaki kuyu sularına ait sertlik haritası verilmiştir. Haritada kırmızı, turuncu ve sarı ile gösterilen yerler sertlik değerinin yüksek olduğu yerleri göstermektedir. İnceleme alanının kuzeyinde sertlik değerleri daha az olup, güney kesimde artış olduğu görülmektedir. Bu bölgelerdeki sertlik değerinin yüksek olmasının sebebi, Alüvyon ve İnegöl formasyonu(Bknz Ek-1) içerisindeki karbonatlı seviyelerdir. Kalsit çözünmesi, sularda sertliği arttırmıştır.

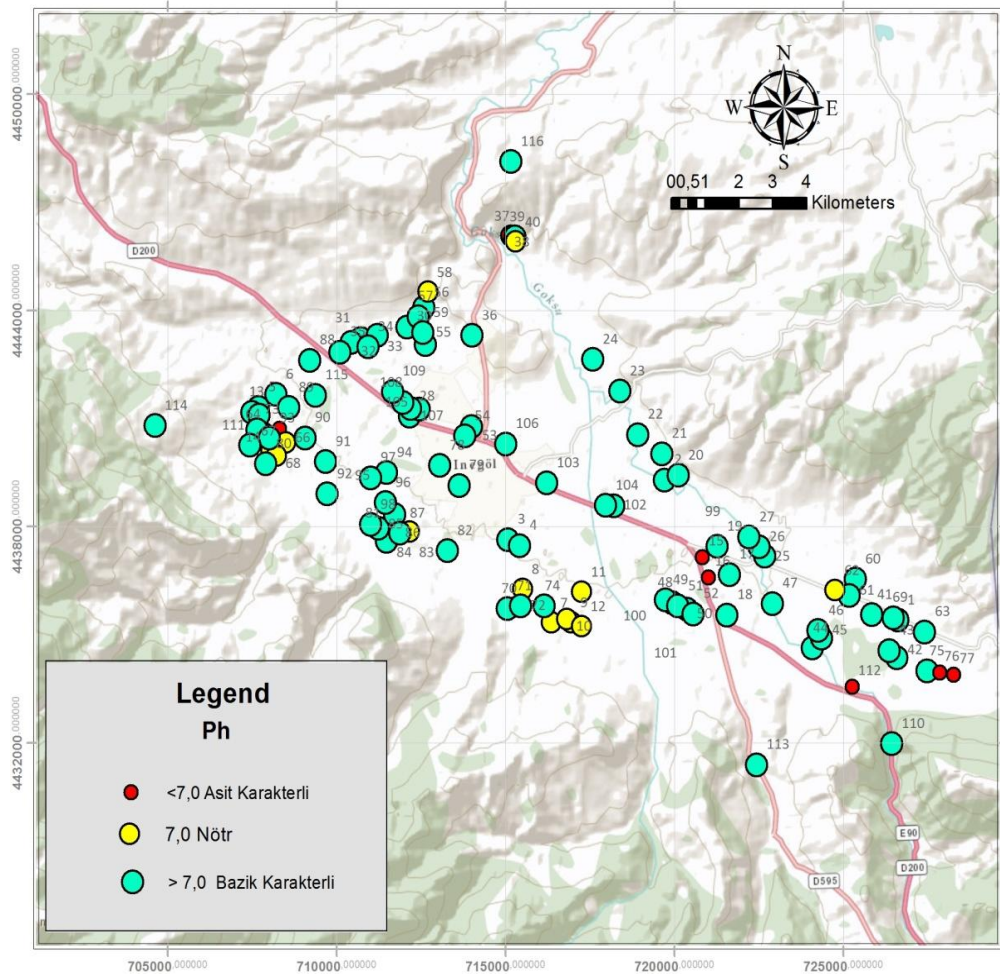
### 3.6.3. Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH)

Hidrojen İyon Konsantrasyonu, su içerisinde bulunan Hidrojen( $H_2$ ) ve Hidroksil ( $OH^-$ )iyon konsantrasyonlarının azalıp artmasına bağlı olarak, çoğunlukla Hidrojen İyonları arttığında suyun Asidik olması, Hidroksil İyonları arttığında ise, Bazik olmasıdır(Tablo 3.29). pH'a göre sınıflandırma şöyledir;

Tablo 3. 29 pH Sınıflaması

Ph	Sınıfı
>7	Bazik
7	Nötr
<7	Asidik

Şekil 3.22’de inceleme alanındaki kuyu su numunelerinin pH dağılım haritası verilmiştir. Buna göre, asidik kuyu su numuneleri kırmızı, nötr kuyu su numuneleri sarı ve bazik olan kuyu su numuneleri ise turkuvaz renk ile gösterilmiştir. İnceleme alanındaki kuyuların büyük çoğunluğunun pH değeri 7’den büyüktür ve bazik karakterlidir.



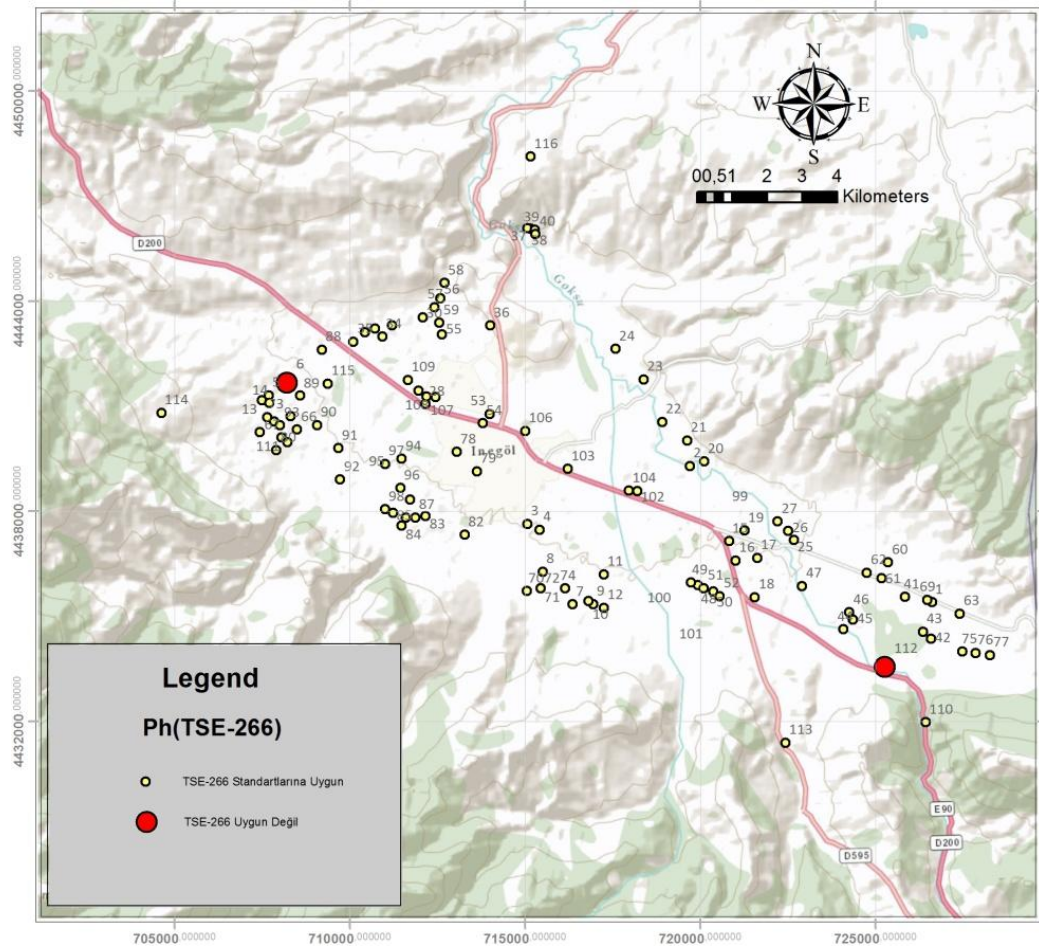
Şekil 3. 22 Çalışma alanındaki kuyulara ait pH değerleri dağılım haritası



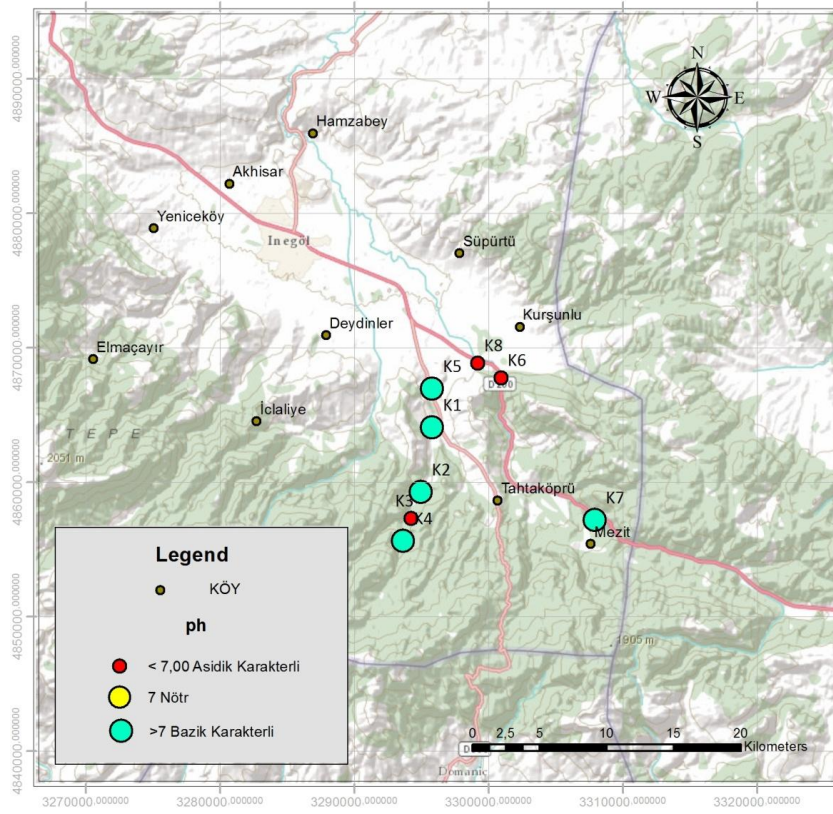
Tablo 3. 30 İçme suyu standartlarında pH değerleri

İçme suyu Standartları	TSE-266	WHO	EPA
pH	6,5-9,2	6,5-8,8	6,5-8,5

Tablo 3.30’da içme suyu standartlarında pH limitleri verilmiştir. Ülkemizde geçerli olan standart, TSE-266 içme suyu standartlarıdır. Bu standartlara göre Şekil 3.23’de, TSE-266 içme suyu standartlarına uygun olan ve olmayan kuyular gösterilmiştir. Uygun olan kuyular sarı ve uygun olmayan kuyular kırmızı renk ile ifade edilmiştir. Buna göre, 6 ve 112 no’lu kuyu su numuneleri TSE-266 içme suyu standartlarına uygun değildir. 6 no’lu kuyu su numunesi 10,0 pH değeri ile çok bazik ve 112 no’lu kuyu su numunesi 6,4 değer ile asidiktir.



Şekil 3. 23 İnceleme alanındaki kuyuların TSE-266 standartlarına göre Ph dağılım haritası



Şekil 3. 24 İnceleme alanındaki kaynaklara ait pH dağılım haritası

İnceleme alanındaki kaynakların pH dağılımı Şekil 3.24’de gösterilmiştir. K3,K6 ve K8 kaynakları asidik ve K1, K2, K5 ve K7 kaynakları ise baziktir. K3 ve K6 kaynakları TSE-266 içme ve kullanma suyu standartlarını karşılamamaktadırlar. Diğer kaynaklar standartlara uygundur.

### 3.6.4. Özgül Elektriksel İletkenlik (EC)

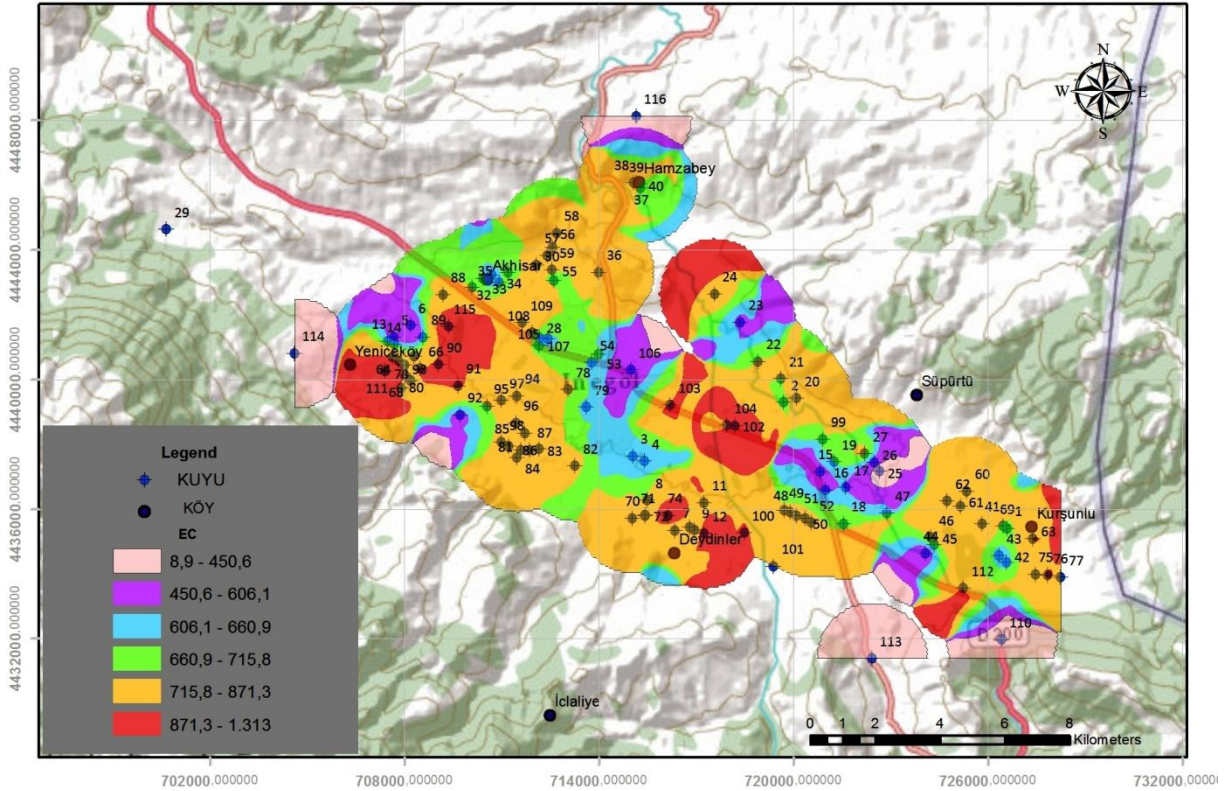
Elektriksel İletkenlik, bir maddenin elektriği geçirme özelliğidir. Her maddenin elektriği geçirebilme özelliği farklıdır. Özgül elektriksel iletkenlik ise, 1cm<sup>3</sup> suyun +25 °C deki iletkenliğidir. Suyun özgül iletkenliği, iyon derişimine, derinliğe, iyon türüne ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Saf suyun özgül elektriksel iletkenliği 0,5–5 µmho/cm olup, içme suyunun ise, 30–2000 µmho/cm civarındadır. Bu parametre, içme, kullanma ve sulama sınıflamaları yapılırken önem arz etmektedir. İnceleme alanının Elektriksel İletkenlik(EC) sınıflandırması Tablo 3.31 ve 3.32’de ve inceleme alanındaki dağılım haritası Şekil 3.25’de verilmiştir.



Tablo 3. 31 Suların özgül elektriksel iletkenlik (EC) değerine göre sınıflandırılması (Erguvanlı & Yüzer, 1973)

EC (mikromho/cm)	Sınıf
<250	Çok İyi
250-750	İyi
750-2000	Kullanılabilir
2000-3000	Şüpheli
>3000	Kullanılamaz

Buna göre, inceleme alanındaki kuyu su numuneleri "Çok iyi", "iyi", "kullanılabilir", "Şüpheli" ve "Kullanılamaz" olarak 5 parametre üzerinden değerlendirilmiştir. Kuyular çoğunlukla "iyi" ve "Kullanılabilir" olarak tanımlanmıştır. 25 numaralı Kuyu su numunesi "Çok iyi" karakterindedir(Tablo 3.32).



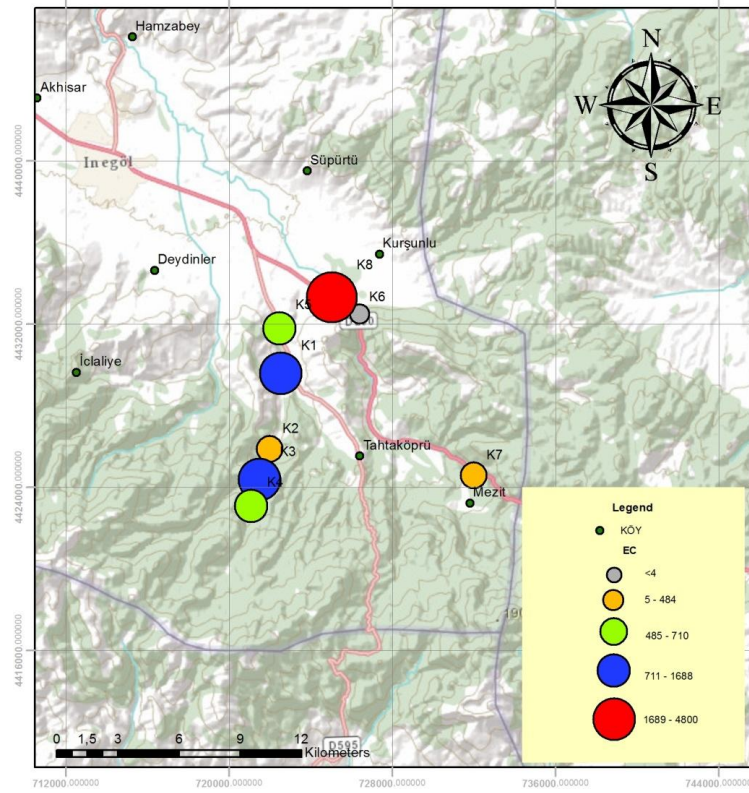
Şekil 3. 25 Çalışma alanına ait kuyuların EC(Elektriksel İletkenlik) değerlerinin haritada gösterilmesi

Tablo 3. 32 Çalışma alanına ait kuyuların (Erguvanlı & Yüzer, 1973)'e göre EC(Elektriksel İletkenlik) sınıflaması

Kuyu No	EC( $\mu$ mho/cm)	Tanım	Kuyu No	EC( $\mu$ mho/cm)	Tanım	Kuyu No	EC( $\mu$ mho/cm)	Tanım	Kuyu No	EC( $\mu$ mho/cm)	Tanım
1	638	İyi	32	690	İyi	62	826	Kullanılabilir	92	437	İyi
2	638	İyi	33	736	İyi	63	970	Kullanılabilir	93	760	Kullanılabilir
3	638	İyi	34	611	İyi	64	890	Kullanılabilir	94	857	Kullanılabilir
4	574	İyi	35	708	İyi	65	776	Kullanılabilir	96	788	Kullanılabilir
5	447	İyi	36	740	İyi	66	973	Kullanılabilir	97	735	İyi
6	383	İyi	37	880	Kullanılabilir	67	826	Kullanılabilir	98	715	İyi
7	633	İyi	38	840	Kullanılabilir	68	845	Kullanılabilir	102	1231	Kullanılabilir
8	670	İyi	39	620	İyi	69	650	İyi	103	893	Kullanılabilir
9	497	İyi	40	612	İyi	70	800	Kullanılabilir	104	648	İyi
10	936	Kullanılabilir	41	970	Kullanılabilir	71	900	Kullanılabilir	105	638	İyi
11	788	Kullanılabilir	42	572	İyi	72	650	Kullanılabilir	106	436	İyi
12	1124	Kullanılabilir	43	570	İyi	73	811	Kullanılabilir	107	481	İyi
13	640	İyi	44	376	İyi	74	1200	Kullanılabilir	108	772	Kullanılabilir
14	700	İyi	45	764	Kullanılabilir	75	804	Kullanılabilir	109	999	Kullanılabilir
15	504	İyi	46	785	Kullanılabilir	76	958	Kullanılabilir	110	376	İyi
16	560	İyi	47	758	Kullanılabilir	77	794	Kullanılabilir	111	1313	Kullanılabilir
17	615	İyi	48	680	İyi	78	790	Kullanılabilir	112	906	Kullanılabilir
18	730	İyi	49	740	İyi	79	600	İyi	113	441	İyi
19	710	İyi	50	715	İyi	80	785	Kullanılabilir	114	397	İyi
20	830	Kullanılabilir	51	882	Kullanılabilir	81	659	İyi	115	1313	Kullanılabilir
21	695	İyi	52	756	Kullanılabilir	82	695	İyi	116	448	İyi
22	778	Kullanılabilir	53	755	Kullanılabilir	83	839	Kullanılabilir			
23	480	İyi	54	608	İyi	84	810	Kullanılabilir			
24	895	Kullanılabilir	55	676	İyi	85	860	Kullanılabilir			
25	8,9	Çok İyi	56	751	Kullanılabilir	86	635	İyi			
26	665	İyi	57	710	İyi	87	804	Kullanılabilir			
27	871	Kullanılabilir	58	713	İyi	88	686	İyi			
28	710	İyi	59	737	İyi	89	525	İyi			
30	750	Kullanılabilir	60	756	Kullanılabilir	90	875	Kullanılabilir			
31	572	İyi	61	756	Kullanılabilir	91	998	Kullanılabilir			

İnceleme alanındaki Elektriksel İletkenlik(EC) değişim haritası(Şekil 3.25) incelendiğinde, pembe ile gösterilen alanlar düşük, kırmızı ve turuncu renk ile gösterilen alanlar yüksek değere sahiptir. Çoğunlukla turuncu ve kırmızı rengin hâkim olduğu görülmektedir. İnceleme alanındaki iyon konsantrasyonuna bağlı olarak Elektriksel İletkenlik(EC) değeri artış göstermiştir. Kaynak sularının Elektriksel İletkenlik(EC) değerleri incelendiğinde(Şekil 3.26), çok düşük değerden oldukça yüksek bir değere kadar geniş bir skala göze çarpmaktadır.

K1,K3 ve K8 kaynakları oldukça yüksek Elektriksel İletkenlik(EC) değerine sahiptir. K8 Çitli Maden suyu kaynağı 4800 mikromho/cm değerine sahiptir ve “Kullanılamaz” sınıfına girmektedir. İnceleme alanındaki kuyu ve kaynakların Elektriksel İletkenlik(EC) konsantrasyonlarının bu kadar çeşitlilik arz ediyor olmasının sebebi, akiferi besleyen jeolojik birimlerin de çeşitlilik arz etmesinden kaynaklanmaktadır(Bknz Ek-1).



Şekil 3. 26 Çalışma alanına ait kaynakların EC(Elektriksel İletkenlik) değerlerinin haritada gösterilmesi

### 3.6.5. TDS

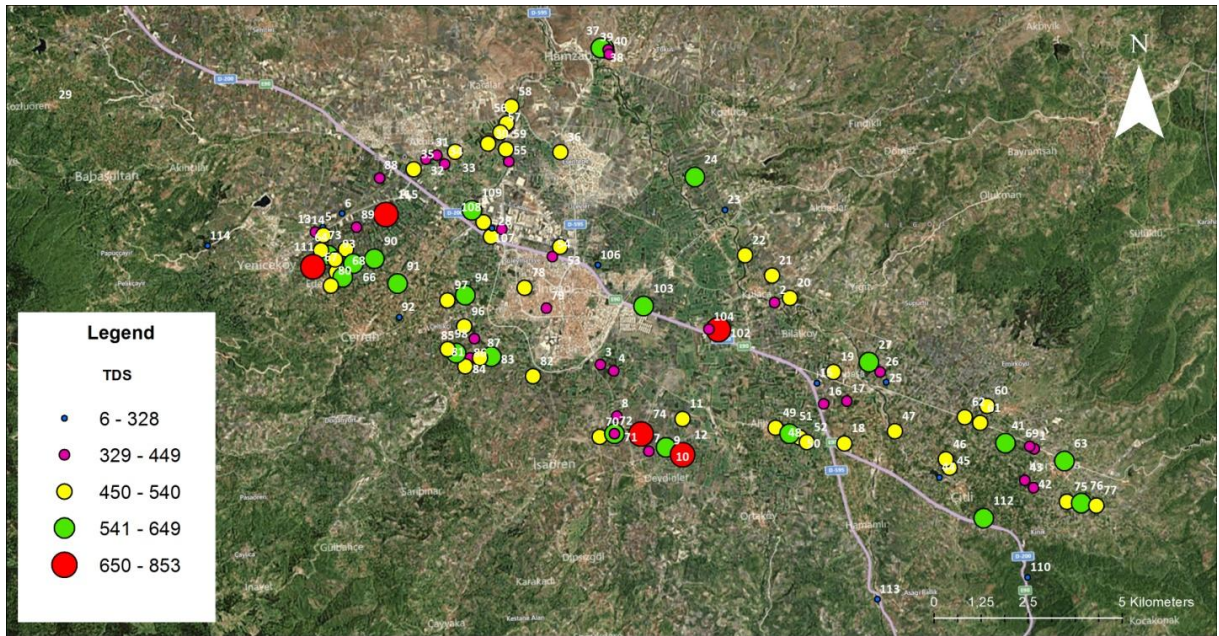
Toplam çözülmüş katı(TDS), suların iyon ve mineral miktarlarını gösteren önemli bir parametredir. Sularda TDS miktarının çok düşük ya da çok yüksek olması suyun özelliğine etki etmektedir. Sulardaki yüksek TDS oranı borularda kabuklaşmaya yol açarken, çok düşük olan sular da koroziftir. TDS hesaplanırken EC değerinden yola çıkılıp, EC değerinin 0,6 ile çarpılarak yaklaşık bir TDS değeri elde edilir. İkinci bir yöntem ise iyon miktarlarını toplayarak elde etmektir. İnceleme alanındaki TDS derişim haritası Şekil 3.27’de verilmiştir. Kuyuların TDS sınıflamasına göre hepsi “Tatlı Su “ Sınıfına dâhildir(Tablo 3.33). İnceleme alanındaki kuyuların TDS konsantrasyonları batı ve güney kesimde artış göstermektedir.



Toplam çözülmüş madde miktarı batı ve güney kesimdeki kuyu numunelerinde fazladır. Bunun sebebi, kuyu numunelerinin metamorfik ve magmatik kayalardan mineralce zenginleşmeleridir. Batı kesimde Uludağ grubundan ve güneyde ise granitoyid ve metamorfik kayalardan gelen mineraller etkilidir(Bknz Ek-1).

Tablo 3. 33 TDS sınıflaması

TDS Derişim ( mg/l)	Tanım
<1500	Tatlı Su
1500-5000	Acı Su
>5000	Tuzlu Su

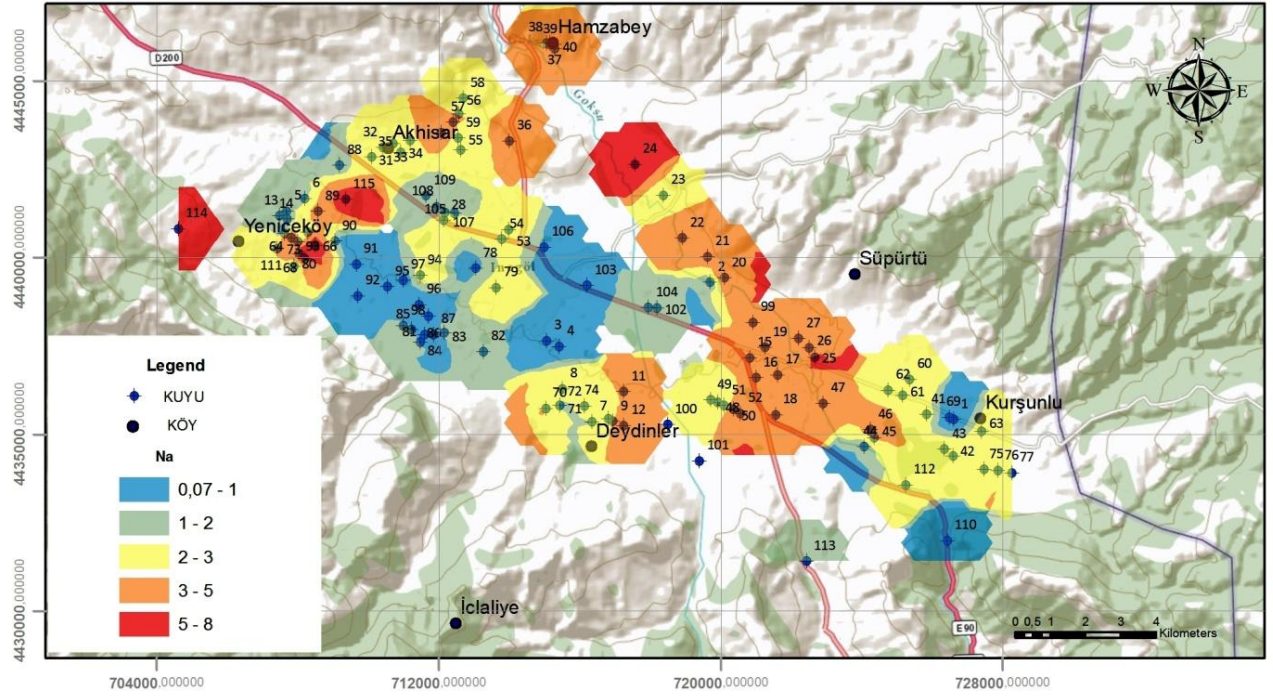


Şekil 3. 27 Kuyu su Numunelerine ait TDS haritası

### 3.6.6. Sodyum İyonu (Na<sup>+</sup>)

Sodyum, yer kabuğunda en fazla bulunan elementlerdendir. Sodyum iyonu yeraltı sularına Sodyum iyonu içeren kayaç ve mineraller vasıtası ile alınmaktadır. Evaporitler, plajiyoklas, feldspat ve jadeit gibi minerallerin yer altı suyuna karışmaları ile Sodyum konsantrasyonu artış göstermektedir. Sulama suyunda istenmeyen bir parametredir. TSE-266 içme suyu standartlarında 175 mg/l(7,612 meq/l) sınır değer kabul edilmiştir. Buna göre, 66 numaralı kuyu numunesi ve K3(Çitli Köyü) kaynağı TSE-266 içme suyu standardını

karşılammamaktadır. İnceleme alanındaki Sodyum iyon konsantrasyonu Şekil 3.28’de verilmiştir. Buna göre, kırmızı ve turuncu renk ile gösterilen alanlar Sodyumca zengindir.



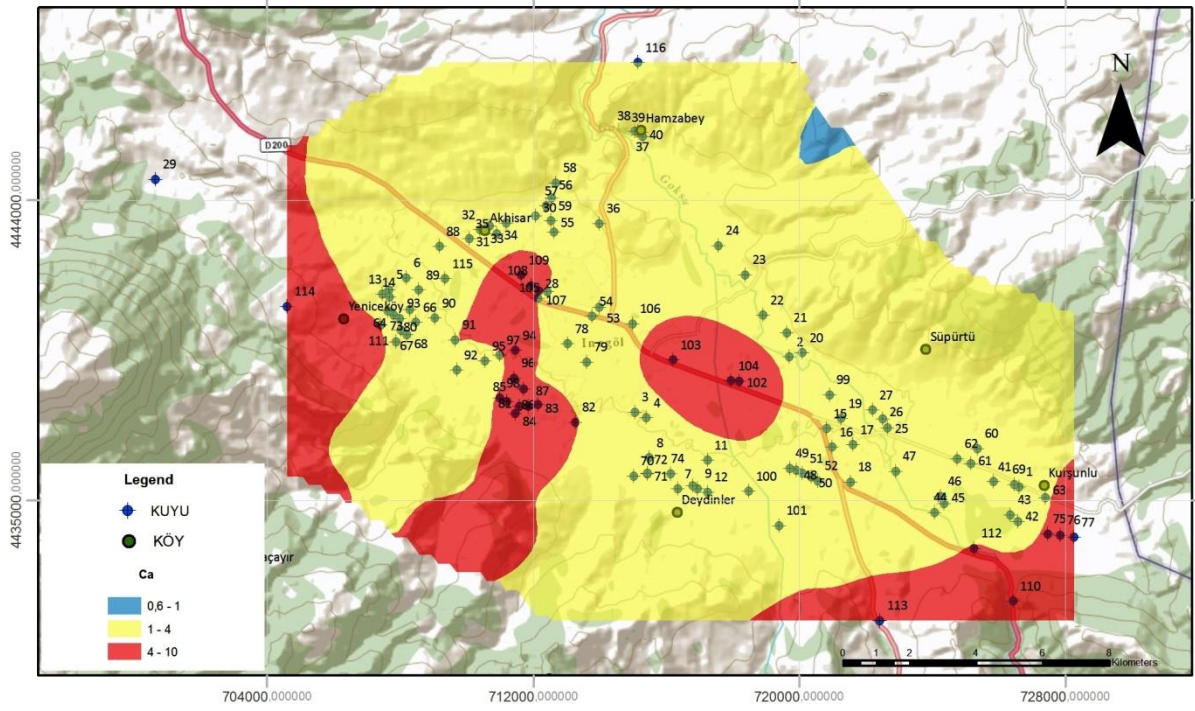
Şekil 3. 28 Kuyulara ait Na(meq/l) değerleri dağılım haritası

### 3.6.7. Potasyum İyonu (K<sup>+</sup>)

Yeraltısularında Potasyum(K<sup>+</sup>)içeriğinin kaynağı ortoklas ve mikrolin olmak üzere feldispatlardır. Potasyum(K<sup>+</sup>), feldispatlar dışında mika, illit veya diğer killerin yapısında bulunur ve minerallerin ayrışması ile doğal sulara karışır. TSE-266’ya göre içme ve kullanma suları standartlarında potasyum 12 mg/l(0,3 meq/l)’yi aşmamalıdır. Buna göre, 5,6,8,9,10,13,14,16,19,20,24,25,27,28,32,79,88,89,114 ve 115 no’lu kuyular standardı karşılamamaktadır. K1,K6 ve K8 kaynakları yüksek Potasyum derişimi ile standardı karşılamamaktadır. Kuyulara ait Potasyum dağılım haritası(Şekil 3.29) incelendiğinde kırmızı renk ile gösterilen alanlar, yüksek potasyum derişimine sahiptir. Özellikle çalışma alanının batı kesiminde yüksek konsantrasyon göze çarpmaktadır. Suya Potasyumca zengin olma özelliğini kazandıran minerallerin katkısı vardır. Uludağ metamorfitlelerinden gelen minerallerin, suya bu özelliği kazandırdığı söylenebilir.



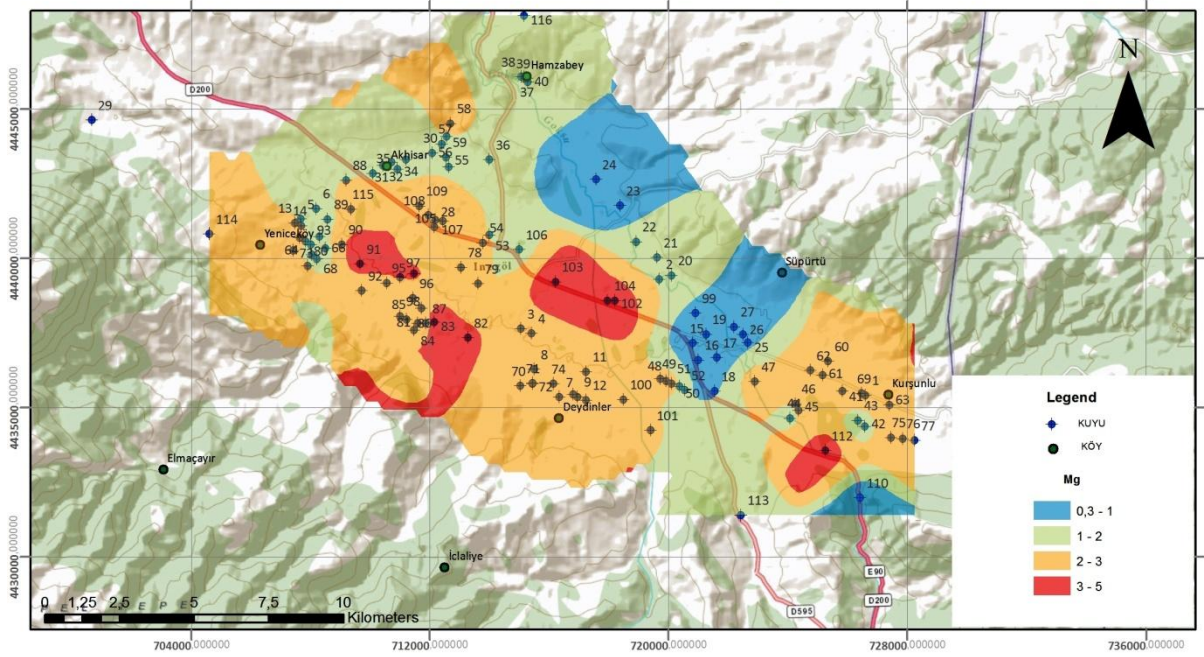




Şekil 3. 30 Kuyulara ait Ca(meq/l) değerleri dağılım haritası

### 3.6.9. Magnezyum İyonu ( $Mg^{+2}$ )

$Mg^{+2}$  iyonu, sulara en çok bulunan elementler arasındadır. Magnezyum( $Mg^{+2}$ ), yeraltı sularına dolomit, olivin, biyotit, ve evaporitik minerallerden geçer. Bitki gelişimi için önemli bir iyondur. Fakat suda fazla bulunması istenmez. Magnezyumca zengin minerallerin suda fazlaca çözünmesi sonucu sudaki Magnezyum( $Mg^{+2}$ ), miktarında artış olmaktadır. İnceleme alanındaki kuyu numunelerine ait Magnezyum( $Mg^{+2}$ ), konsantrasyon haritası Şekil 3.31’de verilmiştir. Buna göre, turuncu ve kırmızı renk ile gösterilen kısımlar yüksek Magnezyum( $Mg^{+2}$ ) derişimini ifade etmektedir. Bu konsantrasyon artışının sebebi, magmatik ve metamorfik kayalardaki Magnezyumlu minerallerdir. TSE-266 standartlarına göre, içme ve kullanma suyunda istenen üst limit değeri 50 mg/l(4,1 meq/l)’dir. 81, 91, 102, 103, 109 ve 110 no’lu kuyu su numuneleri TSE-266 içme ve kullanma suyu üst limitini aşmışlardır ve standarda uygun değildirler.

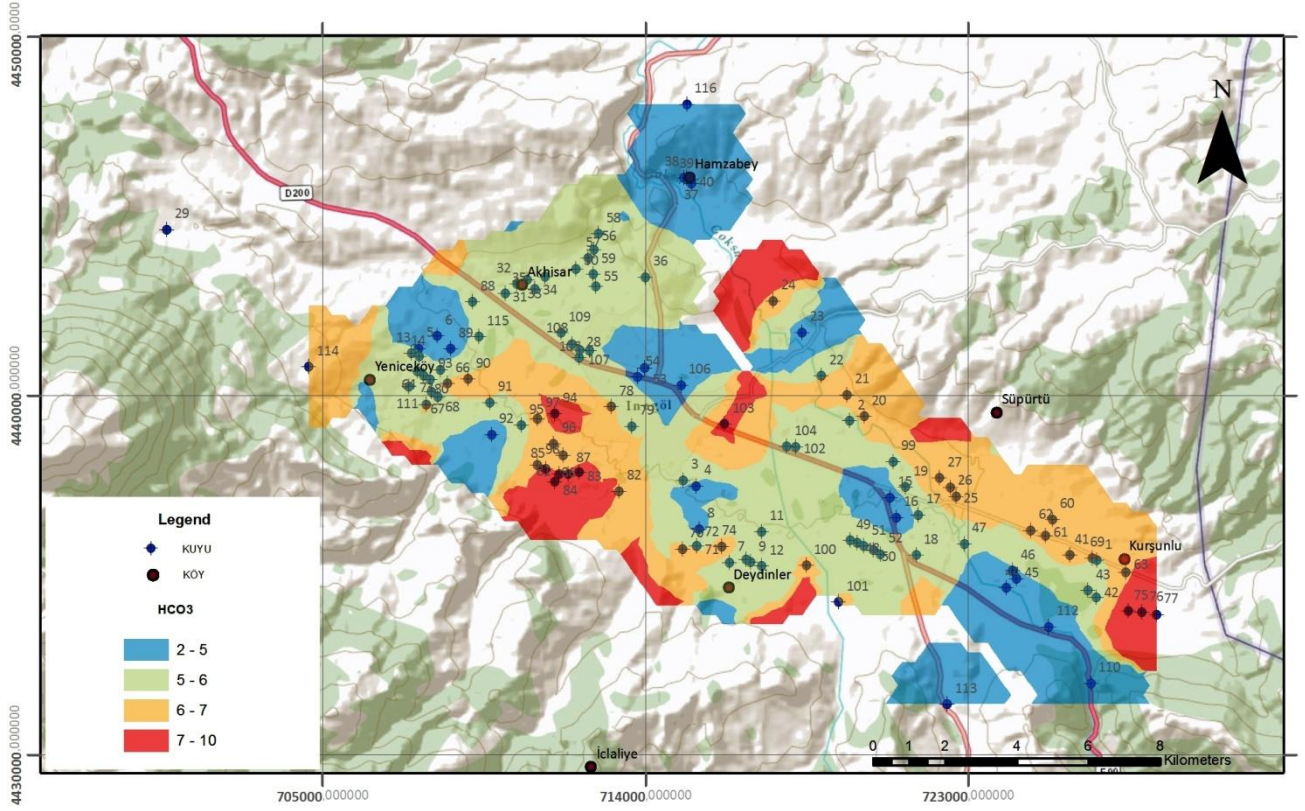


Şekil 3. 31 Kuyulara ait Mg(meq/l) değerleri dağılım haritası

### 3.6.10. Karbonat ( $\text{CO}_3^{-2}$ ) ve Bikarbonat İyonu ( $\text{HCO}_3^{-2}$ ) İyonları

$\text{CO}_3^{-2}$  ve  $\text{HCO}_3^{-2}$  iyonları sulardaki alkaliniteyi belirleyen başlıca parametrelerdir. Alkalinitenin yüksek olması istenmeyen bir durumdur. Korozyona yol açabilir. Endüstriyel işletmeler için ciddi kayıplar oluşturabilir. Suya Karbonat ve Bikarbonat iyonlarını veren en önemli kaynak karbonatlı kayalardır. Bikarbonat konsantrasyon haritası Şekil 3.32’de verilmiştir. Buna göre, kırmızı ve turuncu renk ile ifade edilen kısımlar yüksek derişimi ifade etmektedir. İnceleme alanının kuzeydoğu, güney ve güneybatısında yüksek değerler göze çarpmaktadır. Alüvyondaki karbonatlı seviyeler ve karbonatlı birimler bu konsantrasyonun sebebi olabilir.

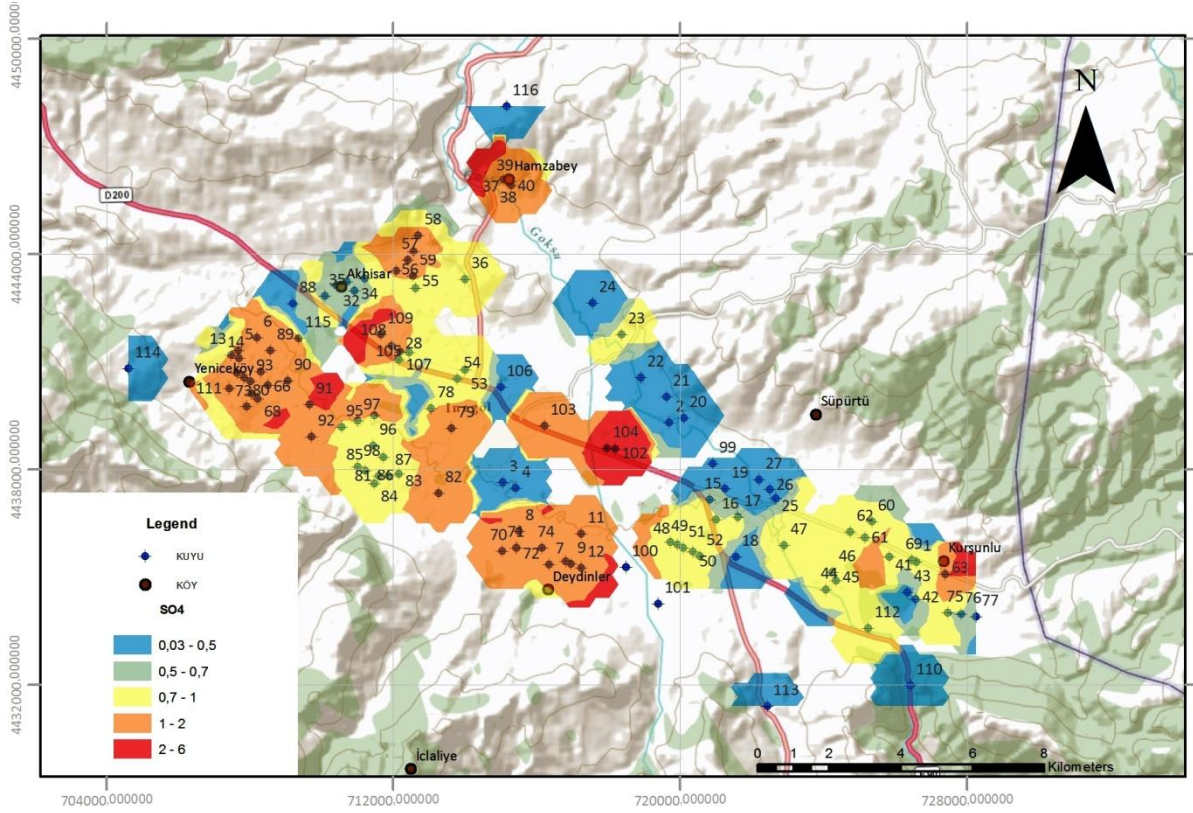




Şekil 3. 32 Kuyulara ait HCO<sub>3</sub>(meq/l) değerleri dağılım haritası

### 3.6.11. Sülfat İyonu (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>)

Suda kolay çözünebilir bileşiklere sahip olduğu gibi kolayca çözünemeyen bileşikler de bulunur. Doğal sulardaki Sülfatın kökeni volkanlardan, oksitlenmiş piritlerden, jips, anhidritlerden ve de fabrika atıklarından gelebilmektedir. Sülfat iyonu, evsel ve endüstriyel atıklar, asit yağmurları, kükürt içeren maden sahalarının drenaj suları ile yeraltı sularına karışabilmektedir. Şekil 3.33’de inceleme alanındaki Sülfat konsantrasyon haritası verilmiştir. Buna göre, kırmızı ve turuncu ile gösterilen kısımlar yüksek derişimi göstermektedir. İnceleme alanının kuzeyi, güney kesimi, ilçe merkezi ve doğu kesimlerde yüksek değerler görülmektedir. TSE-266 standartlarına göre, olması istenen üst limit değeri 250 mg/l(5,2 meq/l)’dir. Buna göre,102(Akpet) no’lu kuyu su numunesi, K3 ve K4 kaynak su numunelerinde bu değer aşılmıştır ve standarda uymamaktadırlar.

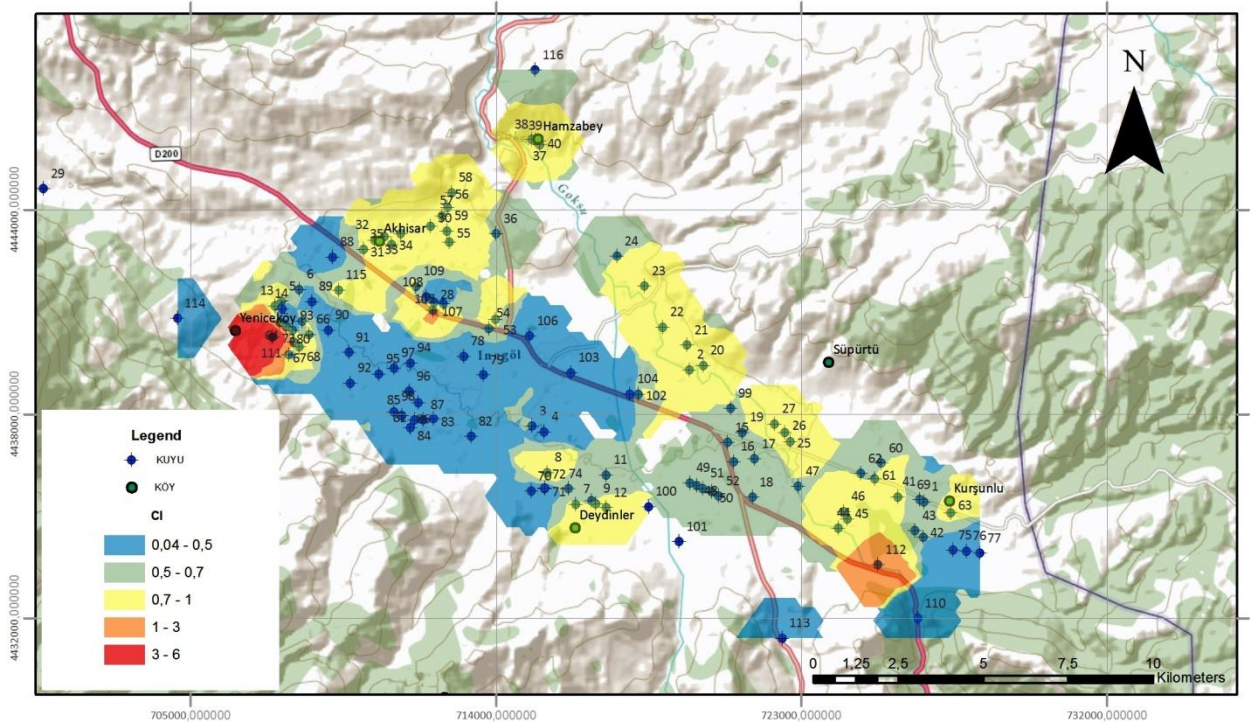


Şekil 3. 33 Kuyulara ait SO<sub>4</sub>(meq/l) değerleri dağılım haritası

### 3.6.12. Klorür İyonu (Cl<sup>-</sup>)

Klorür halojen gurubu bir element olup, doğada yaygın olarak bulunur. Klorürün kaynağı evaporitlerdir. Yeraltı sularında yaygın olarak bulunur. Fakat en fazla deniz suyunda bulunur. Magmatik kayalarda ise sodalit, biyotit ve hornblend gibi minerallerde bulunmaktadır. Yeraltısularında klorür iyonun artması bu sulara evsel ve endüstriyel atıkların karışması yolu ile de olmaktadır. Toprakta birikme eğilimindedir. Buna rağmen sulama yapılan yerlerde çözünerek suya karışır (Şahinci,1991). Klorür iyonunun miktarının çok fazla olmaması istenir. Çünkü, Yüksek Klorür korozif etki yapar. TSE-266 standartlarına göre, üst limit değer 600 mg/l(16,9 meq/l) olarak izin verilmiştir. Buna göre, tüm kuyu ve kaynak su numuneleri standarda uygundur. Şekil 3.34'de inceleme alanındaki Klorür konsantrasyon haritası verilmiştir. Buna göre turuncu ve kırmızı ile gösterilen alanlar, yüksek değerleri ifade etmektedir. Yeniceköy civarında ve 111 no'lu kuyuda yüksek derişim göze çarpmaktadır.





Şekil 3. 34 Kuyulara ait Cl(meq/l) değerleri dağılım haritası

### 3.6.13. Nitrat (NO<sub>3</sub>)

Nitrat, yer altı sularına suni gübreler ve katı atıklar yoluyla ulaşır. Nitratın yüksek değerde olması özellikle bebekler ve çocuklar için zararlıdır. 9 kuyu ve 7 kaynak su numunesinde Nitrat parametresi araştırılmıştır ve TSE-266 standardı ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 3. 34 İçme ve kullanma suyu standartlarında Nitrat üst limit değerleri

İçme Suyu Standartları	TSE-266	WHO	EPA
Nitrat(mg/l)	50	50	45

102 no'lu kuyu su numunesinde Nitrat değeri oldukça yüksektir. TSE-266 standardının(Tablo 3.34) yaklaşık 2 katı kadardır. Nitrat kirliliği görülmektedir. Kaynak numuneleri incelendiğinde, K1 kaynağında çok yüksek değer göze çarpmaktadır. TSE-266 standardının yaklaşık 4 katı kadardır. Nitrat kirliliği görülmektedir. Bu iki numune standarda uygun değildir.

### 3.6.14.Mikroelementler

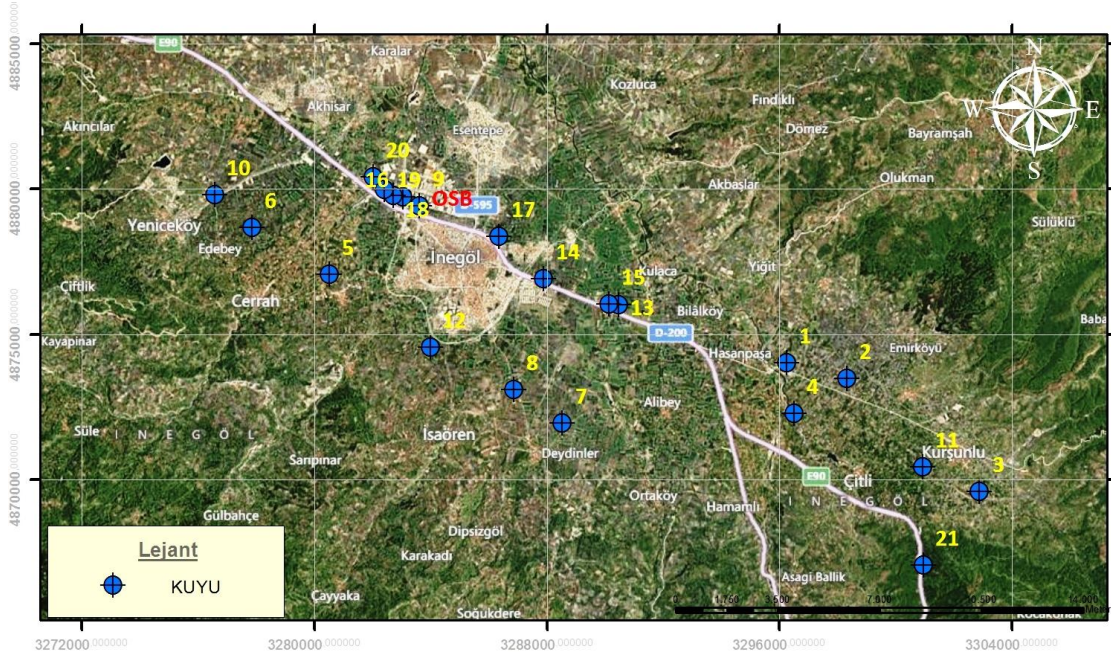
Mikroelementlerin organizmalardaki birikimi olağanüstü önem taşımaktadır. Bu noktada metallerin rolü özellikle belirgindir. Bugün insan vücudunda 60 dolayında elementin bulunduğu ve bunların 36'sının metaller olduğu bilinmektedir. Bazı elementler yoklukları durumunda canlı yaşamını tehlikeye atabilecek kadar önem arz eder. Bunlar; C, H, O, N, P, S, Ca, Na, K, Mg ve Cl'dir. Bunlara ek olarak canlı, bazı mikro elementlere de ihtiyaç duymaktadır. Bunlar; Co, Cu, Mn, Mo, Se, Zn, B, Fe, I, Ni, Li, Si, V, Sr, Sn ve Cr'dir. Bu elementlere zıt olanlar ise “temel olmayan ve zararlı elementler”dir. Bunlar; Cd, Hg, Pb, Ti, Be, Ba, Al, As, Sb, Bi, U ve Th'dir. Ağır metallerin fazlalığı, çoğunlukla, ağır mineraller açısından zengin minerallerden meydana gelen topraklarda gelişir. Bu bağlamda, sülfat, bakır ve silikat mineralleri ya da serpantinitlet üzerinde oluşan topraklar yüksek Nikel ve Krom muhtevası ile sedimentler ve metamorfik kayalar üzerinde oluşanlar ise yüksek Kadmiyum içeriğiyle karakterize olurlar( Örgün,2011).

Her cevher kütlesi, çevresindeki sularda, kayalarda, bitkilerde ve atmosferde cevher elementini ve ona eşlik eden(yardımcı elementleri) yüksek düzeyde içeren bir alan oluşturur. Bu, yatağın “dağılım halkası” olarak adlandırılır. Cevher kütlelerini çevreleyen kayalar, yüksek kimyasal element yoğunlaşması içerirler ve bu, yatak ile eş zamanlı oluşan ilk halkayı teşkil eder. İlk halkaların boyutları ve kimyasal element içerikleri, genelde cevher kütlelerindeki değerleri aşar. Bu halkalar, hem yatağın ana elementlerini hem de çevre açısından tehlikeli olan tüm aksesuar elementleri( civa, kurşun, çinko, bakır, kadmiyum, arsenik, gümüş, flor, bizmut, kobalt, indiyum, selenyum, demir ve sülfür) içerir. Yatağın altüst edilmesi, elementleri göçe zorlar. Bu sebeple, yatağa yakın akıntıların ya da vadilerdeki ve yamaçlardaki toprakların element içeriği, daha uzak çevredekilere göre daha yüksektir. Bu tür “ikincil dağılım halkaları”nın tutturulmamış kayalar ve topraktaki dağılımı, yüzlerce hatta binlerce metreye ulaşmaktadır. Cevher kütlelerinin yakın ya da uzak çevresindeki yer altı ve yüzey suları, elementleri daha uzak bölgelerdekilere göre daha yüksek düzeyde içerir. Yine “hidrojeokimyasal (su) halkalarının” boyutları da yüzlerce ya da binlerce metreye ulaşır. Su halkalarının element içerikleri zaman içinde değişebilir ve yağışa bağlı olabilir( Örgün,2011).

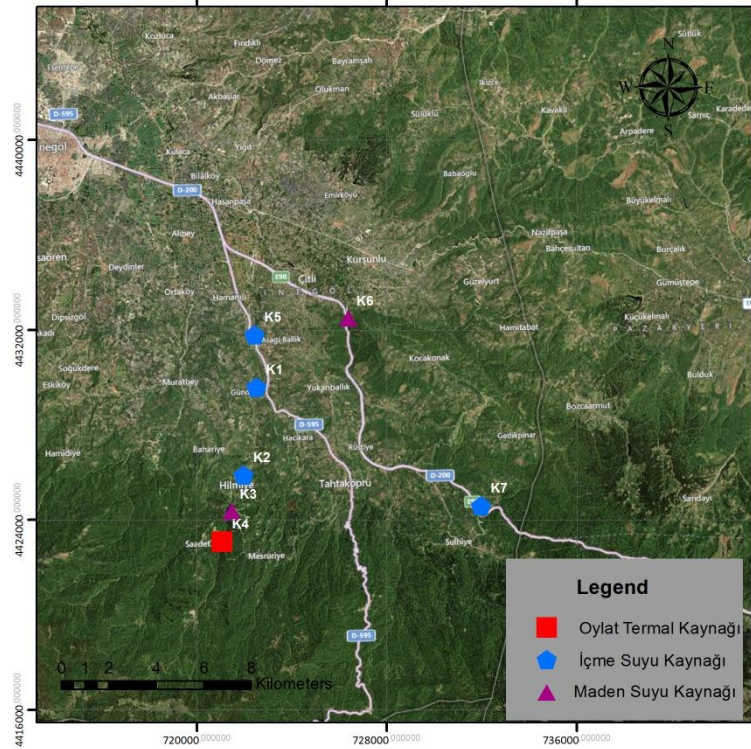
İnegöl ilçesinde özellikle bakır, demir, kurşun ve çinko cevherleşmeleri bulunmaktadır. Bunlardan önemlileri Hayriye, Saadet ve Tahtaköprü köylerindeki cevherleşmelerdir(Şekil 3.37). Yataklar geçmiş dönemlerde işletilmiştir. İnegöl Akiferinde 21 kuyu(Şekil 3.35) ve 7



kaynak(Şekil 3.36) suyu numunelerinde ağır metal incelemesi yapılmıştır. Ağır metal analizleri kuyu, kaynaklar ve dere olmak üzere ayrı olarak Tablo 3.35,3.36,3.37 ve 3.38’de verilmiştir.



Şekil 3. 35 Ağır metal analizi yapılan kuyulara ait lokasyon haritası



Şekil 3. 36 Çalışma alanında incelenen Ağır metal analizi yapılan kaynaklara ait lokasyon haritası

Tablo 3. 35 İnceleme alanındaki kaynaklara ait ağır metal analizleri

	K1(Gündüzlü K.)	K2(Hilmiye K.)	K3(Göz K.)	K4(Oylat Termal)	K5(Hamamlı K.)	K6(Kınık Maden S.)	K7(Mezit K.)
x	722512	721976	721469	721059	722444	726385	731972
y	4429589	4425881	4424380	4423079	4431791	4432506	4424589
z(m)	375	432	642	715	343	333	484
Mevkii	İnegöl-Tahtaköprü	İnegöl-Oylat Yolu	İnegöl-Oylat Yolu Üzeri	Oylat Kaplıca	Hamamlı Köyü Yakını	İnegöl-Bozüyük Yolu	İnegöl-Mezit Köyü Yakını
Be(µg/l)	<0.01	<0.01	0,13	0,02	<0.01	0,65	<0.01
B(µg/l)	176	32	<0.1	129	151	7033	21
Al(µg/l)	2,9	6,9	1577,0	2,3	44,0	2,4	2,3
V(µg/l)	1,01	0,27	1,43	0,97	1,51	0,29	0,27
Cr(µg/l)	0,08	0,08	0,83	0,15	0,05	<0.01	0,29
Mn(µg/l)	0,52	0,22	56,77	0,03	0,39	384,90	0,05
Fe(µg/l)	<0.1	<0.1	1457,85	<0.1	<0.1	214,31	<0.1
Co(µg/l)	0,30	0,11	11,81	0,14	0,10	1,86	0,10
Ni(µg/l)	19,57	4,05	13,30	2,85	2,23	16,91	3,69
Cu(µg/l)	5,62	1,48	525,99	0,24	0,60	5,62	<0.01
Zn(µg/l)	121,26	5,13	362,52	1,18	<0.01	5,54	0,47
As(µg/l)	0,68	3,08	0,93	9,49	2,08	3,37	0,52
Rb(µg/l)	0,88	2,28	0,51	13,82	1,51	111,58	0,60
Sr(µg/l)	1688	257	13	2235	1123	3873	197
Se(µg/l)	2,36	0,67	<0.01	0,29	0,70	<0.01	0,27
Ag(µg/l)	0,007	0,003	<0.001	0,003	0,003	0,006	0,001
Cd(µg/l)	0,06	0,02	3,51	0,02	<0.01	<0.01	0,01
Sb(µg/l)	0,108	0,157	<0.01	0,288	0,051	0,008	0,018
Pb(µg/l)	0,146	<0.01	4,369	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tl(µg/l)	0,012	0,312	1,641	0,137	0,003	0,020	0,001
Hg(µg/l)	0,003	0,003	0,001	0,047	0,005	0,001	0,004
Ba(µg/l)	77,3	20,5	3,0	33,3	367,3	62,0	8,8
U(µg/l)	7,2	1,3	<0.001	1,3	2,6	0,1	0,4

Tablo 3. 36 İnceleme alanındaki 1-7 no'lu kuyulara ait ağır metal analizleri

KUYU	1	2	3	4	5	6	7
x	722667	724268	727858	722902	710555	708489	716810
y	4437185	4436840	4433965	4435877	4439180	4440342	4435446
z(m)	295	318	342	347	320	315	316
DSİ No	22322	28784	39019	27063	50552	58088	9784
Mevkii	Süpürtü	K.Yenice	Özlüce	Çitli	Çeltikçi	Edebey	Deydinler
Be(µg/l)	x	x	x	x	x	x	x
B(µg/l)	88,47	51,17	189,2	131,5	43,35	32,26	56,7
Al(µg/l)	2,48	50,64	80,37	20,45	26,82	12,12	183,7
V(µg/l)	x	x	x	x	x	x	x
Cr(µg/l)	2,38	2,35	2,55	3,86	2,17	11,17	1,66
Mn(µg/l)	7,56	22,08	48,39	8,41	7,11	4,24	670,7
Fe(µg/l)	789,3	131	443,6	65,94	310,6	226	2758
Co(µg/l)	0,1	0,46	0,82	0,15	0,18	0,16	1,21
Ni(µg/l)	0,75	2,1	1,45	1,35	1,11	2,07	2,37
Cu(µg/l)	0	65,96	0	0	0	2,95	0
Zn(µg/l)	18,07	828,4	6,95	0	11,85	3,08	0
As(µg/l)	1,18	0,9	0,08	0,27	0,39	0,57	5,8
Rb(µg/l)	x	x	x	x	x	x	x
Sr(µg/l)	x	x	x	x	x	x	x
Se(µg/l)	0,7	0,74	0,63	0,89	0,61	1,19	0,64
Ag(µg/l)	x	x	x	x	x	x	x
Cd(µg/l)	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Sb(µg/l)	0,13	0,2	0,07	0,15	0,12	0,19	0,26
Pb(µg/l)	0	6,14	0,08	0	2,91	0,08	15,56
Tl(µg/l)	x	x	x	x	x	x	x
Hg(µg/l)	0	0	0	0	0	0	0
Ba(µg/l)	x	x	x	x	x	x	x
U(µg/l)	x	x	x	x	x	x	x
Mo(µg/l)	0,5	0,09	0,01	0,28	3,1	1,16	5,74

Açıklama:

X: Veri Yok

Tablo 3. 37 İnceleme alanındaki 8-14 no'lu kuyulara ait ağır metal analizleri

KUYU	8	9	10	11	12	13	14
x	715505	712892	707483	726348	713271	718201	716214
y	4436282	4441029	4441181	4434572	4437340	4438581	4439213
z(m)	293	287	327	334	305	283	302
DSİ No	9782		38686	27059	41014		
Mevkii	Deydinler	OSB	Yenice	Kurşunlu	Hocaköy	Akpet	BP Ultimate
Be(µg/l)	x	x	x	x	x	<0.01	<0.01
B(µg/l)	63,13	95,05	17,36	61,77	107,1	31	77
Al(µg/l)	19,56	50,4	55,44	14,2	1,39	1,6	0,4
V(µg/l)	x	x	x	x	x	0,48	0,63
Cr(µg/l)	1,75	1,16	3,81	1,23	2,63	0,02	0,03
Mn(µg/l)	4,95	52,54	43,29	42,22	0,62	1,50	9,82
Fe(µg/l)	103,3	82,46	819,9	752,1	31,06	<0.1	<0.1
Co(µg/l)	0,14	0,39	0,42	0,15	0,08	0,23	0,16
Ni(µg/l)	1,19	1,96	3,49	0,81	0,62	4,98	4,61
Cu(µg/l)	0	16,12	0	0	0	9,32	18,13
Zn(µg/l)	6,92	0	0	10,33	0	86,31	180,30
As(µg/l)	1,19	1,12	1,07	0,15	0,7	0,56	2,71
Rb(µg/l)	x	x	x	x	x	0,06	0,15
Sr(µg/l)	x	x	x	x	x	997	907
Se(µg/l)	1,89	1,91	1,41	0,47	0,87	4,75	6,15
Ag(µg/l)	x	x	x	x	x	0,005	0,004
Cd(µg/l)	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
Sb(µg/l)	0,22	0,26	0,2	0,11	0,22	0,088	0,053
Pb(µg/l)	0,86	2,9	0	0,23	0	0,169	0,197
Tl(µg/l)	x	x	x	x	x	0,003	0,002
Hg(µg/l)	0	0	0	0	0	0,006	0,002
Ba(µg/l)	x	x	x	x	x	54,3	94,6
U(µg/l)	x	x	x	x	x	5,5	5,2
Mo(µg/l)	4,91	1,92	0,6	0,06	2,37	x	x

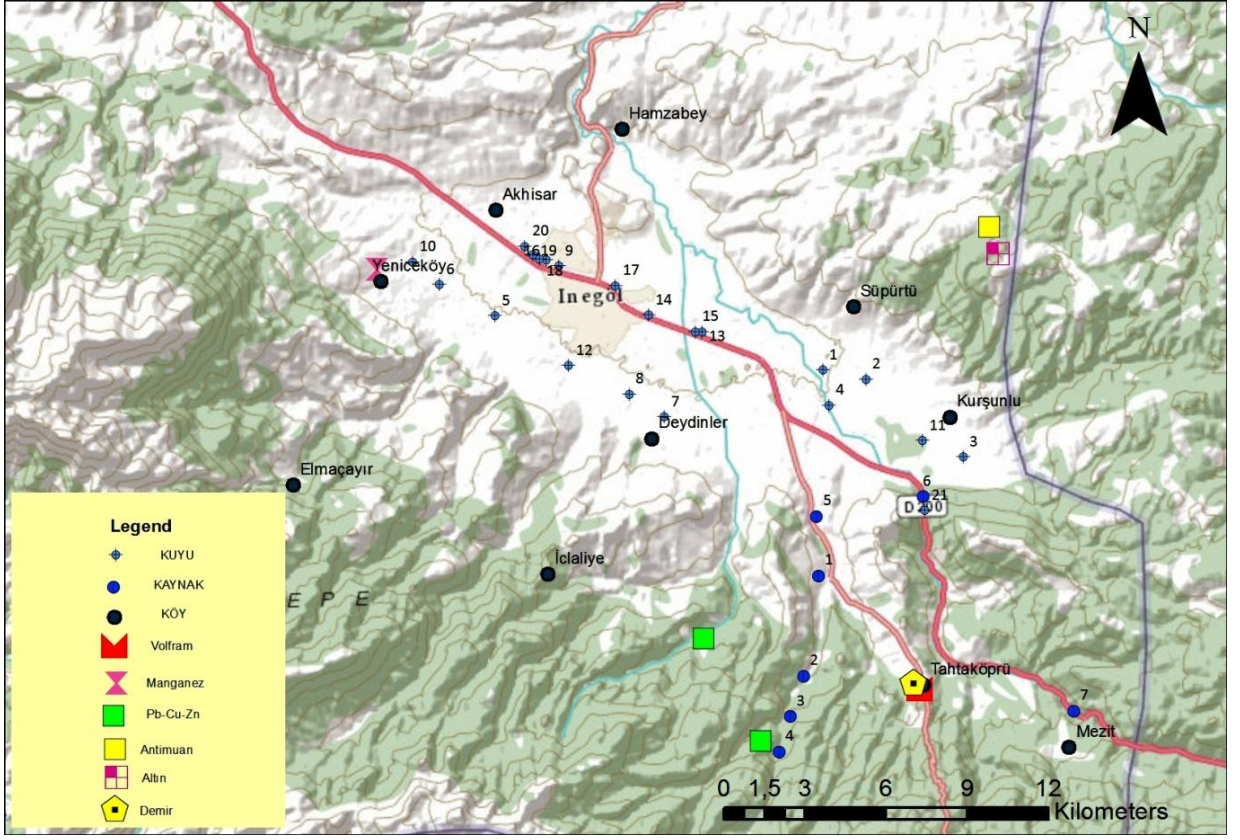
Açıklama:

X: Veri Yok



Tablo 3. 38 İnceleme alanındaki 15-21 no'lu kuyulara ve derelere ait ağır metal analizleri

KUYU	15	16	17	18	19	20	21	Kalbur Dere	Oylat Dere
x	717954	712441	714999	712182	711955	711650	726430	711771	721036
y	4438591	4441258	4440300	4441279	4441443	4441756	4431986	4441672	4423106
z(m)	299	269	286	299	282	275	342	270	696
Mevkii	Turkuvaz	OSB	Shell	Merkez	Merkez	Bel. Mezbaa	Mezit	OSB Yakını	Oylat Termal
Be(µg/l)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
B(µg/l)	54	123	42	141	96	381	39	627,605	4,02
Al(µg/l)	0,7	0,1	57,2	2,2	8,8	0,1	17,3	24,683	48,965
V(µg/l)	0,08	0,94	1,24	1,49	0,71	0,80	0,36	0,379	0,366
Cr(µg/l)	<0.01	0,18	0,38	0,54	0,82	0,45	0,09	19,181	<0.01
Mn(µg/l)	140,61	41,85	23,32	3,00	9,29	125,71	0,34	18,426	1,143
Fe(µg/l)	20,28	8,79	0,17	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	19,32
Co(µg/l)	0,10	0,11	0,09	0,07	0,13	0,31	0,11	0,136	0,047
Ni(µg/l)	1,89	2,37	1,42	1,68	2,62	4,35	2,31	286,967	0,556
Cu(µg/l)	2,14	0,75	0,49	0,12	0,54	0,25	0,03	1,4	1,309
Zn(µg/l)	23,28	29,82	11,20	116,57	4,74	0,93	47,55	1,372	0,165
As(µg/l)	20,10	1,01	3,06	1,27	1,22	0,86	1,67	1,3	0,093
Rb(µg/l)	0,07	0,26	0,21	0,12	0,34	0,12	0,94	1,644	1,023
Sr(µg/l)	595	486	339	445	521	480	78	138,148	66,353
Se(µg/l)	<0.01	0,71	0,42	0,62	0,90	1,93	0,23	0,335	0,047
Ag(µg/l)	0,005	0,006	0,004	0,004	0,003	0,002	0,001	0,005	0,002
Cd(µg/l)	0,07	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,17	0,011	0,01
Sb(µg/l)	0,011	0,046	0,056	0,045	0,037	0,047	0,036	0,087	0,014
Pb(µg/l)	0,011	0,190	0,047	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,043	<0.01
Tl(µg/l)	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,012	0,004	0,002
Hg(µg/l)	<0.001	0,003	0,009	0,005	0,003	0,003	0,002	0,008	0,004
Ba(µg/l)	91,5	53,2	40,1	46,8	73,5	89,6	17,3	23,023	8,601
U(µg/l)	0,7	3,5	2,2	1,8	4,4	4,7	0,7	0,885	0,073



Şekil 3. 37 İncelenen kuyu ve kaynakların maden cevherleşmelerine göre konumu

#### 3.6.14.1. Arsenik(As)

Bu mikroelement, hemen tüm topraklarda bulunmaktadır. Yoğunluk düzeyi arazinin jeolojik bileşimine bağlıdır. Çoğu kayacın minerallerinde bulunur. Arseniğin toksik işlevi, günümüzde, öncelikle insan kaynaklı kirlenme ile artmaktadır. Arsenik diğer elementler arasında, kurşunun ardından evcil hayvanlar ve insanlar için en büyük toksik risk faktörüdür. Arsenik toksik karakteristikleri bağlamında, organizmada biriken zehirler grubuna dâhil edilir(Örgün,2011).

Bu bağlamda, çalışma alanında 21 adet kuyu su numunesinde ve 7 su kaynağında Arsenik kirliliği araştırılmıştır. TSE-266, WHO ve EPA İçme suyu standartlarında olması istenen Arsenik(As) miktarı Tablo 3.39’da verilmiştir.

Tablo 3. 39 İçme ve kullanma suyu standartlarında Arsenik üst limit değerleri

İçme Suyu Standartları	TSE-266	WHO	EPA
Arsenik(mg/l)	0,05	0,05	0,05
Arsenik( $\mu$ g/l)	50	50	50

Buna göre, kuyulara ait su numuneleri ve kaynak su numuneleri verilen sınır değerinin altındadır. İçme suyu standartlarına uygundur.

#### 3.6.14.2. Bakır(Cu)

Bitkiler, hayvanlar ve insanlar için temel mikroelementtir. Hayvanların büyümesi ve verimliliklerini devam ettirebilmeleri için gerekli olan çoğu enzimin temel taşı niteliğindedir. Bakır içeriğindeki artış beraberinde belli hastalıkları getirir; bazı hastalıklar ise bakır içeriğindeki azalış ile karakterize edilir(Örgün,2011). Bu çalışmada kuyu ve kaynak su numunelerinde Bakır(Cu) araştırılmıştır.

Tablo 3. 40 İçme ve kullanma suyu standartlarında Bakır üst limit değerleri

İçme Suyu Standartları	TSE-266	WHO	EPA
Bakır(mg/l)	3	-	1
Bakır( $\mu$ g/l)	3000	-	1000

Buna göre, analizi yapılan tüm kuyu ve kaynak su numuneleri için Bakır(Cu) değerleri standartlara(Tablo 3.30) uygun olduğu görülmektedir. Göz kaynağı(K3), en yüksek içerikli Bakır(Cu) değerine sahip olmasına karşın belirtilen standartlardaki Bakır(Cu) sınır değerinin altındadır. Pasvanoğlu(2011)'e göre, Göz kaynağındaki bu yüksek değer, sülfütlü minerallerin oksidasyonu ile ilişkilidir.

#### 3.6.14.3. Demir(Fe)

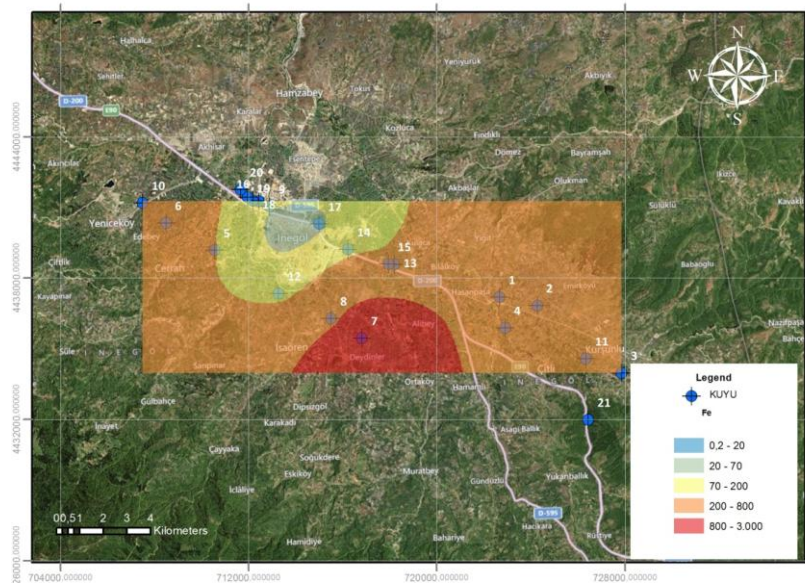
Tüm bitkiler, hayvanlar ve insanlar için gerekli temel bileşendir. Yaşamın devamı ve üreme sürecinde demirin işlevi çok önemlidir. Oksijenin akciğerlerden dokulara ulaşması, hücre solunumu, kırmızı kan hücrelerinin oluşumu için önemlidir. Büyümeyi hızlandırır(Örgün,2011).Eksikliğinin etkileri dışında suda fazla olması da çok istenmeyen bir durumdur. Demirin suda fazla miktarda olması suya kötü bir tat verir. Fazla demir ihtiva eden suyun sanayide ve günlük kullanımı zararlı sonuçlar doğurur. Bu çalışmada kuyu ve kaynak

su numunelerinde Demir(Fe) parametresi araştırılmıştır. Şekil 3.38’de kuyulara ait konsantrasyon haritası verilmiştir.

Tablo 3. 41 İçme ve kullanma suyu Standartlarında Demir üst limit değerleri

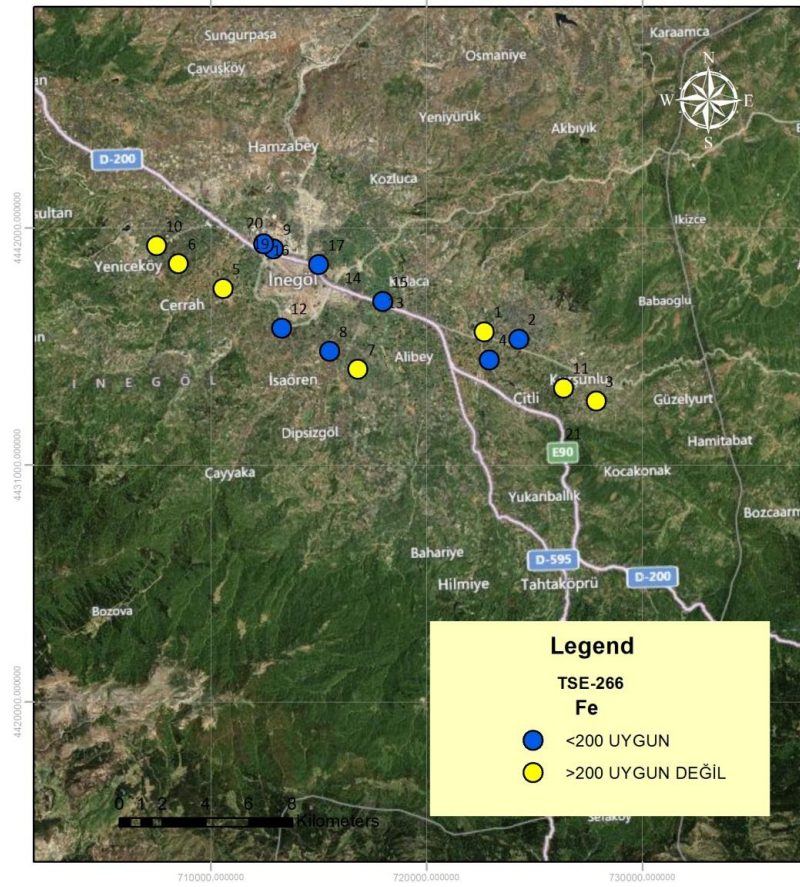
İçme Suyu Standartları	TSE-266	WHO	EPA
Demir(mg/l)	0,2	-	0,3
Demir(µg/l)	200	-	300

Buna göre ülkemizde geçerli olan TSE-266 içme suyu standartlarında(Tablo 3.41) belirtilen demir üst sınırları, 1(Süpürtü), 3(Özlüce), 5(Çeltikçi),6(Edebey),7(Deydinler), 10(Yenice) ve 11(Kurşunlu) no’lu kuyu su numunelerinde aşılmıştır. TSE-266 standartlarına uygun değildirler. 7,10 ve 11 no’lu su kuyularındaki, özellikle 7 no’lu kuyudaki çok yüksek değer göze çarpmaktadır(Şekil 3.39). Kaynak su numuneleri incelendiğinde, K3( Göz Kaynağı) ve K6(Kınık Maden suyu) TSE-266 içme suyu standartlarına uymadığı analizlerden anlaşılmaktadır. Göz Kaynağında, 1457,85 µg/l’lik yüksek değer göze çarpmaktadır. Demir(Fe), magmatik, metamorfik ve sedimenter kayalar içerisinde yaygın olarak bulunabilmektedir. Tahtaköprü’de demir işletmesi bulunmaktadır(Şekil 3.37).Bu parametreler kuyulardaki Demir(Fe) konsantrasyonuna etki edebilir.



Şekil 3. 38 Çalışma alanındaki incelenen kuyulara ait sularda Demir(Fe) dağılım haritası





Şekil 3. 39 İnceleme alanındaki kuyu su numunelerine ait Demir parametresinin TSE-266 standardı ile karşılaştırılması

#### 3.6.14.4. Nikel(Ni)

Nikel yeryüzünde yaygın olarak bulunmaktadır. Maden ocaklarından çevreye yayılımı gerçekleşir. Yer altı suyuna bu şekilde ulaşır. Metal alaşımlarda bulunmasından dolayı, içme suyuna tesisat borularından da geçebilir. Belirli miktarlarda alınması bitki, hayvan ve insanlar için gerekli iken fazlası ise hastalık yapıcı etki taşır. İnceleme alanındaki kuyu ve kaynaklarda Nikel parametresi araştırılmıştır ve İçme suyu standardı TSE-266(Tablo 3.42) ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, numunelerin Nikel değerlerinin standartlarda belirtilen üst limitin altında olmasından dolayı, tüm numuneler standartlara uygundur. K3(Göz kaynağı)kaynağı, sınır değere oldukça yakındır. Kalburt Dere’de Nikel konsantrasyonu oldukça yüksektir ve standardın yaklaşık 10 katı bir değere sahiptir(Tablo 3.38).

Tablo 3. 42 İçme ve kullanma suyu standartlarında Nikel üst limit değerleri

İçme Suyu Standartları	TSE-266	WHO	EPA
Nikel(mg/l)	0,02	0,02	-
Nikel( $\mu$ g/l)	20	20	-

#### 3.6.14.5. Alüminyum(Al)

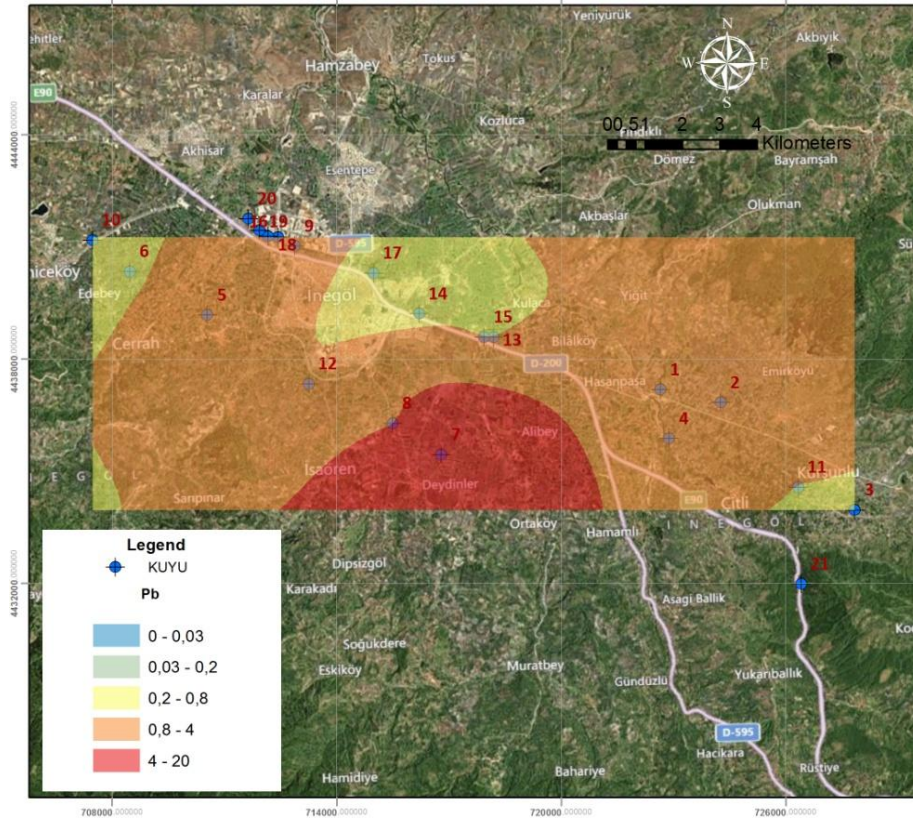
Yerkabuğunda en çok bulunan elementlerdendir. Kayaçların çözünmesi ile yer altı suyuna karışmaktadır. Alüminyum iyonu, sülfat, florür ve organik madde ile kuvvetli bileşik oluşturur. Bu sebeple bazı sularda yüksek derişimde bulunmaktadır. Fazla miktarda bünyede bulunması nörolojik hastalıklara sebep olabilir. İnceleme alanındaki kuyu ve kaynak su numunelerinde Alüminyum parametresi araştırılmıştır. Tablo 3.43’de içme suyu standartlarındaki Alüminyum üst limit değerleri verilmiştir.

Tablo 3. 43 İçme ve kullanma suyu standartlarında Alüminyum üst limit değerleri

İçme Suyu Standartları	TSE-266	WHO	EPA
Alüminyum(mg/l)	0,2	0,2	1
Alüminyum( $\mu$ g/l)	200	200	1000

Buna göre, İnceleme alanındaki kuyu su numuneleri TSE-266 içme suyu standartlarını karşılamaktadır. 7(Deydinler) numaralı kuyu su numunesi üst sınır değere oldukça yakındır(Şekil 3.30). Göz kaynağı ise TSE-266 içme suyu standardının yaklaşık 7,5 katı değere sahiptir. Standardı karşılamamaktadır. Diğer kaynak suları TSE-266 üst limitinin altındadır.





Şekil 3. 41 Çalışma alanındaki incelenen kuyulara ait Kurşun(Pb) dağılım haritası

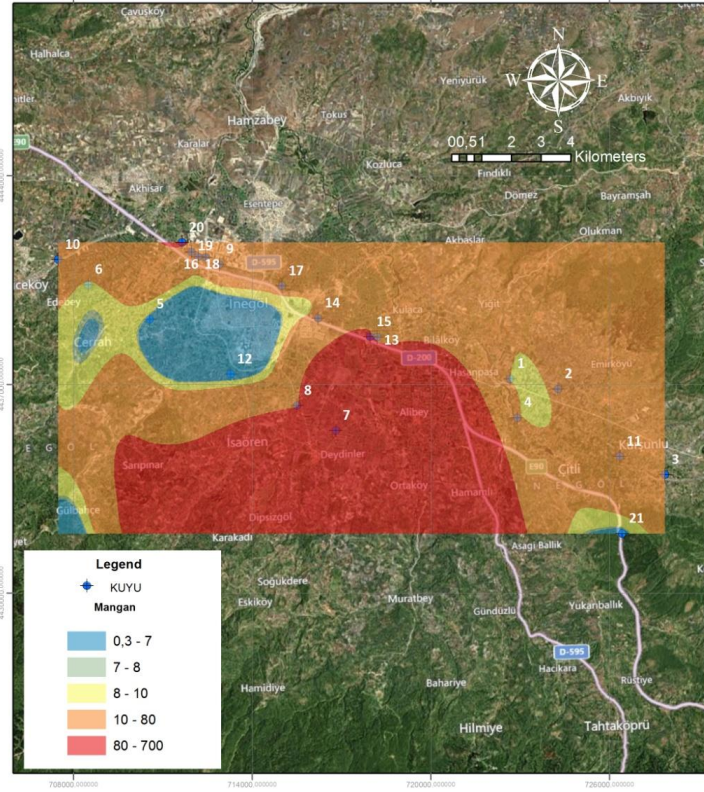
### 3.6.14.7. Mangan(Mn)

Mangan insan vücudu için gerekli olan bir elementtir. Eksikliği zararlıdır. Aynı şekilde vücuda fazla alımı, zehir etkisi yapar. Mangan parametresi inceleme alanındaki kuyu ve kaynaklarda araştırılmıştır(Şekil 3.42) ve TSE-266 standardı(Tablo 3.45) ile su numune verileri karşılaştırılmıştır(Şekil 3.43).

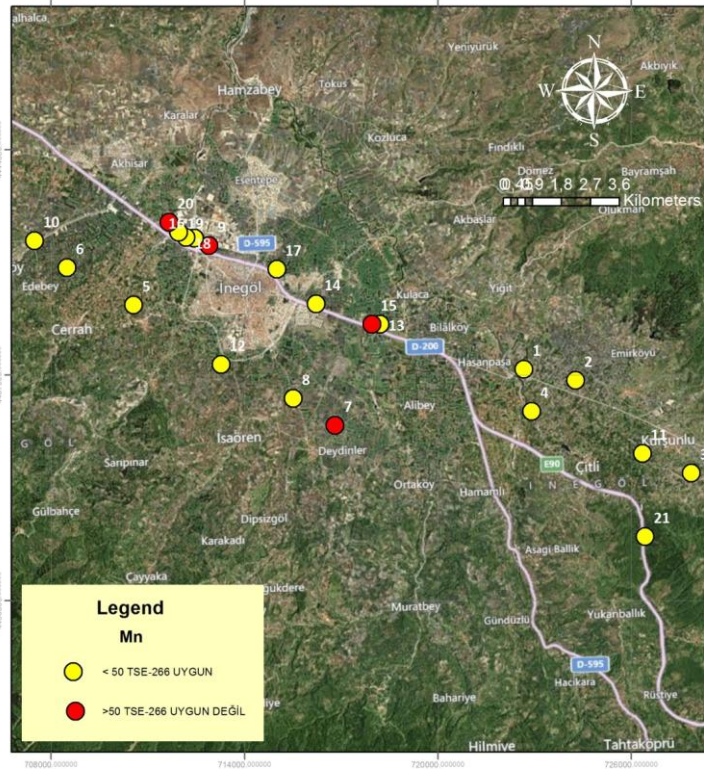
Tablo 3. 45 İçme ve kullanma suyu standartlarında Mangan üst limit değerleri

İçme Suyu Standartları	TSE-266	WHO	EPA
Mangan(mg/l)	0,05	0,5	0,05
Mangan( $\mu$ g/l)	50	500	50





Şekil 3. 42 Çalışma alanındaki incelenen kuyulara ait Mangan(Mn) dağılım haritası



Şekil 3. 43 İnceleme alanındaki kuyu su numunelerine ait Mn değerlerinin TSE-266 standardı ile karşılaştırılması

Buna göre, 7, 9, 15 ve 20 no'lu kuyularda Mn değeri oldukça yüksek değerdedir. Bu kuyular TSE-266 standartlarını karşılamamaktadırlar. Manganez, çoğunlukla olivin, piroksen ve amfibollerden gelmektedir. Bölgedeki magmatik ve metamorfik kayalar bu minerallerin kaynağını oluşturmaktadır.

#### 3.6.14.8. Bor(B)

Sulama suyunda istenmeyen bir parametredir. Suyun pH değerine göre farklı formlarda yer alabilir. İçme sularındaki yüksek bor, insan sağlığına olumsuz etkiler yapar. Mide ve bağırsak hastalıklarına sebebiyet verebilir. Tarımda toprağın gözenekliliğini düşür, bitkiler yeterli havayı alamaz olur. Verim düşümü gözlenir.

Tablo 3. 46 İçme ve kullanma suyu standartlarında Bor üst limit değerleri

İçme Suyu Standartları	TSE-266	WHO	EPA
Bor(mg/l)	1	2	2
Bor( $\mu$ g/l)	1000	2000	2000

İnceleme alanındaki tüm kuyu su numuneleri TSE-266 standart(Tablo 3.46) üst limitinin altındadır. Standartlara uygundur. Fakat kaynak su numunelerindeki Kırıkkale maden suyu belirtilen standart üst limitinin yaklaşık 7.5 kat üzerindedir. Kalburt derede yüksek Bor konsantrasyonu göze çarpmaktadır(Tablo 3.38). İnceleme alanına en yakın Bor madenleri Bursa Mustafa Kemalpaşa'ya bağlı Kestelek Köyünde ve Eskişehir-İnönü'dedir. İnceleme alanındaki yüksek değerlerin kaynağı olabilirler.

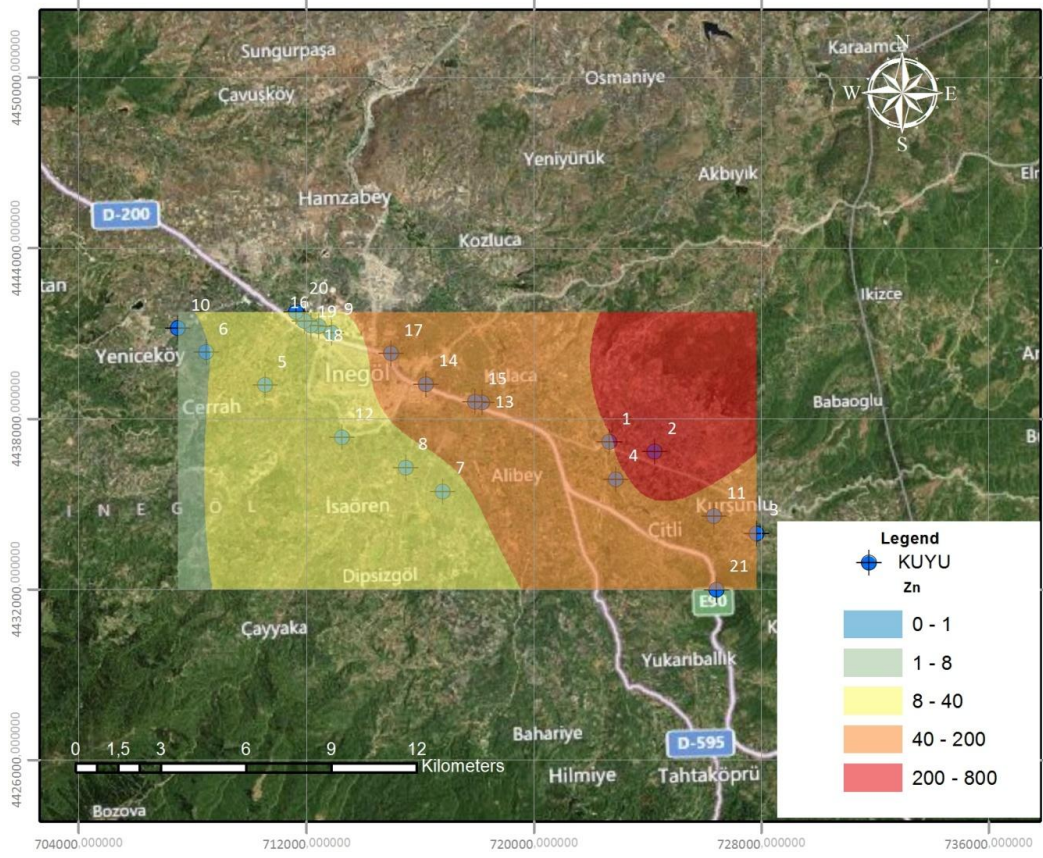
#### 3.6.14.9. Çinko(Zn)

Canlı yaşamı için gerekli elementlerdendir. Eksikliği zararlı etkiler yapar. Aynı şekilde fazla alımı vücutta toksik etki yapar. İnceleme alanındaki kuyu ve kaynak su numunelerinde Çinko elementi konsantrasyonu araştırılmıştır. TSE-266 standardı(Tablo 3.47) ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 3. 47 İçme ve kullanma suyu standartlarında Çinko üst limit değerleri

İçme Suyu Standartları	TSE-266	WHO	EPA
Çinko(mg/l)	5		5

Çinko( $\mu\text{g/l}$ )	1000	2000	2000
--------------------------	------	------	------



Şekil 3. 44 Çalışma alanındaki incelenen kuyulara ait Çinko(Zn) dağılım haritası

Buna göre, tüm kuyu ve kaynak su numuneleri TSE-266 standardına uygundur. 2 numaralı Yenice’de bulunan kuyudaki yüksek Çinko konsantrasyonu göze çarpmaktadır(Şekil 3.44).

### 3.6.15. Suların Sınıflandırılması

Jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal incelemelerin yapıldığı İnegöl(Bursa) Akiferine ait kuyu ve kaynakların hidrojeokimyasal özellikleri Schoeller, Piper ve Durov diyagramları ile belirlenmiştir. Bu diyagramların önemi, sulardaki hâkim anyon ve katyonları belirleyebilmek ve görselleştirmektir. Sırası ile bu diyagramlardan elde edilen veriler açıklanacaktır.

#### 3.6.15.1. Schoeller'e Göre Suların Sınıflandırılması

Schoeller diyagramında logaritmik bir düşey eksen ve yatay eksen ise majör anyon ve katyonların yer aldığı iyonlar yerleştirilmiş durumdadır. Bu iyonların konsantrasyon değerleri meq/lt cinsinden yatay ve düşey eksenlerle kesiştirilir. Schoeller suları; klorür, sülfat ve bikarbonat miktarlarına göre sınıflamaktadır (Schoeller, 1955). Bu sınıflama şu şekildedir;

Tablo 3. 48 Klorür derişimi sınıflaması

<b>KLORÜR DERİŞİMİ</b>	
Hiperklorürlü Sular	Klorür Miktarı 700meq/l'den doygunluğa kadar olan sular
Klorotalastik Sular	Klorür Miktarı 420-700 meq/l arasındaki sular
Klorürce zengin Sular	Klorür Miktarı 140-420 meq/l arasındaki sular
Orta Klorürlü Sular	Klorür Miktarı 40-140 meq/l arasındaki sular
Oligoklorürlü Sular	Klorür Miktarı 15-40 meq/l arasındaki sular
Normal Klorürlü Sular	Klorür Miktarı 15 meq/l'den az sular

Yapılan analizlerde İnegöl(Bursa) akiferindeki tüm su örnekleri “Normal Klorürlü Sular” sınıfına dâhildir.

Tablo 3. 49 Sülfat derişimi sınıflaması

<b>SÜLFAT DERİŞİMİ</b>	
Hiposülfatlı Sular	Sülfat Miktarı 58 meq/l'den fazla Sular
Sülfatlı Sular	Sülfat Miktarı 24-58 meq/l arasındaki Sular
Oligosülfatlı Sular	Sülfat Miktarı 6-24 meq/l arasındaki Sular
Normal Sülfatlı Sular	Sülfat Miktarı 6 meq/l'den az Sular

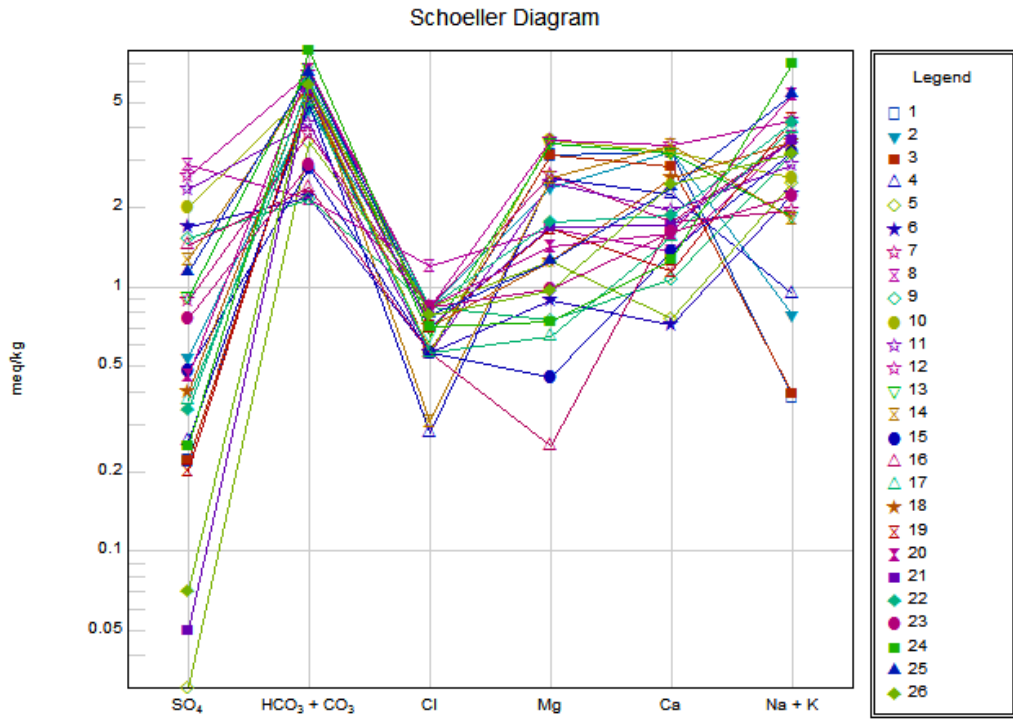
Yapılan analizlerde 102 no'lu su numunesi "Oligosülfatlı Sular" sınıflamasına dâhildir. Diğer tüm kuyu ve kaynaklara ait su numuneleri "Normal Sülfatlı Sular" sınıflamasına girmektedir.

Tablo 3. 50 Karbonat-Bikarbonat derişimi sınıflaması

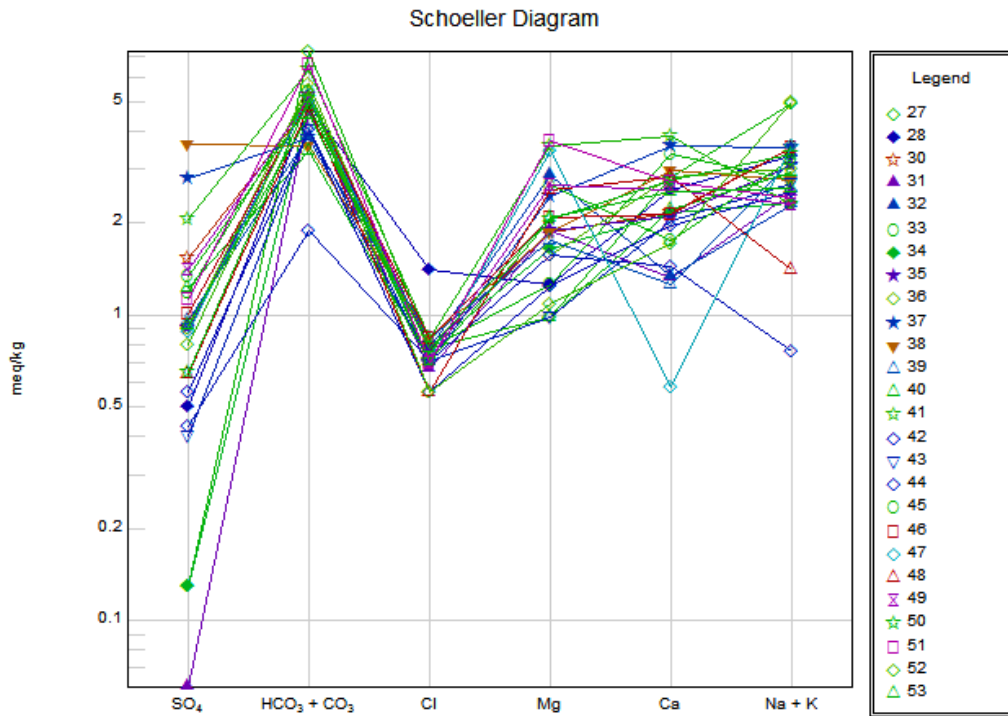
<b>KARBONAT – BİKARBONAT DERİŞİMİ</b>	
Hiperkarbonatlı Sular	$\text{HCO}_3^-$ ve $\text{CO}_3^-$ toplam miktarı 7 meq/l'den fazla olan Sular
Normal Karbonatlı Sular	$\text{HCO}_3^-$ ve $\text{CO}_3^-$ toplam miktarı 2-7 meq/l arasındaki Sular
Hipokarbonatlı Sular	$\text{HCO}_3^-$ ve $\text{CO}_3^-$ toplam miktarı 2 meq/l'den az olan Sular

Yapılan analizlerde 12, 27, 66, 67, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 80, 83, 84, 85, 87, 94, 96, 103 ve 109 no'lu kuyular " Hiperkarbonatlı Sular" sınıfına dâhildir. 6 no'lu kuyu "Hipokarbonatlı Sular" ve diğer tüm kuyulara ait su numuneleri " Normal Karbonatlı Sular" sınıfına dâhildir. K1 kaynağı ve K8 kaynağı "Hiperkarbonatlı Sular" sınıfındadır. K3 kaynağı "Hipokarbonatlı Sular", K2,K4, K5,K6 ve K7 kaynakları " Normal Karbonatlı Sular" sınıfına dâhildir. İnceleme alanından alınan su örnekleri karakteristiği belirlenmesi amacıyla Schoeller diyagramına yerleştirilmiştir(Şekil 3.45, 3.46,3.47, 3.48, 3.49,3.50).



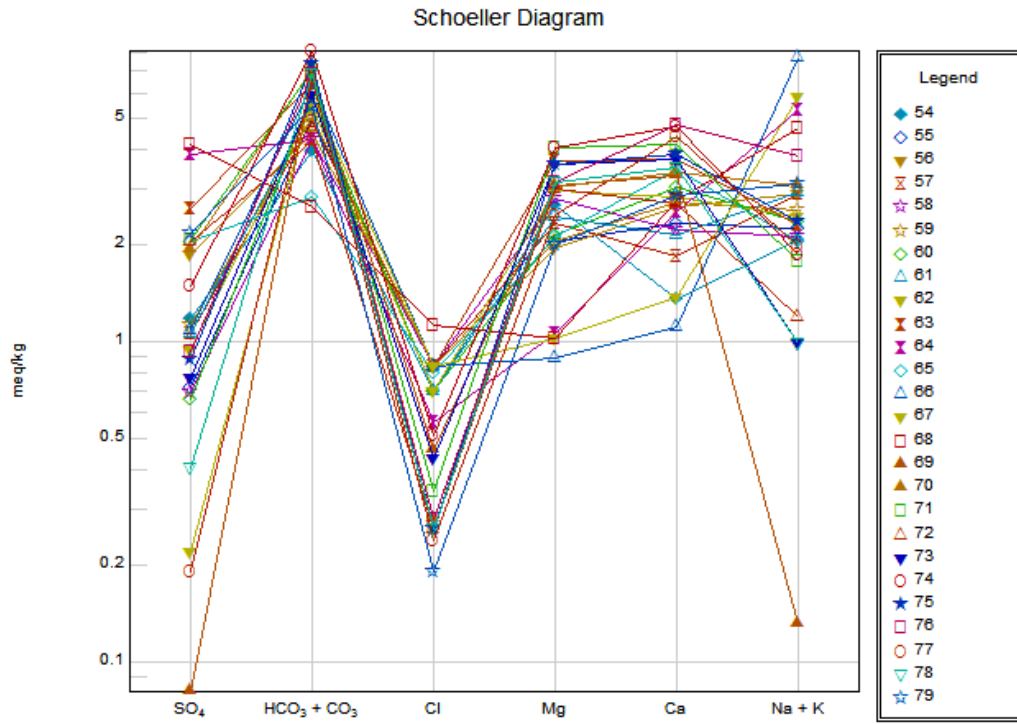


Şekil 3. 45 1-26 no'lu kuyulara ait Schoeller diyagramı

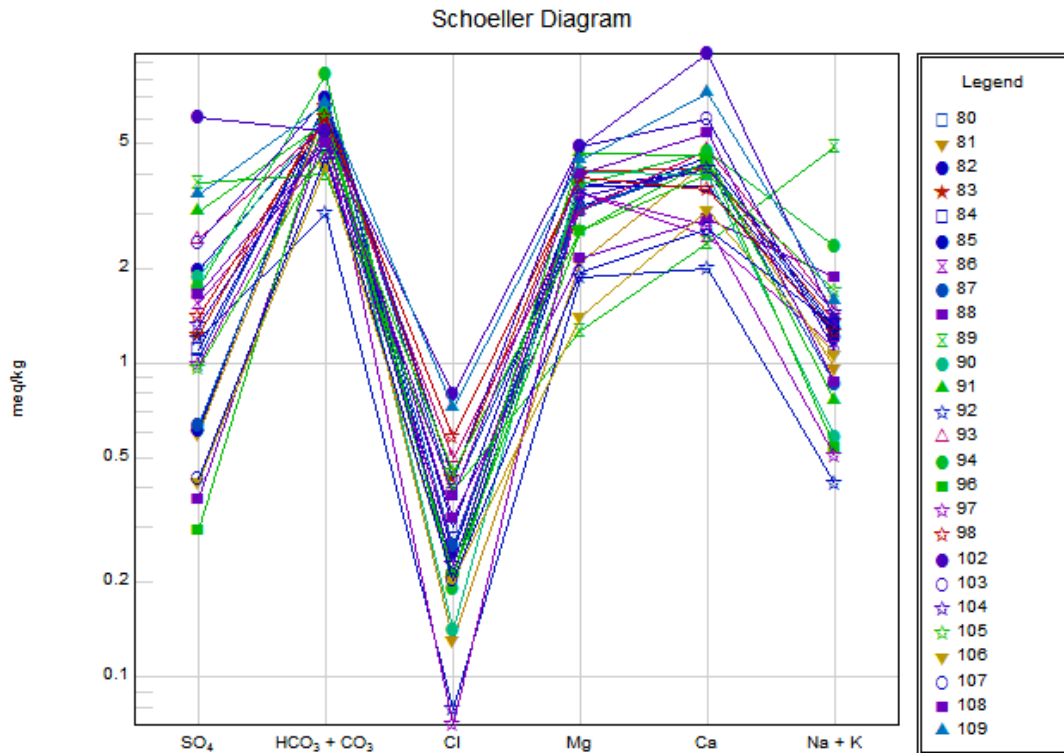


Şekil 3. 46 27- 53 no'lu kuyulara ait Schoeller diyagramı

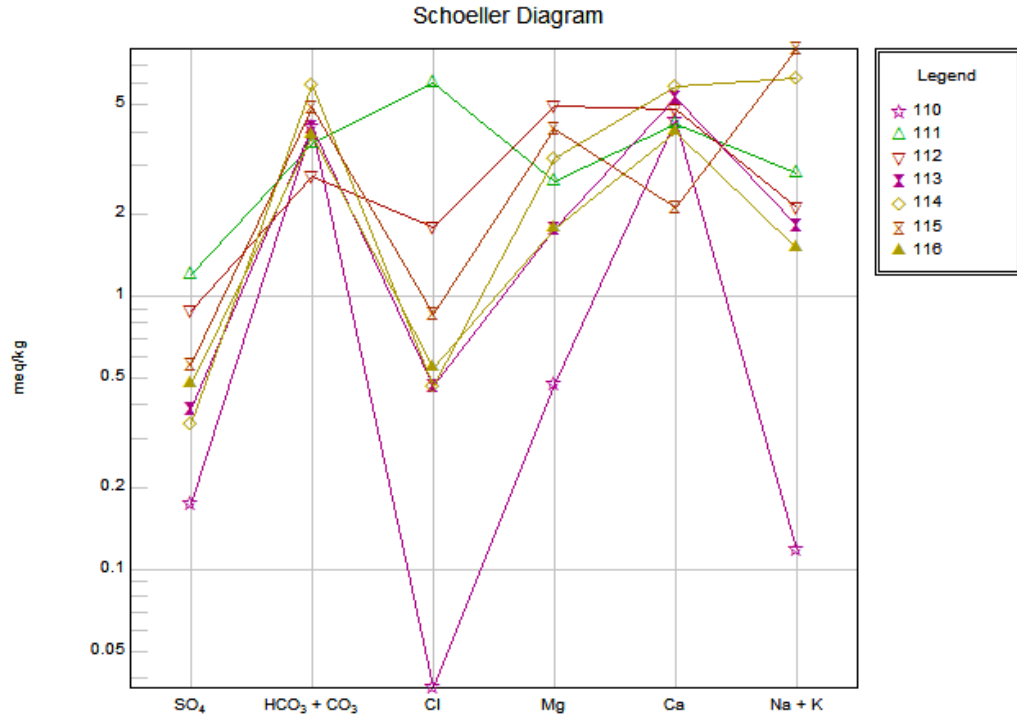




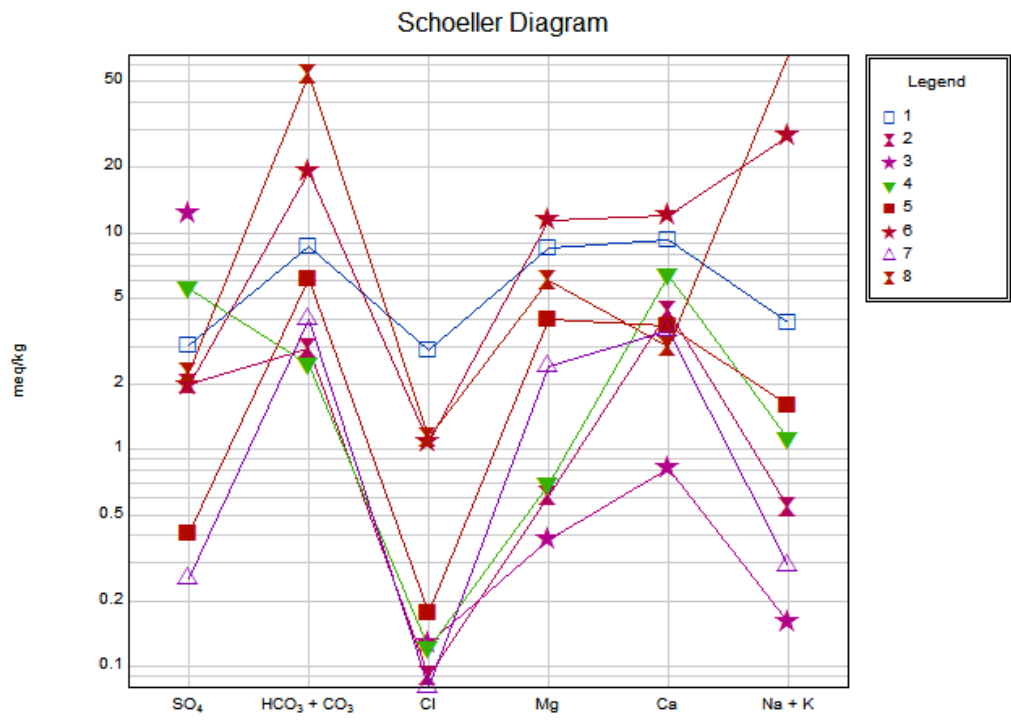
Şekil 3. 47 54-79 no'lu kuyulara ait Schoeller diyagramı



Şekil 3. 48 80-109 no'lu kuyulara ait Schoeller diyagramı



Şekil 3. 49 110-116 no'lu kuyulara ait Schoeller diyagramı



Şekil 3. 50 Kaynaklara ait Schoeller diyagramı

Tablo 3. 51 İnegöl(Bursa) Akiferine ait kuyu sularının Schoeller Diyagramına göre iyon sıralaması

Kuyu No	Hidrokimyasal Fasiyes	Katyonlar	Anyonlar
14,41,48,63,65,70,71,73,74,75,78,80,81,82,83,84,85,87,88,90,92,93,94,96,98,102, 103, 104, 105,106, 108, 109, 110, 113	Ca-HCO <sub>3</sub>	r(Ca <sup>+2</sup> )> r(Mg <sup>+2</sup> )> r(Na <sup>+</sup> )	r(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )> r(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )> r(Cl <sup>-</sup> )
33,37,38,59,76,116	Ca-HCO <sub>3</sub>	r(Ca <sup>+2</sup> )> r(Na <sup>+</sup> ) > r(Mg <sup>+2</sup> )	r(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )> r(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )> r(Cl <sup>-</sup> )
9,16,25,30,40,42,52,53,56,64,66,67,79,89,35,36,46,	Na-HCO <sub>3</sub>	r(Na <sup>+</sup> )> r(Ca <sup>+2</sup> ) > r(Mg <sup>+2</sup> )	r(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )> r(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )> r(Cl <sup>-</sup> )
1,2,69,77,116	Ca-HCO <sub>3</sub>	r(Ca <sup>+2</sup> )> r(Mg <sup>+2</sup> )> r(Na <sup>+</sup> )	r(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )> r(Cl <sup>-</sup> ) > r(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )
55,66	Ca-HCO <sub>3</sub>	r(Ca <sup>+2</sup> )> r(Na <sup>+</sup> ) > r(Mg <sup>+2</sup> )	r(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )> r(Cl <sup>-</sup> ) > r(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )
5,19,31,115	Na-HCO <sub>3</sub>	r(Na <sup>+</sup> ) > r(Mg <sup>+2</sup> )> r(Ca <sup>+2</sup> )	r(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )> r(Cl <sup>-</sup> ) > r(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )
111	Ca-Cl	r(Ca <sup>+2</sup> )> r(Na <sup>+</sup> ) > r(Mg <sup>+2</sup> )	r(Cl <sup>-</sup> ) > r(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )> r(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )
3,4,44,58,112	Mg-HCO <sub>3</sub>	r(Mg <sup>+2</sup> )> r(Ca <sup>+2</sup> )> r(Na <sup>+</sup> )	r(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )> r(Cl <sup>-</sup> ) > r(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )
7,32,51,54	Mg-HCO <sub>3</sub>	r(Mg <sup>+2</sup> )> r(Na <sup>+</sup> )> r(Ca <sup>+2</sup> )	r(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )> r(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )> r(Cl <sup>-</sup> )
68	Na-SO <sub>4</sub>	r(Na <sup>+</sup> )> r(Ca <sup>+2</sup> ) > r(Mg <sup>+2</sup> )	r(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )> r(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )> r(Cl <sup>-</sup> )
8	Na-SO <sub>4</sub>	r(Na <sup>+</sup> ) > r(Mg <sup>+2</sup> )> r(Ca <sup>+2</sup> )	r(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )> r(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )> r(Cl <sup>-</sup> )
6,11,12, 39,45,47,57,61,	Na-HCO <sub>3</sub>	r(Na <sup>+</sup> ) > r(Mg <sup>+2</sup> )> r(Ca <sup>+2</sup> )	r(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )> r(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )> r(Cl <sup>-</sup> )
10,13,49,51,62,72,86,90,91,97,98	Mg-HCO <sub>3</sub>	r(Mg <sup>+2</sup> )> r(Ca <sup>+2</sup> )> r(Na <sup>+</sup> )	r(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )> r(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )> r(Cl <sup>-</sup> )
15,17,18,20,21,22,23,24,26,27,28,34,43,50,67,114	Na-HCO <sub>3</sub>	r(Na <sup>+</sup> )> r(Ca <sup>+2</sup> ) > r(Mg <sup>+2</sup> )	r(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )> r(Cl <sup>-</sup> ) > r(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )

Çalışma alanındaki kuyulara ait su numuneleri(Tablo 3.51), Scholler diyagramında incelendiğinde, iyon dağılımlarının farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Baskın katyonun Ca<sup>+2</sup> iyonu, baskın iyonun ise HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> olduğu görülmektedir. Çoğunlukla Ca-HCO<sub>3</sub> fasiyesine ait sular bulunmakla beraber, Na-HCO<sub>3</sub>, Mg-HCO<sub>3</sub>,Na-SO<sub>4</sub> ve Ca-Cl tipinde sular da bulunmaktadır.

Tablo 3. 52 İnegöl(Bursa) Akiferindeki kaynak ve dere sularının Scholler Diyagramına göre iyon sıralaması

Kaynak No	Hidrokimyasal Fasiyes	Katyonlar	Anyonlar
K1,K7	Ca-HCO3	$r(\text{Ca}^{+2}) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Na}^+)$	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
K2	Ca-HCO3	$r(\text{Ca}^{+2}) > r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
K3	Ca-SO4	$r(\text{Ca}^{+2}) > r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^{+2})$	$r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
K4	Ca-SO4	$r(\text{Ca}^{+2}) > r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^{+2})$	$r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{Cl}^-)$
K5	Mg-HCO3	$r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Ca}^{+2}) > r(\text{Na}^+)$	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
K6	Na-HCO3	$r(\text{Na}^+) > r(\text{Ca}^{+2}) > r(\text{Mg}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
K8	Na-HCO3	$r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Ca}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
Kalburt Dere	Ca-HCO3	$r(\text{Ca}^{+2}) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Na}^+)$	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
Oylat Dere	Ca-HCO3	$r(\text{Ca}^{+2}) > r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$

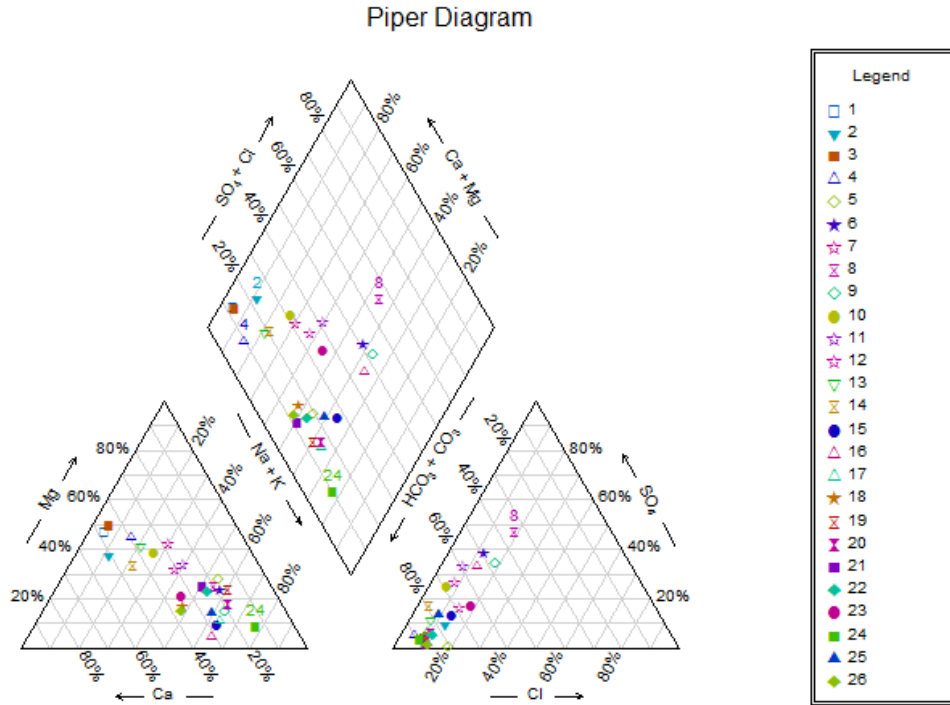
İnceleme alanındaki kaynaklar(Tablo 3.52) incelendiğinde kuyu su numunelerine ait dağılımın kaynak sularında da benzer şekilde olduğu görülmektedir. Baskın katyon  $\text{Ca}^{+2}$  iyonu, baskın anyon ise  $\text{HCO}_3^-$ 'tür. K6 ve K8 kaynakları Na-HCO3 tipinde, K5 kaynağı Mg-HCO3 tipinde ve K3 ve K4 kaynakları ise Ca- SO4 tipinde olduğu görülmektedir. Kalburt dere ve Oylat dere Ca-HCO3 fasiyes tipindedir.

Na-HCO3 tipli sular, düşük hidrolik iletkenliğe sahip akiferlerdeki yavaş dolaşımdan dolayı kayalarla temas süresinin uzaması sonucu iyon miktarınca artmış yeraltı sularının bir göstergesidir. Ca ve Mg HCO3 tipli sular, sığ kuşaklarda hızlı dolaşan, düşük iyon derişimine sahip yer altı sularına işaret edebilir. Na-SO4, Ca-SO4 ve Ca- Cl tipi sular evaporitler, asit maden drenajları ve diğer kirleticiler(evsel atıklar, organize sanayi faaliyetleri vb.) ile ilişkilendirilebilir.

### 3.6.15.2. Piper'e Göre Suların Sınıflaması

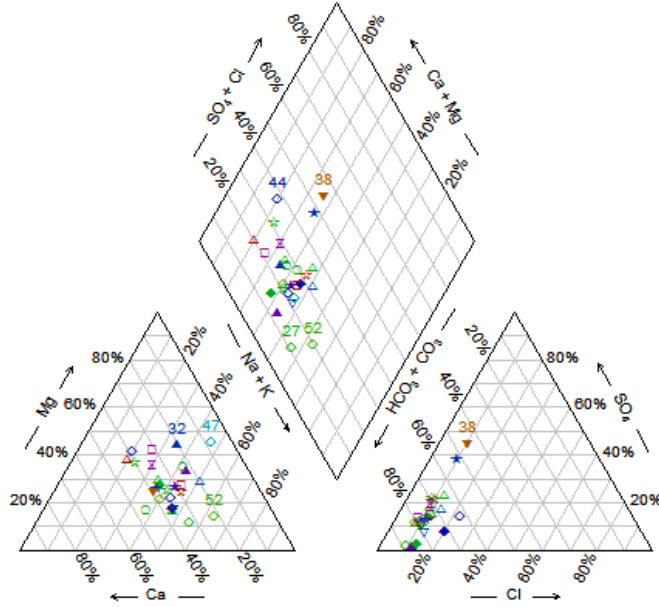
Suların katyon- anyon yapısını ve bunların ilişkisini gösterebilmek amacıyla Piper(1944) diyagramı kullanılmıştır. Bu diyagram 1 eşkenar dörtgen ve 2 eşkenar üçgenden oluşur. Eşkenar üçgenlerin kenarları 50 eşit parçaya bölünerek, bir diyagram hazırlanmıştır. Anyon ve katyonlar meq/lt cinsinden değerlendirilerek, % cinsinden diyagrama işaretlenir. Suların Piper'e göre sınıflaması yapılır. İnceleme alanındaki kuyulara ve kaynaklara ait veriler Piper diyagramına yerleştirilmiştir. Kuyular için Kimyasal analiz değerlerinin üçgen diyagramlarda

gösterdikleri değişimler; katyonlar için hazırlanan diyagramda Ca, Na ve Mg iyonlarının hâkim olduğu sular sınıfında; anyonlar için hazırlanan diyagramda, suların  $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$  iyonlarının hâkim olduğu sular sınıfına girmektedirler. Bu durumda bölgedeki suların “Kalsiyumlu-Sodyumlu-Magnezyumlu/Karbonat-Bikarbonat-Sülfatlı” sular oldukları görülmektedir. İnceleme alanındaki suların büyük bir kısmı (Paralel kenar diyagramda) alkali toprak elemanları alkali elementlerden ( $\text{Ca} + \text{Mg} > \text{Na} + \text{K}$ ) büyük olan sular sınıfındadır. Az bir kısmı da karışık sulardır. Zayıf asidik kökleri güçlü asidik köklerinden ( $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3 > \text{Cl} + \text{SO}_4$ ) büyüktür.



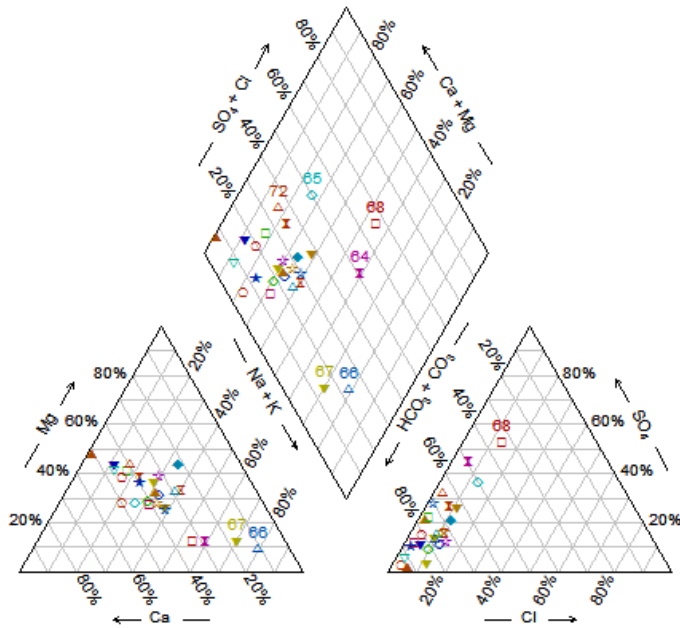
Şekil 3. 51 1-26 no'lu kuyulara ait Piper diyagramı

Piper Diagram



Şekil 3. 52 27-53 no'lu kuyulara ait Piper diyagramı

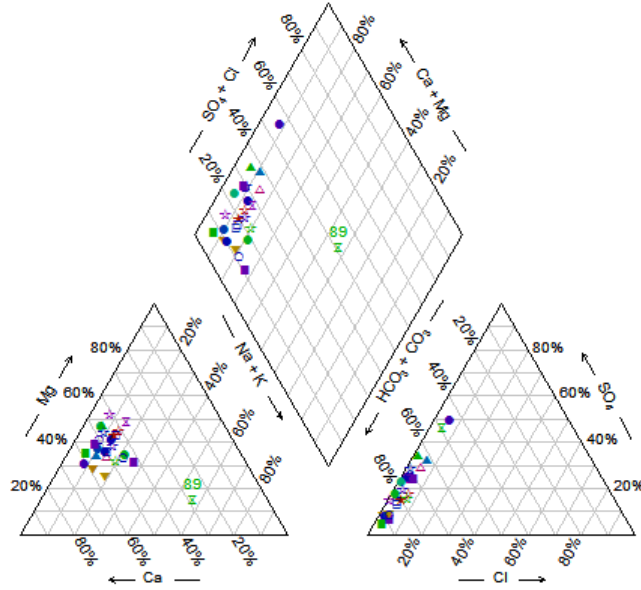
Piper Diagram



Şekil 3. 53 54-79 no'lu kuyulara ait Piper diyagramı

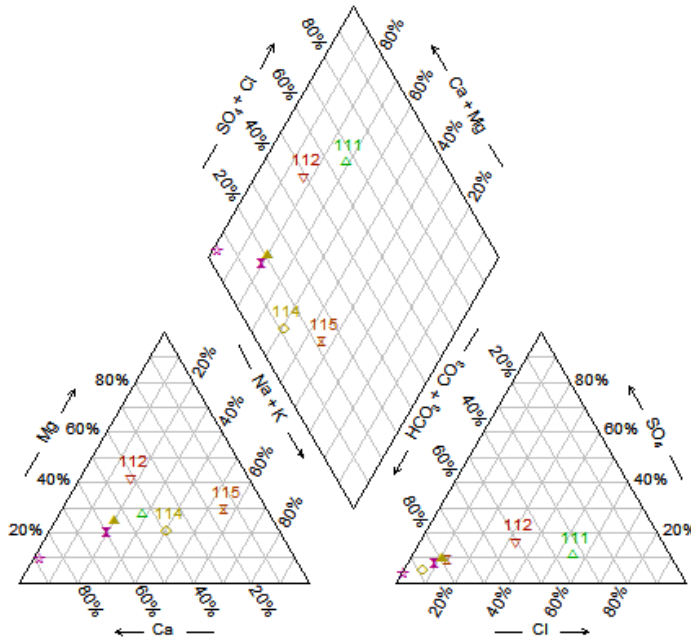


Piper Diagram

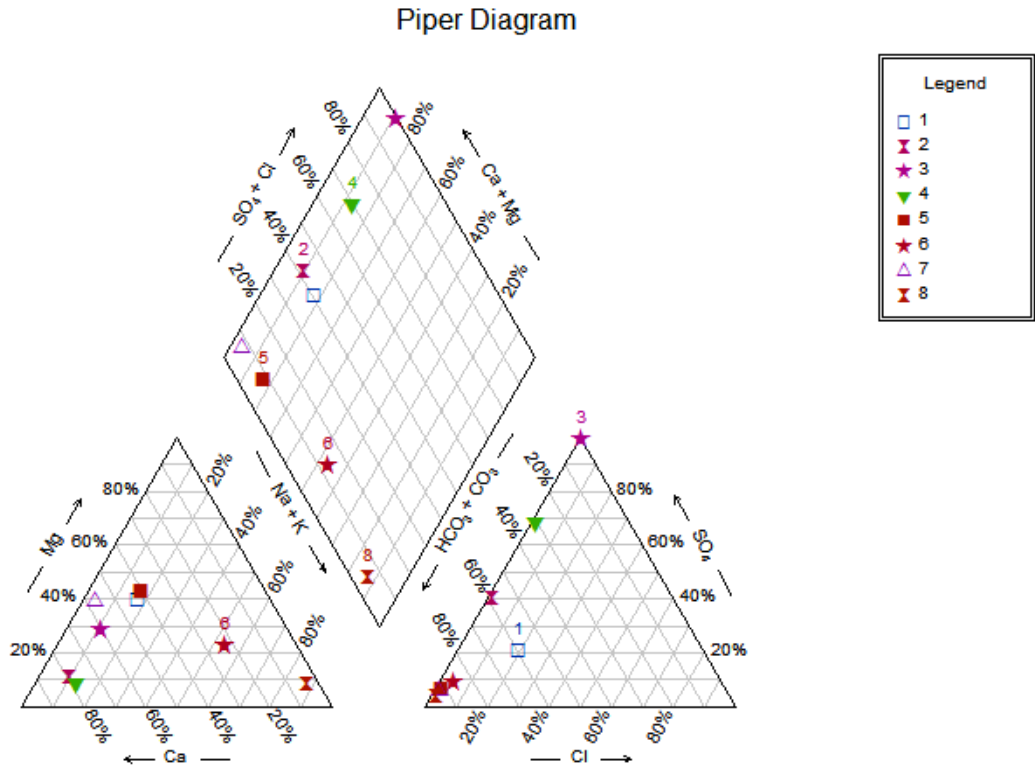


Şekil 3. 54 80- 109 no'lu kuyulara ait Piper diyagramı

Piper Diagram



Şekil 3. 55 110- 116 no'lu kuyulara ait Piper diyagramı



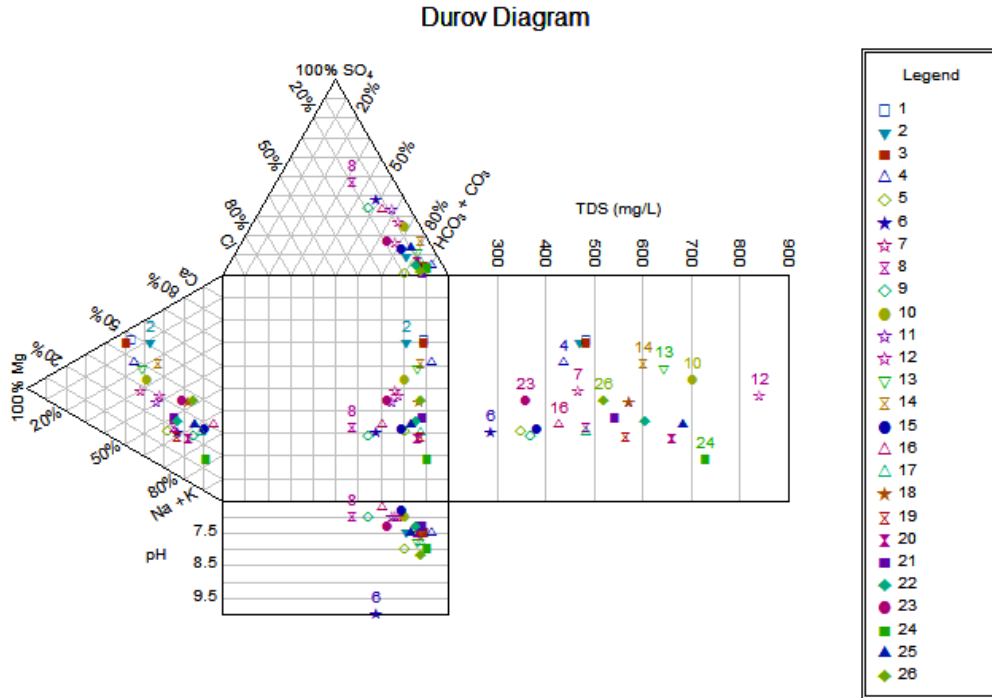
İnceleme alanındaki kaynaklardan elde edilen kimyasal veriler ışığında oluşturulan Piper diyagramı Şekil 3.56’da gösterilmiştir. 1 no’lu kaynağın(Gündüzlü Köyü-İçme suyu kaynağı), Kalsiyum, Magnezyum ve Bikarbonatça zengin olduğu görülmektedir. 2 no’lu kaynağın(Hilmiye Köyü yakını-İçme suyu kaynağı), Potasyum, Sodyum ve Bikarbonatça zengin olduğu diyagramda gösterilmektedir. 3 no’lu kaynağın(Göz Kaynağı-Oylat Yolu Üzeri), Kalsiyum, Sodyum, Sülfat ve Bikarbonatça zengindir. 4 no’lu kaynak(Oylat Termal suyu),Kalsiyum ve Bikarbonatça zengindir. 5 no’lu kaynağın (Hamamlı Köprüsü yakını-İçme suyu kaynağı) Magnezyum, Kalsiyum ve Bikarbonatça zengin olduğu görülmektedir.6 no’lu kaynağın(Kınık Maden Suyu), Sodyum, Kalsiyum ve Bikarbonatça zengin olduğu diyagramda görülmektedir.7 no’lu kaynak(Mezit İçme suyu kaynağı-Mezit Köyü yakını),Kalsiyum, Magnezyum ve Bikarbonatça zengindir. 8 no’lu kaynak(Çitli Maden suyu-Çitli Köyü yakını) ise Sodyum-Potasyum ve Bikarbonatlı sulardır.

### 3.6.15.3. Durov'a Göre Suların Sınıflaması

Durov(1948), suların karakteristiğini tanımlamada kullanılan diyagramlardan bir tanesidir. Bu diyagramda majör anyon ve majör katyonları gösteren 2 adet eşkenar üçgen, pH değerlerini gösteren 1 adet dikdörtgen, TDS(Total Dissolved Solids)'yi mg/l'ten ifade eden 1 adet dikdörtgen ve bütün verilerin kesişimini gösteren ortada bulunan 1 adet kareden oluşmaktadır. Bu diyagramın avantajı anyon ve katyon verilerini pH ve TDS ile ilişkili ifade imkânı sunmasıdır.

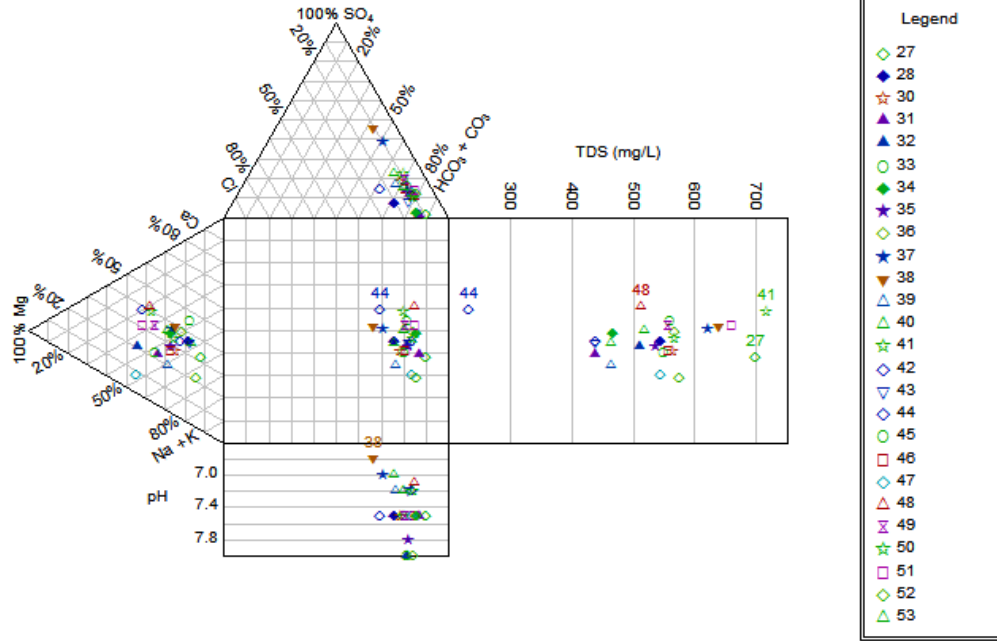
İnegöl(Bursa) Akiferine ait kuyu sularının Durov diyagramları Şekil 3.57, 3.58, 3.59,3.60 ve 3.61'de, kaynak sularına ait Durov diyagramı ise Şekil 3.62'de gösterilmiştir. Kuyu sularına ait Durov diyagramları incelendiğinde pH değerlerinin 7-7.5 aralığında yoğunlaştığı ve TDS değerlerinin 400-800 mg/l aralığında olup, 1000 mg/l altında olduğu görülmektedir. Hakim katyonun Ca olduğu görülmekle beraber, hakim iyonun olmadığı su numuneleri de çoğunluktadır. Hâkim anyon HCO<sub>3</sub>'tür.

Şekil 3.62'de verilen Durov diyagramında görüldüğü üzere, kaynakların pH değerleri çoğunlukla 6-8 arasındadır.K3(Göz kaynağı) çok düşük pH değeri ile gruptan ayrılmaktadır. TDS değerleri göz önüne alındığında 800-7000 mg/l aralığında geniş bir dağılım gözle çarpılmaktadır. K6 ve K8'in TDS miktarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir.



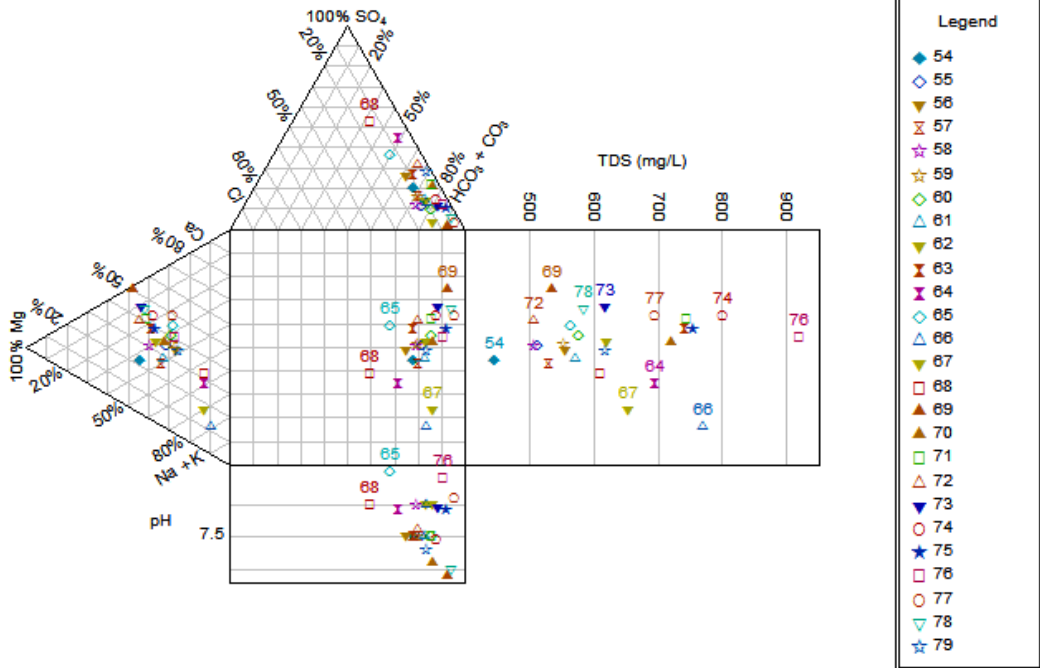
Şekil 3. 57 1-26 no'lu kuyulara ait Durov diyagramı

Durov Diagram



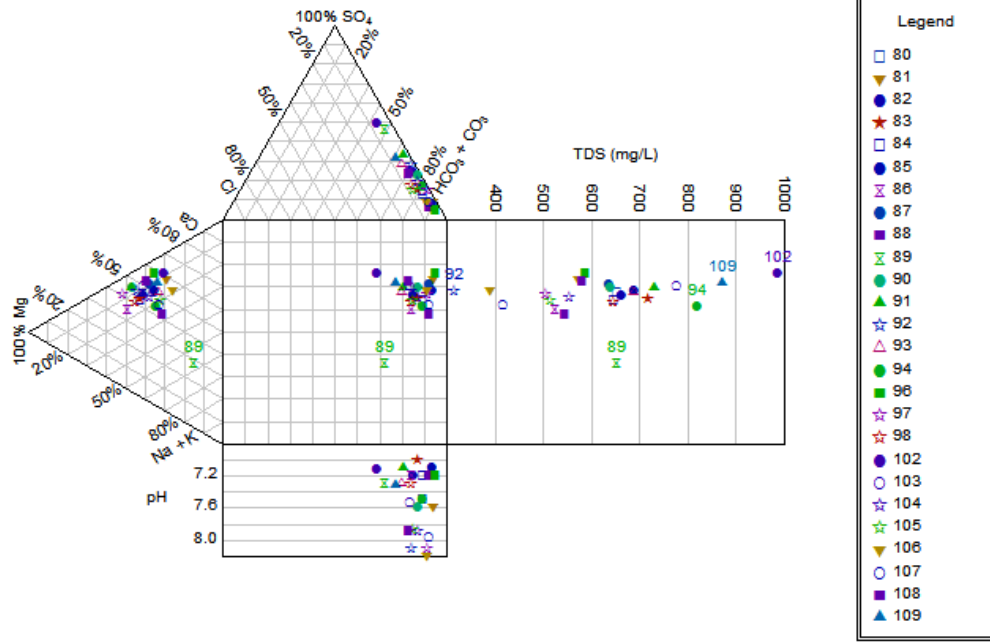
Şekil 3. 58 27-53 no'lu kuyulara ait Durov diyagramı

Durov Diagram



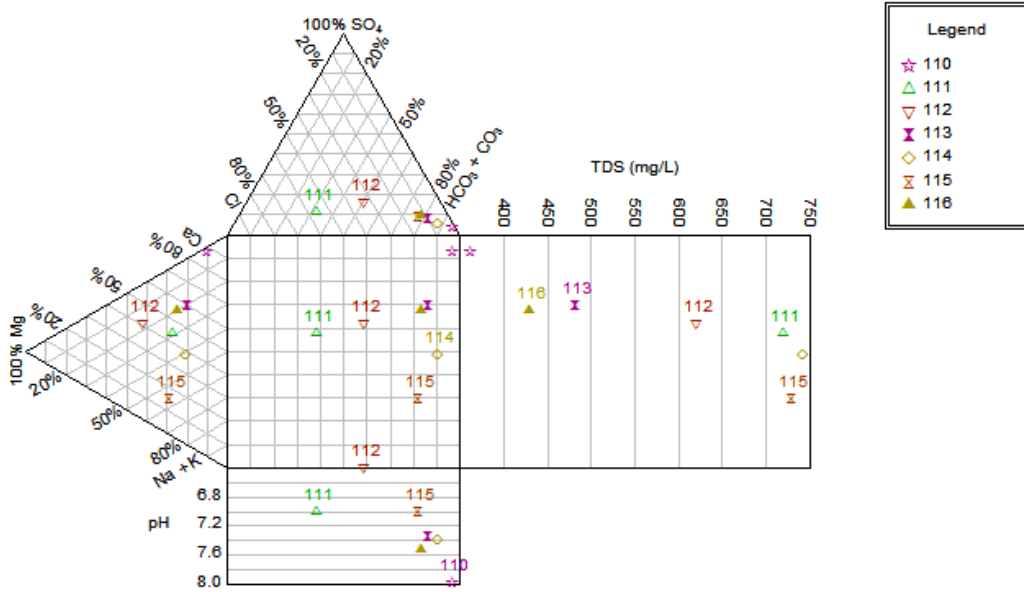
Şekil 3. 59 54-79 no'lu kuyulara ait Durov diyagramı

Durov Diagram

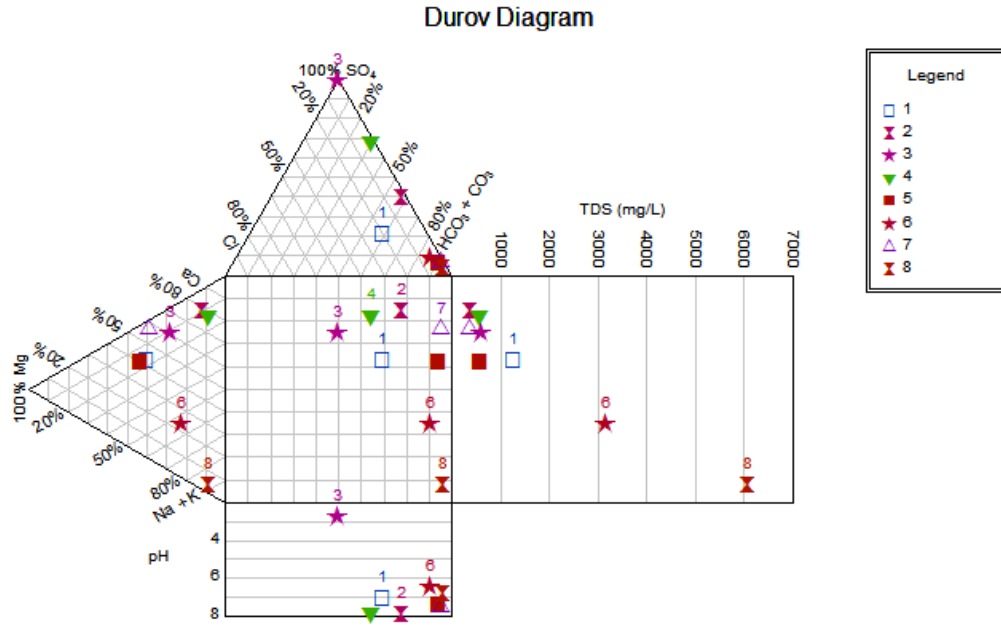


Şekil 3. 60 80-109 no'lu kuyulara ait Durov diyagramı

Durov Diagram



Şekil 3. 61 110- 116 no'lu kuyulara ait Durov diyagramı



Şekil 3. 62 Kaynaklara ait Durov diyagramı

### 3.6.16. Suların Sulamada Kullanım Özellikleri

Tarımda yüksek verim alabilmek ülkelerin ekonomisi açısından önemli bir husustur. Bu bağlamda yeraltı ve yerüstü suların kimyasal açıdan durumlarının bilinmesi gereklidir. Sulama sularının özellikleri incelendiğinde, suya tuzluluk kazandıran iyonların varlığı ve ağır metallerin de verim düşürücü olduğu gözlenmiştir. Suyu tuzluluk kazandıran Sodyum iyonu, toprağa nüfuz ederek, Kalsiyum ile yer değiştirmektedir. Bu durum toprağın havalanmasını azaltıcı etki yapar. Bitkilere zarar verir. Sulama sınıflaması yapılırken en çok kullanılan parametreler; Sodyum iyon miktarı ve Elektriksel İletkenlik(EC)tir. Suların bu karakteristiğini ortaya koyabilmek açısından, ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı ve Wilcox Diyagramı diyagramları yaygın kullanılmaktadır.

#### 3.6.16.1. Sodyum Adsorbisyon Oranı (SAR)

Sulama suyunun kalitesinin belirlenmesi için önemli bir parametredir. Sodyum(Na) miktarı, toprağın geçirimliliğine etki eder ve azaltır. Sulamadan sonra toprak üzerinde sert bir kabuk oluşturur. Bu sebeple bitki için olumsuz bir ortam meydana gelir. Buna göre, yapılan



analizlerde İnegöl Havzası'ndaki tüm kuyu suları SAR sınıflamasına (Tablo 3.53) göre "Çok İyi Özellikteki Sulama Suları" sınıfına girmektedir.

SAR değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır;

$$\text{SAR (Sodyum Adsorbisyon Oranı)} = \text{Na} / [(\text{Ca} + \text{Mg})/2]^{1/2}$$

Suların SAR sınıflaması (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954) ise şöyledir;

Tablo 3. 53 SAR sınıflaması

SAR	Tanım
<10	Çok İyi Özellikteki Sulama Suları
10-18	İyi Özellikteki Sulama Suları
18-26	Orta Özellikteki Sulama Suları
>26	Fena Özellikteki Sulama Suları

### 3.6.16.2. Sodyum Yüzdesi (% Na)

Sodyum bileşikleri suda kolay çözüldükleri için, bütün yeraltı sularında bulunurlar. Sodyum içeren halit, sodalit, alkali feldspat ve sodyumlu diğer mineraller, yağış suları ile kolayca çözünürler ve doğal sulara karışırlar. Tuzlu bir tat veren Sodyum iyonunun miktarı önemlidir. Sodyumun bitki ve toprak üzerindeki zararlı etkileri sebebiyle sulama sularında az olması istenir. Sodyum Yüzdesi bir oran olup, sulama sınıflamalarında kullanılan bir parametredir. Sodyum Yüzdesi hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır;

$$\% \text{Na} = \text{rNa} / (\text{rNa} + \text{rK} + \text{rCa} + \text{rMg}) * 100$$

Suların %Na sınıflaması (Scofield, 1935) ise şu şekildedir;

Tablo 3. 54 Suların %Na sınıflaması

Sulama Suyu Sınıfı	1.sınıf su (Çok İyi)	2.sınıf su (İyi)	3.sınıf su (Kullanılabilir)	4.sınıf su (İhtiyatlı Kullanımlı)	5.sınıf su (Zararlı Kullanılmaz)
Değişebilir Na Yüzdesi	<20	20-40	40-60	60-80	>80

Çalışma alanındaki Kuyu sularının %Na sınıflaması Tablo 3.54’de gösterilmiştir. Buna göre, 15, 17, 24, 52, 66 ve 67 no’lu kuyular “İhtiyatlı Kullanımlı” sınıfa dahil olmuşlardır. İyi sulama suları değildir. Diğer sular “Çok iyi”,”İyi” ve “Kullanılabilir” sınıfa dahildirler(Tablo 3.55).

Tablo 3. 55 İnceleme alanındaki kuyulara ait suların %Na sınıflaması

Kuyu No	%Na	Sınıflama	Kuyu No	%Na	Sınıflama	Kuyu No	%Na	Sınıflama	Kuyu No	%Na	Sınıflama
1	5,27	Çok İyi	32	28,34	İyi	62	29,56	İyi	92	8,45	Çok iyi
2	12,01	Çok İyi	33	37,36	İyi	63	23,22	İyi	93	14,20	Çok iyi
3	5,60	Çok İyi	34	37,58	İyi	64	59,02	Kullanılabilir	94	21,10	İyi
4	15,56	Çok İyi	35	42,51	Kullanılabilir	65	26,11	İyi	96	6,40	Çok iyi
5	40,18	Kullanılabilir	36	40,05	Kullanılabilir	66	78,64	İhtiyatlı Kullanımlı	97	6,70	Çok iyi
6	34,96	iyi	37	36,63	İyi	67	70,33	İhtiyatlı Kullanımlı	98	13,58	Çok iyi
7	26,70	iyi	38	35,98	İyi	68	54,20	Kullanılabilir	102	8,19	Çok iyi
8	45,46	Kullanılabilir	39	50,65	Kullanılabilir	69	1,14	Çok İyi	103	8,90	Çok iyi
9	56,54	Kullanılabilir	40	46,32	Kullanılabilir	70	31,38	İyi	104	15,62	Çok iyi
10	22,54	iyi	41	23,18	İyi	71	16,33	Çok İyi	105	19,80	Çok iyi
11	39,22	iyi	42	43,85	Kullanılabilir	72	16,73	Çok İyi	106	18,61	Çok iyi
12	36,35	iyi	43	46,26	Kullanılabilir	73	10,31	Çok İyi	107	21,46	İyi
13	15,95	Çok İyi	44	18,78	Çok iyi	74	16,67	Çok İyi	108	8,15	Çok iyi
14	15,63	Çok İyi	45	41,44	Kullanılabilir	75	23,01	İyi	109	11,36	Çok iyi
15	62,56	İhtiyatlı Kullanımlı	46	44,85	Kullanılabilir	76	30,95	İyi	110	2,09	Çok iyi
16	50,36	Kullanılabilir	47	46,04	Kullanılabilir	77	21,63	İyi	111	28,26	İyi
17	64,08	İhtiyatlı Kullanımlı	48	20,00	İyi	78	12,42	Çok İyi	112	16,48	Çok iyi
18	44,25	Kullanılabilir	49	30,59	İyi	79	29,16	İyi	113	18,51	Çok iyi
19	51,41	Kullanılabilir	50	40,20	Kullanılabilir	80	13,90	Çok İyi	114	34,37	İyi
20	55,54	Kullanılabilir	51	26,66	İyi	81	11,92	Çok İyi	115	39,69	İyi
21	49,50	Kullanılabilir	52	63,17	İhtiyatlı kullanımlı	82	13,23	Çok İyi	116	16,48	Çok iyi
22	51,03	Kullanılabilir	53	35,21	İyi	83	13,44	Çok İyi			
23	43,13	Kullanılabilir	54	33,27	İyi	84	14,01	Çok İyi			
24	68,94	İhtiyatlı Kullanımlı	55	32,99	İyi	85	13,53	Çok İyi			
25	55,73	Kullanılabilir	56	38,12	İyi	86	14,72	Çok İyi			
26	47,20	Kullanılabilir	57	40,07	Kullanılabilir	87	9,80	Çok İyi			
27	50,17	Kullanılabilir	58	29,54	İyi	88	16,13	Çok İyi			
28	37,32	iyi	59	33,92	İyi	89	43,60	Kullanılabilir			
30	45,07	Kullanılabilir	60	30,56	İyi	90	6,05	Çok İyi			
31	42,56	Kullanılabilir	61	37,40	İyi	91	7,00	Çok İyi			

### 3.6.16.3.ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına Göre Suların Sınıflaması

Düşey ekseninde SAR değeri, yatay eksen de ise Elektriksel İletkenlik (EC) değeri bulunmaktadır. Yatay ve düşey eksen kesiştirilerek, belirlenen nokta işaretlenir ve sınıflama yapılmış olur(Doğan, 1981).(U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

Tablo 3. 56 ABD tuzluluk diyagramına göre genel tuzluluk özellikleri

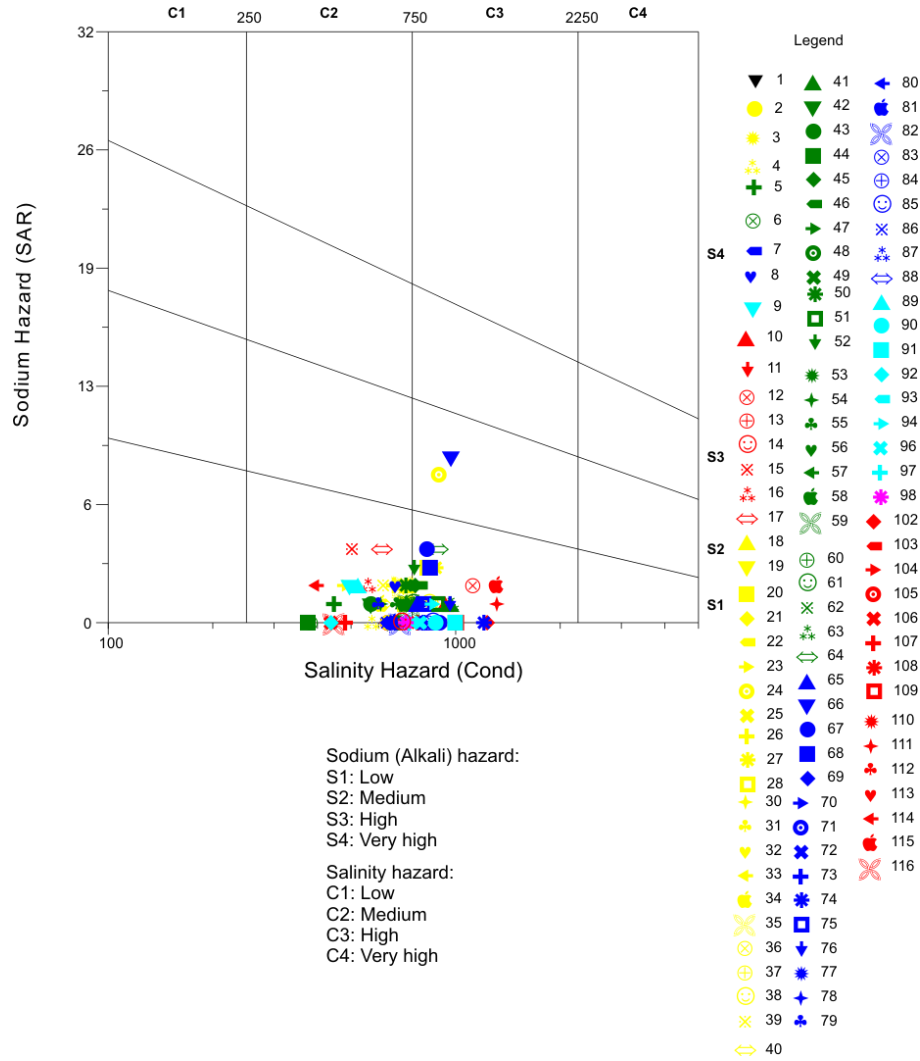
<b>GENEL TUZLULUK ÖZELLİKLERİ</b>			
<b>C1</b>	EC değeri 0-250 $\mu\text{S/cm}$ arasındadır.	Az tuzlu sular	Her türlü bitkinin sulanmasında kullanılabilir
<b>C2</b>	EC değeri 250–750 $\mu\text{S/cm}$ arasındadır.	Orta derecede tuzlu sular	Tuza orta derecede dayanıklı bütün bitkilerin sulamasında kullanılabilir.
<b>C3</b>	EC değeri 750-2250 $\mu\text{S/cm}$ arasındadır.	Yüksek tuzlu sular	Tuza dayanıklı bitkiler seçilerek ve tuz kontrolü yapılarak kullanılabilir.
<b>C4</b>	EC değeri 2250–5000 $\mu\text{S/cm}$ arasında	Çok yüksek tuzlu sular	Normal şartlarda sulamaya uygun değildir. Tam yıkamayı sağlayacak kadar bol sulama ve tuzluluğa çok dayanıklı bitki seçimi gibi özel hallerde kullanılabilir.

Tablo 3. 57 ABD tuzluluk diyagramına göre genel sodyum tehlikesi özellikleri

<b>GENEL SODYUM TEHLİKESİ ÖZELLİKLERİ</b>		
<b>S1</b>	Az sodyumlu su	Her tür topraklarda kullanılabilir.
<b>S2</b>	Orta sodyumlu su	Geçirimli veya bol jipsli arazilerde kullanılabilir.
<b>S3</b>	Yüksek sodyumlu su	Birçok toprakta sodyum tehlikesi yaratır.
<b>S4</b>	Çok yüksek sodyumlu su	Sulama amaçlarına uygun değildir.

Bu sınıflamaya göre, sular 16 ayrı sınıflamaya(Tablo 3.56;3.57) ayrılmaktadır. Bu sınıflama dikkate alınarak kuyu sularının sulama suyu sınıfı değerlendirmesi Şekil 3.63’de verilmiştir. Bu değerlendirmeye göre, 24 ve 66 no’lu kuyu su numuneleri, “Yüksek Tuzlu Sular Orta Sodyumlu Su” sınıfındadır. “C<sub>3</sub>S<sub>2</sub>” sulama tipindedir. Bu sular, tuza dayanıklı bitkiler

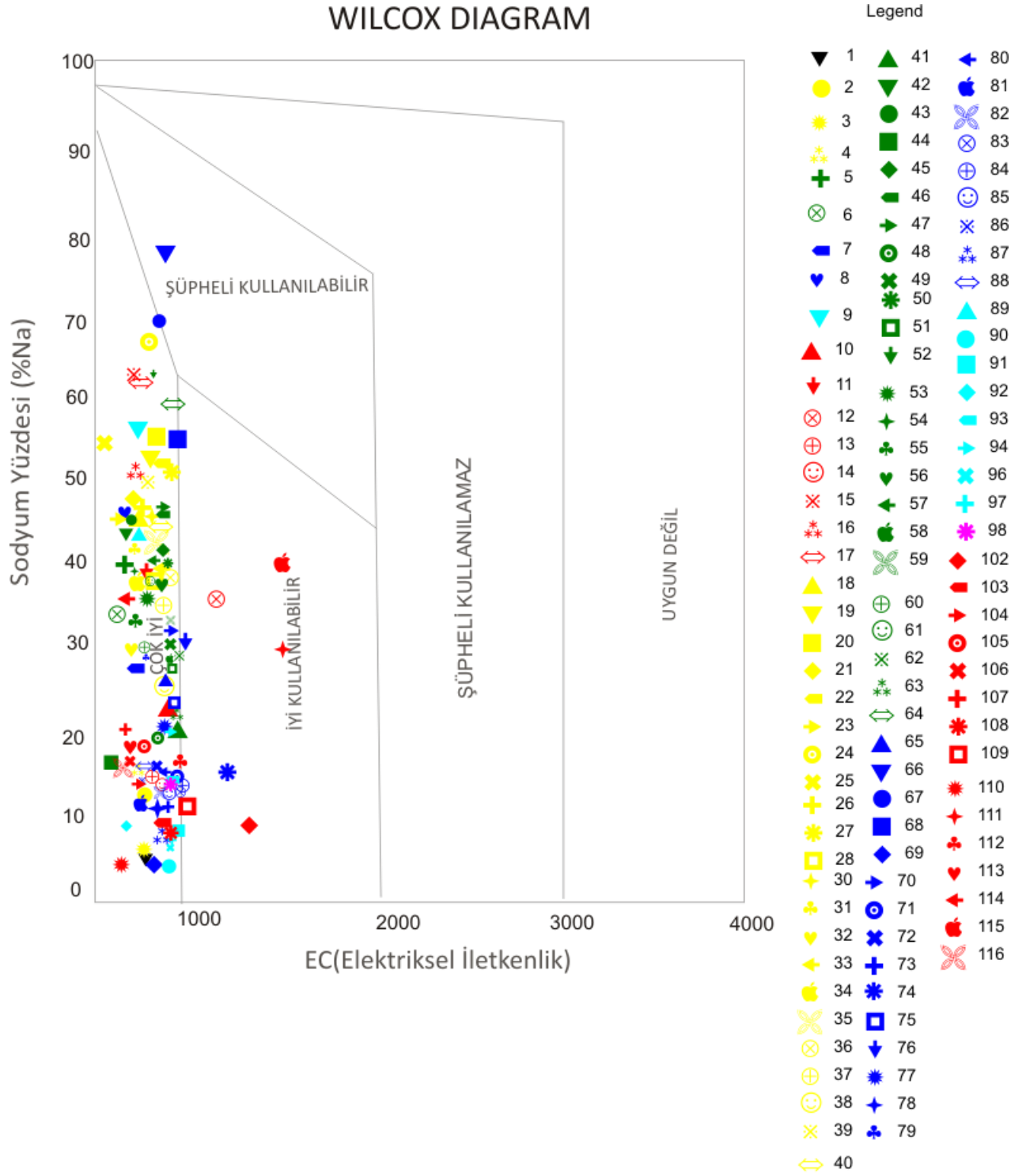
seçilerek ve tuz kontrolü yapılarak kullanılabilir. Diğer su numuneleri “C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>” ve “C<sub>3</sub> S<sub>1</sub>” su sınıflamasına dâhildirler. Bu suların sulamada kullanılmasında bir sakınca görülmektedir.



Şekil 3. 63 Çalışma alanında incelenen kuyulara ait ABD tuzluluk diyagramı

#### 3.6.16.4. Wilcox Diyagramına Göre Sınıflama

Wilcox sulama sularının sınıflamasında kullanılan önemli bir diyagramdır. Yatay ekseninde Elektriksel İletkenlik(EC), düşey ekseninde ise, %Na değerleri bulunmaktadır. Bu iki parametre kesiştirilerek sulama sınıflaması yapılır(Wilcox,1955). Wilcox diyagramında sular, “çok iyi”, “iyi kullanılabilir”, “şüpheli kullanılabilir”, “şüpheli kullanılamaz” ve “ uygun değil” olmak üzere 5 parametre üzerinden değerlendirilmektedir. Wilcox’a göre, çalışma alanındaki suların genel karakteristiği “çok iyi”ve “iyi kullanılabilir” tipindedir. 66 ve 67 numaralı su numuneleri ise bunlardan farklı olarak “şüpheli kullanılabilir” kategorisine girmektedir(Şekil 3.64).



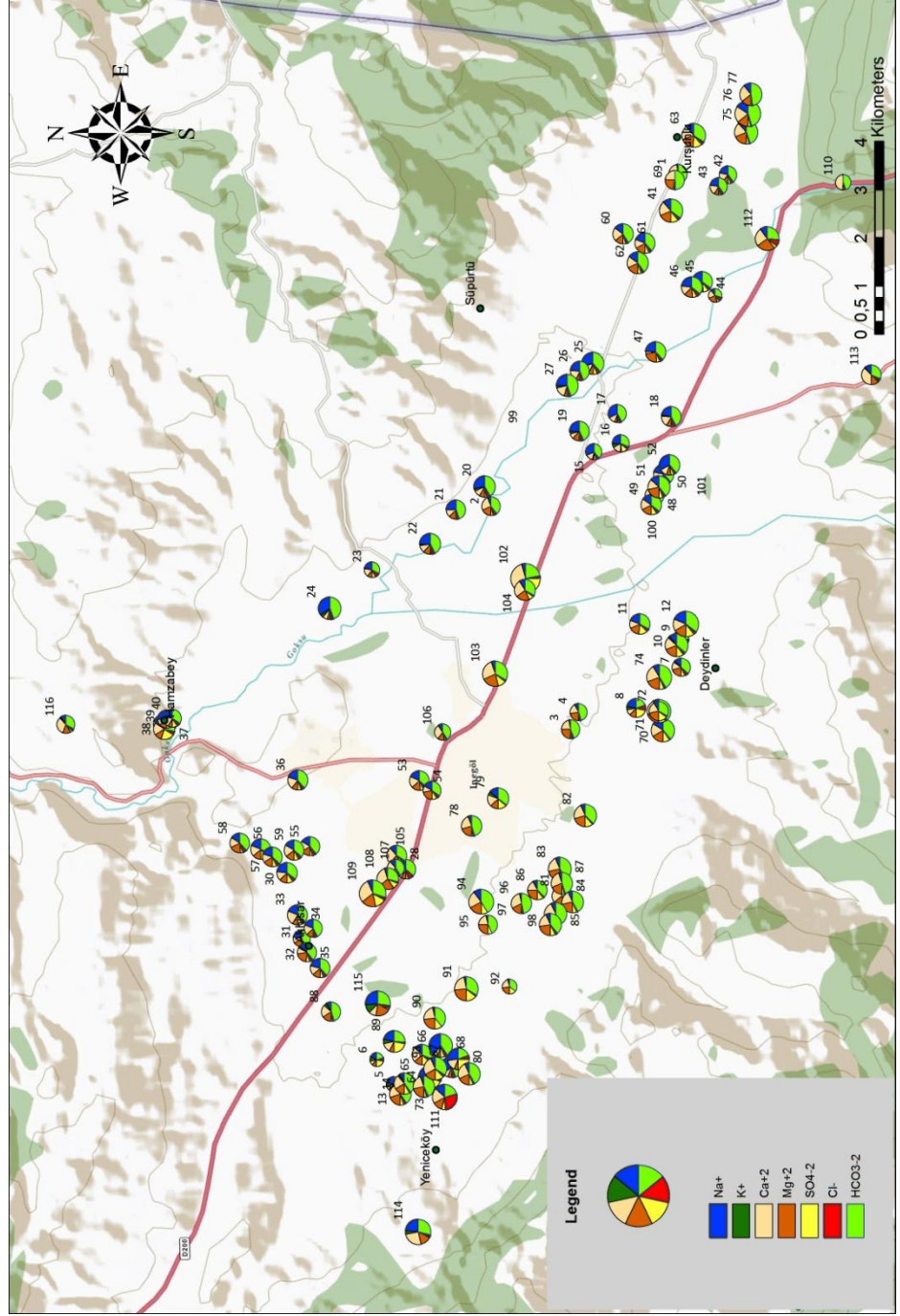
Şekil 3. 64 Çalışma alanına ait kuyuların Wilcox diyagramında gösterilmesi

### 3.6.17. Dairesel Diyagramlar

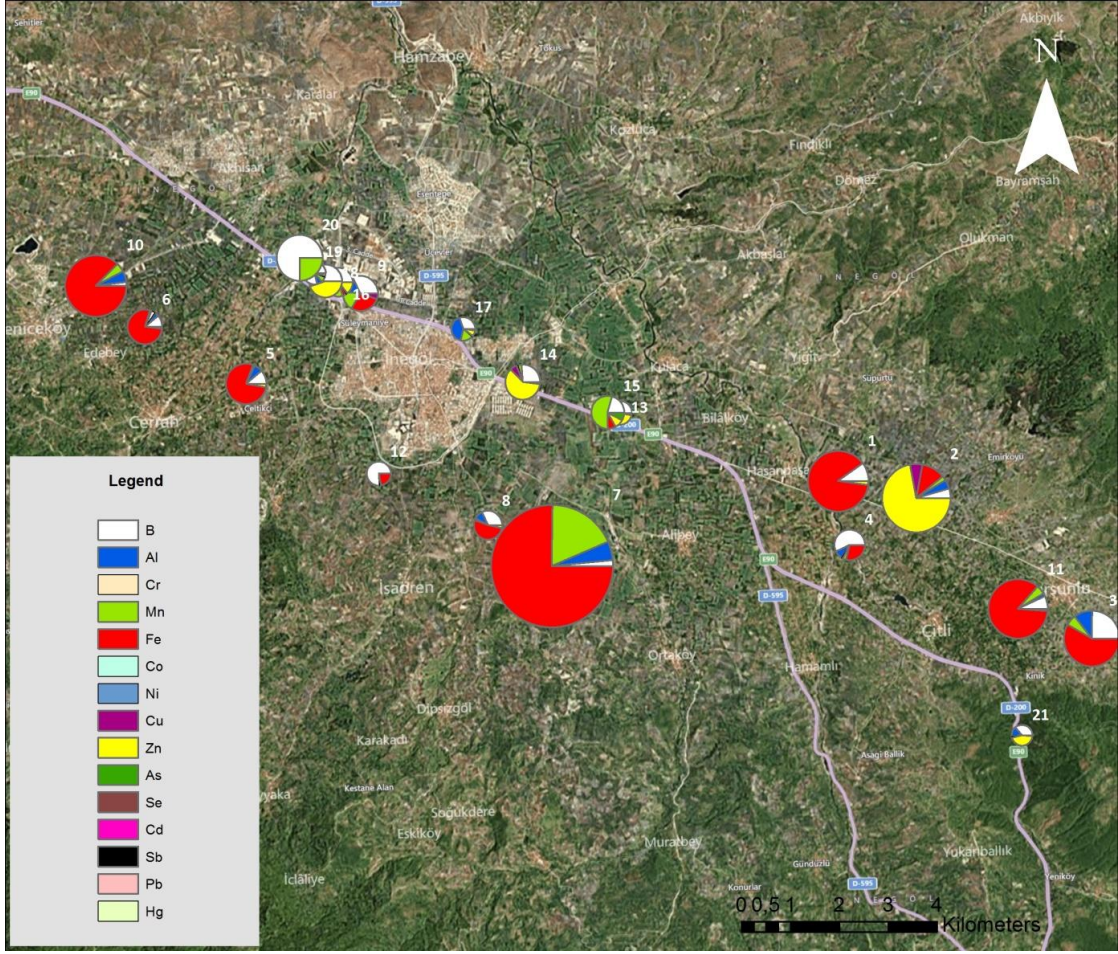
Bölgedeki kuyu sularının kimyasal özelliklerinin ilgili olduğu litolojik birimler ile olan ilişkisi konusunda doğrudan bilgi veren diyagramlar Şekil 3.65’de su kimyası haritasında verilmiştir. Kuyu sularına ait haritadaki dairelerin büyüklüğü toplam çözünmüş iyon miktarlarının(tuzluluk) ölçütüdür. Suların tuzluluğu oranında dairelerin çapı artmaktadır. Bu bölümde inceleme alanındaki kuyu ve kaynak sularının çözünmüş iyon miktarlarının ilişkili litolojik birimler ile değerlendirilmesiyle sonuçlar çıkartılmıştır. Küçük çaplı daireler ile gösterilen ve çözünmüş iyon miktarı düşük olan sular, büyük çaplı daireler iyon miktarı yüksek olan suları ifade etmektedir. 12(Deydinler), 74(Deydinler), 76(Özlüce), 91(Cerrah), 94(Çeltikçi), 102(Merkez), 103(Merkez), 109(Merkez), 111(Yenice), 112(Çitli), 114(Yenice) ve 115(Yenice) no’lu kuyular, en fazla çözünmüş iyon içeren kuyulardır. Bu kuyular, iyon miktarlarına paralel olarak Elektriksel İletkenlik(EC) değerleri de yüksektir. Bu kuyular, İnegöl İlçe merkezinde, İlçenin güney, güneybatı, güneydoğu kesiminde yer almaktadırlar. Diğerlerinden farklı olarak 111(Yenice) no’lu kuyuda Klor(Cl<sup>-</sup>) değeri oldukça yüksektir ve su kimyası fasiyesi (Ca-Cl) olarak diğerlerinden ayrılmaktadır. Yenice civarındaki diğer kuyuların da(28 ve 68) yüksek Cl<sup>-</sup> içeriğine sahip olması, bu bölgedeki suların genel fasiyesi olan Ca-CO<sub>3</sub> tipinden Ca-Cl fasiyes tipine geçiş olduğunu, hidrojeokimyasal bir evrimi yansıtmaktadırlar. Bu fasiyes değişiminin sebebi, magmatik kayalardan gelen mineraller olabileceği gibi, evsel atıklar da olabilir. 112 no’lu Çitli civarındaki kuyuda çevresine göre fazla bir iyon derişimi bulunmaktadır. Çitli maden suyu ile ilişkilendirilebilir.

İnceleme alanındaki kuyulara ait metal içerikleri dairesel diyagramlar(Şekil 3.66) ile gösterilmiştir. Toplam metal içeriklerine göre, çapları doğru orantılıdır. Buna göre, en fazla içerik,7 no’lu Deydinlerdeki kuyudadadır. Demir ve Mangan içeriği fazladır. 2 no’lu kuyuda Çinko miktarı göze çarpmaktadır. Kırmızı ile gösterilen Demir metali konsantrasyonunun kuyulardaki fazlalığı göze çarpmaktadır. Maden cevherleşmeleri yüksek konsantrasyona sebep olabilir.





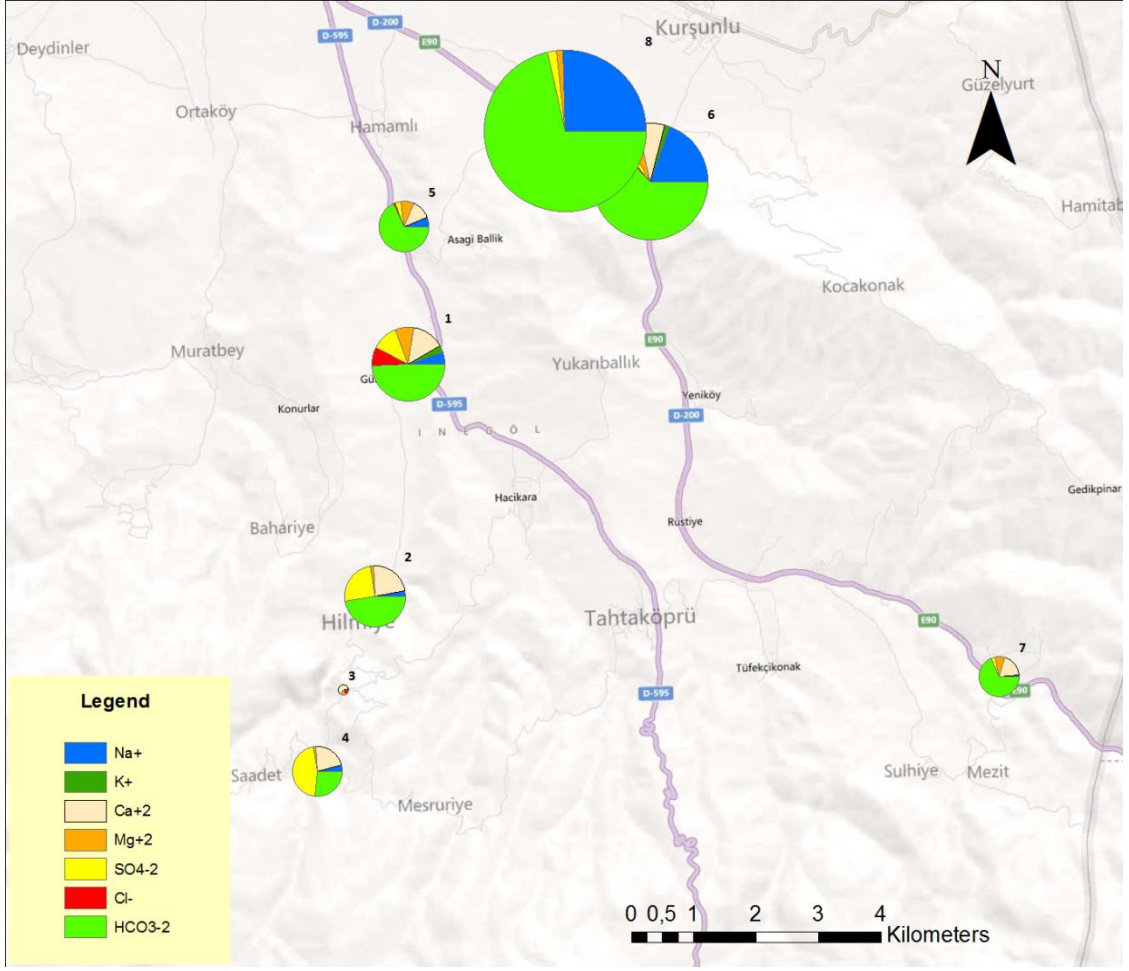
Şekil 3. 65 İnceleme alanındaki kuyulara ait majör anyon ve kation verilerinin TDS toplamlarına göre dairesel diyagramlar ile gösterimi



Şekil 3. 66 Kuyulara ait ağır metal konsantrasyonlarının dairesel diyagramlar ile gösterilmesi

İnceleme alanındaki 7 adet kaynağın majör anyon ve katyon verileri dairesel diyagramda gösterilmiştir(Şekil 3.67). Toplam iyon miktarına göre daire çapları boyutlandırılmıştır. 8(Çitli kaynağı) no'lu kaynak en fazla iyon içeren kaynaktır ve Na-HCO<sub>3</sub> tipindedir. En az iyon içeren ve en küçük daire ile gösterilmiş olan 3(Göz kaynağı) no'lu kaynak Ca-Cl tipindedir ve diğer kaynaklardan oldukça farklı bir yapıdadır. Göz kaynağı, oldukça düşük ph(2,8) değerine sahiptir. Asidik karakterlidir. Maden cevherleşmelerine(Cu-Pb-Zn) yakın bir konumda bulunmaktadır(Şekil 3.37). Sudaki asitliği artıran önemli parametre asit maden drenajlarıdır. Madencilik drenajlarıyla sudaki asitliğin artmasına demir, kuşun, bakır, çinko gibi metal sülfürleri atıkları sebep olurlar.





Şekil 3. 67 İnceleme alanındaki kaynakların majör anyon ve katyon değerlerinin toplam iyon değerlerine göre dairesel diyagramlar ile gösterimi

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

İnegöl(Bursa) Akiferinin incelendiği bu çalışmada bölgenin jeolojik, hidrolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri arazi, laboratuvar ve büro çalışmalarıyla incelenmiştir. Buna göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- 1) İnegöl(Bursa) Akiferini besleyen havza sınırı belirlenmiş olup, havza sınırı 750 km<sup>2</sup> ve ova alanı ise 128 km<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.
- 2) İnceleme alanının jeolojisi araştırılırken, önceki çalışmalar gözden geçirilmiştir. Buna göre havzanın 1/100.000 ölçekli jeoloji ve hidrojeoloji haritası, jeoloji ve hidrojeoloji kesitleri ile genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesitleri hazırlanmıştır(Bknz Ek-1 ve Ek-2).
- 3) İnceleme alanına düşen yıllık toplam yağış miktarı 610,3 mm, yıllık ortalama sıcaklık 12,25 °C'dir. Gerçek buharlaşma-terleme(Etr) 451,78 mm'dir. Su fazlası yağışın %25,94'ü, su noksanı %41,6'sıdır.
- 4) İnceleme alanı içerisinde akifer oluşturan birimler, Alüvyon, İnegöl formasyonu ve metamorfik birimlerdir. Bölgedeki ana akifer, yeraltı suyu beslenmesi ve depolanması bakımından elverişli olan Kuvaterner alüvyondur. Yeraltı suyu işletmesine uygun alanlar alüvyon kalınlığının arttığı yer yer 100 m'ye çıktığı batı ve doğu kesimlerdir.
- 5) Havzadaki su seviyeleri 0–30 metre arasında değişmektedir. Dinamik su seviyeleri 1–56 metre civarındadır. Çalışma alanındaki yeraltı su akım yönü havzadan, ova merkezine doğrudur.
- 6) Havzanın en önemli akarsuyu Kocadere(Göksu-Kocası)dir. Havzanın sağ ve sol sahilinden gelen derelerin birleşmesiyle Boğazköy'den geçerek Yenişehir Ovasına doğru çalışma alanını terk eder.
- 7) Çalışma alanında soğuk su, maden suyu ve jeotermal kaynaklar bulunmaktadır. Oylat termal kaynak ve Göz kaynağı metamorfik birimlerden(Tekerler mermeri) yüzeye çıkmaktadır. Çitli maden suyu Alüvyondan boşalmaktadır. Kınık maden suyu, alüvyon ile Nilüfer formasyonu kantağından boşalmaktadır. Soğuk su kaynakları ise İnegöl Formasyonundan boşalmaktadır.

8) İnceleme alanındaki birimler hidrojeolojik özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. Buna göre, Alüvyon geçirimli, İnegöl Formasyonu, Bayırköy Formasyonu, Yarhisar formasyonu, Avdancık Formasyonu ve Granitoidler az geçirimli birim, Piribeyler Şistleri, Abadiye Formasyonu, Nilüfer formasyonu, metaultramafikler ve Uludağ metamorfileri geçirimsiz birim, Bilecik kireçtaşı ve Asarlık kireçtaşı üyesi Karstik birim, Traverten, Tekerler mermeri, Çataltepe mermeri, Yörüktepe Formasyonu ve Uludağ mermeri kırıklı-çatlaklı birim olarak ayırtlanmıştır.

9)İnceleme alanındaki kuyu ve kaynaklarda hidrojeokimyasal araştırma yapabilmek amacıyla su numuneleri toplanmıştır. İnegöl(Bursa) akiferinden 116 kuyunun, 112'sinde su kimyası verisi mevcuttur. Kuyuların ph değerleri, 7 değeri civarında toplanmıştır. TSE-266 su standartlarına göre, büyük çoğunluk standarda uygundur. Fakat 6 ve 112 no'lu kuyular standartlara uygun değildir.

10) Elektriksel İletkenlik değerleri, 8.9-1313  $\mu\text{mho/cm}$  değerleri arasında değişmektedir. Bu değerlere göre, kullanma ve içme suyu açısından "İyi" ve "Kullanılabilir" tipte sulardır.

11)TDS sınıflamasına göre, bütün kuyu su numuneleri "Tatlı su" sınıfına girmektedir.

12)Suların sertlik durumları incelendiğinde "sert" ve "oldukça sert" sular olduğu görülmektedir.

13) Sodyum konsantrasyonu kuyularda 0,07 ve 8 meq/l değerleri arasındadır. 66 numaralı kuyu numunesinde ve K3(Çitli kaynağı) TSE-266 standartlarına uygun değildir.

14)Potasyum konsantrasyonu kuyularda, 0,006 ve 2 meq/l arasında değişmektedir. 5,6,8,9,10,13,14,16,19,20,24,25,27,28,32,79,88,89,114 ve 115 no'lu kuyular ile K1,K6 ve K8 kaynakları TSE-266 standardını karşılamamaktadır.

15)Kalsiyum konsantrasyonu, 0,6-10 meq/l arasında değişmektedir. Bütün kuyu su numuneleri standardı karşılamaktadır. K6 kaynağı TSE-266 standardına uygun değildir.

16)Kuyu su numunelerinde Magnezyum konsantrasyonu 0,3-5 meq/l arasında değişim gösterir. 81,91,102,103,109 ve 110 no'lu numuneler TSE-266 standardına uygun değildir.

17)Sülfat konsantrasyonu 0,03-6 meq/l arasında değişir. 102 no'lu kuyu, K3 ve K4 kaynakları TSE-266 standardına uygun değildir.

18) HCO<sub>3</sub> derişimi 2-10 meq/l arasında değişmektedir.

- 19) Klor konsantrasyonu 0,04-6 meq/lt arasında değişim gösterir. Kuyu numuneleri TSE-266 standardına uygundur.
- 20) Nitrat kirliliğine 102 no'lu kuyu ve K1 kaynağında rastlanmıştır. Tarımsal bir kirlilik söz konusudur. Bu suların kullanımının denetlenmesi gerekmektedir. Bölge halkı organik tarıma özendirilmelidir.
- 21) İnceleme alanındaki kuyu ve kaynaklarda Arsenik kirliliğine rastlanmamıştır.
- 21) Bakır değerleri numunelerde standartlara uygun sınırlarda rastlanmıştır.
- 22) Demir konsantrasyonu, 1,3,5,6,7,10 ve 11 no'lu kuyularda ve K3,K6 kaynaklarında yüksek çıkmıştır. TSE-266 standardına bu numuneler uymamaktadır.
- 23) Nikel konsantrasyonu kuyularda TSE-266 standartlarına uygundur. K3(Göz kaynağı) kaynağında ve Kalburt dereinde Nikel konsantrasyonu yüksektir.
- 24) Alüminyum konsantrasyonu K3(Göz kaynağı) kaynağında TSE-266 standartlarının 7,5 katı yüksek çıkmıştır. Kuyu su numuneleri standardı karşılamaktadır.
- 25) Kuyu ve kaynak numunelerinde Kurşun konsantrasyonu TSE-266 standartlarına uygundur.
- 26) Mangan miktarı, 7,9,15 ve 20 no'lu kuyularında TSE-266 standartlarına uygun değildir.
- 27) Bor, kuyu su numunelerinde istenen değerleri arasındadır. Kınık Maden suyunda ise, standardın 7,5 kat üstündedir.
- 28) Çinko değerleri tüm kuyu ve kaynak numunelerinde TSE-266'ya göre istenen seviyededir.
- 29) Schoeller diyagramına göre, İnegöl(Bursa) akiferindeki tüm su örnekleri "Normal Klorürlü Sular" sınıfına dâhildir. Yapılan analizlerde 102 no'lu su numunesi "Oligosülfatlı Sular" sınıflamasına dâhildir. Diğer tüm kuyu ve kaynaklara ait su numuneleri "Normal Sülfatlı Sular" sınıflamasına girmektedir. 12, 27, 66, 67, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 80, 83, 84, 85, 87, 94, 96, 103 ve 109 no'lu kuyular " Hiperkarbonatlı Sular" sınıfına dâhildir. 6 no'lu kuyu "Hipokarbonatlı Sular" ve diğer tüm kuyulara ait su numuneleri " Normal Karbonatlı Sular" sınıfına dâhildir. K1 kaynağı ve K8 kaynağı "Hiperkarbonatlı Sular" sınıfındadır. K3 kaynağı "Hipokarbonatlı Sular", K2,K4, K5,K6 ve K7 kaynakları " Normal Karbonatlı Sular" sınıfına dâhildir.



30)Scholler diyagramına göre kuyu, kaynak ve derelere ait fasiyes tipi belirlenmiştir. 1,2,14,33,37,38,41,48,55,59,63,65,66,69,70,71,73,74,75,76,77,78,80,81,82,83,84,85,87,88,90, 92,93,94,96,98,102, 103, 104, 105,106, 108, 109, 110, 113,116 no'lu kuyu su numuneleri Ca-HCO<sub>3</sub> tipindedir.

31)5,6,9,11,12,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,30,31,34,35,36,39,40,42,43,45,46, 47,50,52,53,56,57,61,64,66,67,79,89,114,115 no'lu kuyu su numunler Na-HCO<sub>3</sub> tipindedir.

32)3,4,7,10,13,32,44,49,51,54,58,62,72,86,90,91,97,98,112 kuyu su numuneleri Mg-HCO<sub>3</sub> tipindedir.

33) K1,K2 ve K7 kaynak suları Ca-HCO<sub>3</sub> tipindedir. K3 ve K4 kaynakları Ca-SO<sub>4</sub> tipindedir. K6 ve K8 kaynakları Na-HCO<sub>3</sub> tipindedir. K5 Kaynağı, Mg-HCO<sub>3</sub> tipindedir. Kalburt dere ve Oylat dere Ca-HCO<sub>3</sub> tipindedir.

34) Na-HCO<sub>3</sub> tipli sular, düşük hidrolik iletkenliğe sahip akiferlerdeki yavaş dolaşımdan dolayı kayaçlarla temas süresinin uzaması sonucu iyon miktarınca artmış yer altı sularının bir göstergesidir. Ca ve Mg HCO<sub>3</sub> tipli sular, sığ kuşaklarda hızlı dolaşan, düşük iyon derişimine sahip yer altı sularına işaret edebilir. Na-SO<sub>4</sub>, Ca-SO<sub>4</sub> ve Ca- Cl tipi sular evaporitler, asit maden drenajları ve diğer kirleticiler ile ilişkilendirilebilir.

35)Piper diyagramına göre, su numuneleri Ca, Na ve Mg iyonlarının hâkim olduğu sular sınıfında; anyonlar için hazırlanan diyagramda, suların HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> iyonlarının hâkim olduğu sular sınıfına girmektedirler. Bu durumda bölgedeki suların “Kalsiyumlu-Sodyumlu-Magnezyumlu/Karbonat-Bikarbonat-Sülfatlı”sular oldukları görülmektedir. İnceleme alanındaki suların büyük bir kısmı(Paralel kenar diyagramda) alkali toprak elemanları alkali elementlerden(Ca+Mg>Na+K) büyük olan sular sınıfındadır. Az bir kısmı da karışık sulardır. Zayıf asidik kökleri güçlü asidik köklerinden (CO<sub>3</sub>+HCO<sub>3</sub>>Cl+SO<sub>4</sub>) büyüktür.

36)Suların sulamada kullanım özellikleri SAR sınıflamasına göre “Çok iyi” şeklindedir.

37)%Na sınıflamasına göre, 15, 17, 24, 52, 66 ve 67 no'lu kuyular “İhtiyatlı Kullanımlı” sınıfına dahil olmuşlardır. İyi sulama suları değillerdir. Diğer sular “Çok iyi”,”İyi” ve “Kullanılabilir” sınıfına dahildirler.

38) ABD Tuzluluk Diyagramına göre, 24 ve 66 no'lu kuyu su numuneleri, Yüksek Tuzlu Sular Orta Sodyumlu Su sınıfına “C<sub>3</sub>S<sub>2</sub>” sulama tipindedir. Bu sular, Tuza dayanıklı bitkiler

seçilerek ve tuz kontrolü yapılarak kullanılabilir. Diğer su numuneleri “C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>” ve “C<sub>3</sub> S<sub>1</sub>” su sınıflamasına dâhildirler. Bu suların sulamada kullanılmasında bir sakınca görülmemektedir. 39)Wilcox’a göre, çalışma alanındaki suların genel karakteristiği “çok iyi”ve “iyi kullanılabilir” tipindedir. 66 ve 67 numaralı su numuneleri ise bunlardan farklı olarak “şüpheli kullanılabilir” kategorisine girmektedir.

40)12(Deydinler), 74(Deydinler), 76(Özlüce), 91(Cerrah), 94(Çeltikçi), 102(Merkez), 103(Merkez), 109(Merkez), 111(Yenice), 112(Çitli), 114(Yenice) ve 115(Yenice) no’lu kuyular, en fazla çözünmüş iyon içeren kuyulardır Yenice civarındaki diğer kuyuların da(28 ve 68) yüksek Cl<sup>-</sup> içeriğine sahip olması, bu bölgedeki suların genel fasiyesi olan Ca-CO<sub>3</sub> tipinden Ca-Cl fasiyes tipine geçiş olduğunu, hidrojeokimyasal bir evrimi yansıtmaktadırlar. Bu fasiyes değişiminin sebebi, magmatik kayalardan gelen mineraller olabileceği gibi, evsel atıklar da olabilir.

41)Göz kaynağı(K3), oldukça düşük ph(2,8) değerine sahiptir. Asidik karakterlidir. Maden cevherleşmelerine(Cu-Pb-Zn) yakın bir konumda bulunmaktadır. Asit maden drenajı ile ilişkilendirilebilir.

42)Oylat derede kirliliğe rastlanmamıştır. Kalburt dere ise Nikel kirliliğine sahiptir. Organize Sanayi bölgesine yakın oluşu bu kirliliğe sebep olabilir.

43) İnceleme alanındaki tuzluluk(Na-Cl) ve alkanlinite(HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub>) parametrelerinin yüksekliği göze çarpmaktadır.

44)İnegöl Akiferi beslenme alanındaki farklı jeolojik özelliklerden, maden cevherleşmelerinden, evsel atıklar ve tarımsal kirlilikten etkilenmiş olduğu suların kimyasal analizlerinden anlaşılmaktadır. Bu sebeple suların denetlenmesi ve kirliliğin önüne geçilmesi gereklidir. Bu bağlamda, 2011 yılında faaliyete giren, Boğazköy barajı ile amaçlanan İnegöl Havzası yeraltı suları ile Yenişehir Ovasının sulanmasıdır. İnegöl havzasındaki yeraltı sularının kalitesi göz önüne alındığında denetimlerin önemi elzemdir.

## KAYNAKLAR

**Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi,2012**, Deprem Bölgeleri Haritası <http://www.deprem.gov.tr/sarbis/depbolge/bursa.gif> (Ziyaret Tarihi: Ocak,2012).

**Akyüz, H.S., 1995**, *Manyas-Kepsut-Susurluk (Balıkesir) Çevresinin Jeolojisi*, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Akyüz, S. ve Okay, A.I., 1996**, A section across a Tethyan suture in northwest Turkey. *International Geological Review*, 38, 405-418.

**Akyüz, H.S. ve Okay, A.I., 1998**, *The geology of the south of Manyas (Balıkesir) and tectonic significance of blueschists*, *Bull. Min. Res. Exp.*, Vol. 120, s. 81-95.

**Altınlı, İ.E. ,1963**,İnegöl Havzasının Jeolojisi ve Hidrojeolojisi, İst. Üniv. Fen Fakültesi Mecmuası, Seri: B, Cilt: 30, Sayı:1–2

**Altınlı, İ.E., 1975**, *Paleosen Yaşlı Kızılçay Grubunun Çökelme Ortamları*, İ.Ü. Fen. Fak. Mecmuası, B, 40, 1-2, 35-42.

**Bargu, S., 1982**, *The Geology of İznik – Yenişehir (Bursa)– Osmaneli (Bilecik) area*, İ.Ü. Yerbilimleri, 3, 1-2 .191-234.

**Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B., 1973**, *Biga Yarımadası 'nın jeolojisi ve Karakaya Formasyonu 'nun bazı özellikleri*, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Bildiriler Kitabı, MTA Yayınları, s. 70-77, Ankara.

**Doğan, L., 1981**, *Hidrojeolojide Su Kimyası*, D.S.İ. Basım ve Foto Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, 180 s., Ankara.,

**DSİ, 1981**, *İnegöl ovası hidrojeolojik etüt raporu*, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı.

**Durov, S.A., 1948**, *Natural Waters and Graphic Representation of Their Compositions*, *Akademiya Nauk SSSR Doklady* 59, 87–90.

**Emre, Ö., Duman T.Y., Doğan, A., Özalp, S., Yıldırım, C., Kürçer, A., Özaksoy, V., Elmacı, H., ve Koç, G.,** Batı Türkiyenin diri fay geometrisi ve güncel kinematığı, 62. Jeoloji Kurultayı, 13.17 Nisan 2009 bildiriler, Ankara

**EPA., 2009,** National Primary Drinking Water Regulations, Office of Water, EPA 816-F-09-004, 6p., U.S.A.

**Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1973,** *Yeraltı Suları Jeolojisi*, İTÜ Maden Fakültesi.

**Genç. Ş., 1986,** Uludağ-İznik Gölü Arasının Jeolojisi (MTA Der. No: 1855)

**Genç. Ş., 1993,** İznik-İnegöl (Bursa) arasındaki tektonik birliklerin jeolojik ve petrolojik incelenmesi, 522 shf (Ocak-1993).

**Granit, Y. ve Tintant, H., 1960,** *Observations preliminaires sur le Jurassique de la region de Bilecik (Turquie)*, Lab. de Geol. Ge"ol. Faculte des Sciences, Dijon.

**Gürpınar, O., 1976,** *Geological Investigation of the Bilecik-İnegöl-Yenişehir Territorites Together with a study of Engineering Properties of the Bilecik Limestone*, İ.Ü. Fen Fakültesi Mecmuası, B, 40, 83-113.

**Kaymakçı, N., 1991.** Neotectonic Evolution of the Inegöl (Bursa) Basin. Unpubl. MSc Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 73 pp.

**Ketin, İ., 1947,** *Uludağ Masifinin Tektoniği Hakkında (Über Die Tektonik Des Uludag Massivs)*, Bull. Geol. Soc. Turk.1, 61-88.

**MTA, 2009,** Bursa İli ve Kentsel alanlarının Yerbilim Verileri, Derleme no: 11163

**Okay, A.I., 1984,** Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon & A.H.F. Robertson), Geological Society Special Publication No. 17, 455-466.

**Okay, A.I., 1987,** Notes on the geology of northwest Turkey. Guide book on the geology of the western Anatolia for the IGCP project number five, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, p. 1-11.

**Okay, A. I., Siyako, M., Bürkan, K. A., 1990,** *Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Tektonik Evrimi*, Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 2/1, 83-121.

**Okay, A., vd.,1996**, Foraminifera from the exotic Permo-Carboniferous limestone blocks in the Karakaya Complex, northwest Turkey. *Rivista Italiana Paleontologia e Stratigrafia*, 102, 139-174.

**Okay, A.I., Harris, N. B. W. ve Kelley, S.P., 1998**, *Exumation of Blueschists Along a Tethyan Suture in Northwest Turkey*, *Tectonophysics*, 285: 275-299.

**Okay, A. ve Tüysüz, O., 1999**, *Tethyan Sutures of Northern Turkey*. In: Durand, B, Jolivet, L., Horvart, F. Serrane, M (Ed.) *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within Alpin Orogene*. Geological Society, London, Special Publications 156, 475-515.

**Okay, A., vd., 2008**, Okay, A.I., Satır, M., Zattin, M., Cavazza, W. & Topuz, G., 2008, An Oligocene ductile strike-slip shear zone: Uludağ Massif, northwest Turkey – implications for the escape tectonics. *Geological Society of America Bulletin*, 120, 893–911, doi: 10.1130/B26229.1.

**Örgün, Y.,2011**, Tıbbi Jeoloji,JMO Yayınları

**Pasvanoğlu, S., 2011**, Hydrogeochemical and isotopic investigation of the Bursa-Oylat thermal waters,Turkey. *Environmental Earth Sciences* , Vol:64, No: 4 ,1157-1167

**Piper, A. M., 1944**, A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses.*Transactions, American Geophysical Union* 25:914-923

**Schoeller, H., 1955**, *Geochimic des eaux souterraines es. Ins. France. Petrole. Paris.*

**Scofield, 1935**, *The Salinity of Irrigation Water. Smitsonian Institute Annual*

Report.USA

**Selim, H.S., Tüysüz, O., Barka, A.A., 2006**, *Güney Marmara bölümünün neotektoniği*, itü dergisi mühendislik/d, C.5, S.1, K.2, ss. 151-160, İTÜ Avrasya YerBilimleri Enstitüsü, 34469, Ayazağa, İstanbul.

**Şahinci,A., 1991**, *Doğal Suların Jeokimyası Reform Matbaası. 548 s. İzmir*

**Sengor, A.M.C. and Yilmaz, Y., 1981**, Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75: 181-241.

**Şengör, A.M.C ve Yılmaz Y.,1983**, Türkiye’de Tetis’in Evrimi ve Levha Tektoniği Açısından Bir Yaklaşım: Türkiye jeoloji Kur. Yerbilimleri Özel Dizisi,1.

**Şenyuva, T., 1991**, Bursa Ovasının Hidrojeolojisi

**Tekeli, O., 1981**, *Subduction complex pre-Jurassic Age, Northern Anatolia, Turkey*, *Geology*, 9, 68-72

**Thornthwaite, C.W., 1948**, A new and improved classification of climates, *The Geographical Review*, 38 p.

**TSE 266,2005**, Sular-insani tüketim amaçlı sular, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

**TÜİK(Türkiye İstatistik Kurumu), 2007**, Nüfus sayımı Sonuçları, <http://www.tuik.gov.tr> (05.06.2011 18:30)

**Tut Hakkıdır, F.S., 2007**, “Bursa İli ve çevresindeki Termal, Maden ve Yeraltı sularının Jeokimyasal İncelenmesi) ,Doktora Tezi

**U.S. Salinity Lab. Staff, 1954**, Salt Problems In Irrigation Soils USDA Agr. Inf. Bull.190.

**Wilcox, L. V., 1955**, Classification and Use of Irrigation Waters,US Dept Agriculture Circ.

**World Health Organization, 2006**, Guidelines for drinking water quality, third edition, Geneva, p. 221-459

**WMO(1974):**Guide to Hydrogeological Practices: WMO Publ no. 168.Genova, Switzerland.



## ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Bilecik'te doğdu, ilk ve orta öğrenimini Bilecik'te tamamlayarak 2004 yılında Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başlayıp 2009 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu.

2009 yılında, Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Programında, Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2010 yılında İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2011 yılı Nisan ayından itibaren Yatay geçiş ile Yüksek Lisans eğitimine İstanbul Üniversitesinde devam etmektedir.

## **EKLER**

**EK-1** İnegöl(Bursa) Ovası ve Yakın Çevresinin Jeoloji Haritası ve Kesitleri

**EK-2** İnegöl(Bursa) Ovası ve Yakın Çevresinin Hidrojeoloji Haritası ve Kesitleri

**EK-3** İnegöl(Bursa) Ovasında DSİ tarafından açılan kuyulara ait sondaj logları