

**EĞİRDİR GÖLÜ DOĞUSUNUN
HİDROJEOLJİ İNCELEMESİ VE
YERALTISUYU MODELLEMESİ**

İ. İskender SOYASLAN

DOKTORA TEZİ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2004

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EĞİRDİR GÖLÜ DOĞUSUNUN HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ VE
YERALTISUYU MODELLEMESİ

İ. İskender SOYASLAN

DANIŞMANLAR
Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL
Yrd. Doç. Dr. Ahmet DOĞAN

DOKTORA TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu çalışma jürimiz tarafından JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Üye : Prof. Dr. Nevruz YARDIMCI
Üye : Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU
Üye : Prof. Dr. Nevzat ÖZGÜR
Üye : Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL (1. Danışman)
Üye : Doç. Dr. Gültekin TARCAN
Üye : Yrd. Doç. Dr. Ahmet DOĞAN (2. Danışman)

ONAY

Bu tez/...../2004.. tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

...../...../2004

Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL
Enstitüsü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|---|------|
| İÇİNDEKİLER | i |
| ÖZET | vi |
| ABSTRACT | viii |
| TEŞEKKÜR | xi |
| SİMGELER DİZİNİ | xii |
| KISALTMALAR DİZİNİ | xiii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | xiv |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xvii |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ | 4 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM | 14 |
| 3.1. Materyal | 14 |
| 3.1.1. Çalışma Alanının Yeri | 14 |
| 3.1.2. Morfoloji | 16 |
| 3.1.3. İklim ve Bitki Örtüsü | 16 |
| 3.1.4. Ekonomik Durum | 17 |
| 3.2. Yöntemler | 18 |
| 3.2.1. Stratigrafi | 18 |
| 3.2.2. Hidroloji | 18 |
| 3.2.3. Hidrojeoloji | 19 |
| 3.2.4. Yeraltısuyu Akım Modellemesi | 19 |
| 3.2.3. Kirlilik Kaynakları | 20 |
| 3.2.4. Örnek Alımı ve Analiz Yöntemleri | 20 |
| 3.2.5. Hidrojeokimya | 21 |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI | 24 |
| 4.1. Stratigrafi | 24 |
| 4.1.1. Otokton Birimler | 27 |
| 4.1.1.1. Sultandede Formasyonu | 27 |
| 4.1.1.2. Hacılabaz Kireçtaşı | 29 |
| 4.1.1.3. Anamas Kireçtaşı | 31 |
| 4.1.1.4. Bağkonak Formasyonu | 32 |

| | |
|---|----|
| 4.1.1.5. Yarıkkaya Formasyonu | 34 |
| 4.1.1.6. Göksöğüt Formasyonu | 36 |
| 4.1.1.7. Alüvyon ve Yamaç Molozu | 38 |
| 4.1.2. Allohton Birimler | 39 |
| 4.1.2.1. Hoyran Ofliyoliti | 39 |
| 4.2. Bölgesel Jeoloji | 41 |
| 4.3. Yapısal Jeoloji | 45 |
| 4.3.1. Çizgisellik Analizi | 45 |
| 4.3.2. Normal ve Düşey Faylar | 46 |
| 4.3.3. Doğrultu Atımlı Faylar | 47 |
| 4.2.4. Bindirme Fayları | 48 |
| 4.3.5. Kıvrımlar | 49 |
| 4.3.6. Yapraklanma Düzlemleri | 50 |
| 4.3.7. Tabaka Düzlemleri | 50 |
| 4.3.8. Eklem Düzlemleri | 52 |
| 4.4. Hidroloji | 55 |
| 4.4.1. Yağış | 55 |
| 4.1.1.1. Aritmetik Ortalama Yöntemi | 64 |
| 4.1.1.2. Thiessen Poligon (Çokgen) Yöntemi | 66 |
| 4.1.1.2. Eşyağış (İsohyet) Eğrileri Yöntemi | 67 |
| 4.4.2. Buharlaşma | 67 |
| 4.4.2.1. Thornthwaite Yöntemi | 68 |
| 4.4.2.2. Blaney-Cridle Yöntemi | 72 |
| 4.4.2.3. Schendel Yöntemi | 73 |
| 4.4.3. Yüzeysel Akış | 75 |
| 4.4.4. Su Bilançosu | 76 |
| 4.5. Hidrojeoloji | 79 |
| 4.5.1. Su Noktaları | 79 |
| 4.5.1.1. Akarsular | 79 |
| 4.5.1.2. Kaynaklar | 83 |
| 4.5.1.3. Göller ve Göletler | 87 |
| 4.5.1.4. Sığ Kuyular | 96 |

| | |
|--|-----|
| 4.5.1.5. Sondaj Kuyuları | 96 |
| 4.5.2. Jeolojik Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri | 99 |
| 4.5.2.1. Geçirimli Birim (Gç1) | 99 |
| 4.5.2.2. Geçirimli Birim (Gç2) | 101 |
| 4.5.2.3. Yarı Geçirimli Birim (Gy1) | 102 |
| 4.5.2.4. Az Geçirimli Birim (Ga1) | 104 |
| 4.5.2.5. Geçirimsiz Birim (Gz1) | 104 |
| 4.5.2.6. Geçirimsiz Birim (Gz2) | 105 |
| 4.5.3. Akiferler | 105 |
| 4.5.3.1. Gözenekli Akiferler | 105 |
| 4.5.3.2. Karstik Akiferler | 109 |
| 4.5.4. Akiferler ve Hidrojeolojik Parametreleri | 109 |
| 4.5.5. Yeraltısuyu Dinamiği | 110 |
| 4.5.5.1. Yeraltısuyu Seviye Değişimleri | 111 |
| 4.5.5.2. Yeraltısuyu Üretim Debileri | 112 |
| 4.6. Yalvaç-Gelendost Havzası Yeraltısuyu Akım Modeli | 114 |
| 4.6.1. Yeraltısuyu Akımının Temel Matematiksel Denklemleri | 114 |
| 4.6.2. Yeraltısuyu Akımı Kısmi Diferansiyel Denkleminin Sonlu Farklar Yöntemiyle Sayısal Çözümü | 118 |
| 4.6.3. MODFLOW | 119 |
| 4.6.4. PMWIN Paket Programının Genel Özellikleri | 120 |
| 4.6.5. Yalvaç-Gelendost Havzası Yeraltısuyu Akımının PMWIN Programı Kullanılarak Modellenmesi | 121 |
| 4.6.6. Sınır Koşulları ve Grid Ağlarının Oluşturulması | 123 |
| 4.6.7. Tabaka Tipleri ve Akifer Geometrisi | 124 |
| 4.6.8. Akiferin Hidrojeolojik Parametreleri | 127 |
| 4.6.9. Model Parametreleri | 129 |
| 4.6.10. Yeraltısuyu Akım Modelinin Kalibrasyonu | 137 |
| 4.6.11. Yeraltısuyu Akım Modellemesiyle Hazırlanan Su Bütçesi ve Sonuçları ... | 149 |
| 4.7. Hidrojeokimya | 153 |
| 4.7.1. Yerleşim Alanlarından Kaynaklanan Kirlilik | 154 |
| 4.7.1.1. Evsel Sıvı Atıklar | 156 |

| | |
|---|-----|
| 4.7.1.2. Katı Atık Depolama Alanları | 160 |
| 4.7.2. Tarımsal Faaliyetler | 161 |
| 4.7.2.1. Bitki Besin Maddeleri | 163 |
| 4.7.2.2. Tarımsal Mücadele İlaçları | 164 |
| 4.7.3. Endüstriyel Faaliyet | 165 |
| 4.7.4. Çalışma Alanındaki Yüzey Suları ve Yeraltısularının Hidrojeokimyasal ve İzotop Jeokimyasal Sınıflaması | 170 |
| 4.7.4.1. Schoeller'e göre Suların Sınıflaması | 170 |
| 4.7.2.2. Piper'e göre Suların Sınıflaması | 173 |
| 4.7.2.3. Suların İzotop Jeokimyasal Özellikleri | 175 |
| 4.7.5. Suların Kullanım Özellikleri | 177 |
| 4.7.5.1. Suların Kalite Kriterleri | 177 |
| 4.7.5.2. Suların İçilebilme Özellikleri | 179 |
| 5. SONUÇLAR | 192 |
| 6. KAYNAKLAR | 196 |
| EKLER | 210 |
| EK 1. Genel Jeoloji Haritası | 211 |
| EK 2. Panel Diyagram | 212 |
| Ek 3. Çizgisellik Haritası | 213 |
| EK 4. Thornthwaite Yöntemi ile Yapılan Deneştirmeli Su Bilançosu Çizelgeleri .. | 214 |
| Ek 5. Blaney-Criddle Yöntemi ile Yapılan Deneştirmeli Su Bilançosu Çizelgeleri | 220 |
| Ek 6. Schendel Yöntemi ile Yapılan Deneştirmeli Su Bilançosu Çizelgeleri | 226 |
| EK 7. Drenaj Ağı Haritası | 232 |
| EK 8. Hidrojeoloji Haritası | 233 |
| Ek 9. DSİ Projeler Haritası | 234 |
| Ek10. DSİ Sondaj Kuyularına Ait Sondaj Logları | 235 |
| Ek11. Köy Hizmetleri Sondaj Kuyularına Ait Sondaj Logları | 236 |
| EK 12. Theis, Cooper-Jacob, Neuman, ve Moench Yöntemlerinin Çözümleri | 237 |
| EK 13. Yeraltısuyu Seviye Haritası (Mayıs-2002) | 251 |
| EK 14. Yeraltısuyu Seviye Değişim Haritası | 252 |
| EK 15. Üretim Debisi Haritası | 253 |
| EK 16. Kirlilik Kaynakları ve Örnek Alım Noktası Haritası | 254 |

| | |
|---|-----|
| Ek 17. Su örnekleri hidrojeokimyasal analiz sonuçları (Mayıs-Ekim 2002) | 255 |
| Ek 18. Kurşun konsantrasyonu değişim haritası | 256 |
| Ek 19. Krom konsantrasyonu değişim haritası | 257 |
| Ek 20. Bakır konsantrasyonu değişim haritası | 258 |
| Ek 21. Çinko konsantrasyonu değişim haritası | 259 |
| ÖZGEÇMİŞ | 260 |

ÖZET

Çalışma alanı Türkiye'nin güneybatısında Eğirdir Gölü su toplama havzası içerisinde yer alan Hoyran ve Yalvaç-Gelendost ovalarını kapsamaktadır. Çalışma alanında stratigrafik ve petrografik özelliklerine göre 8 farklı birim ayırtlanmış ve 1/200 000 ölçekli jeoloji haritasında gösterilmiştir. Bu birimler alttan üste doğru Sultandede Formasyonu, Hacıalabaz Formasyonu, Anamas Formasyonu, Hoyran Ofiyoliti, Neojen istifi oluşturan Bağkonak, Yarıkkaya ve Göksöğüt Formasyonları ile tüm birimleri uyumsuz olarak örten yamaç molozu ve alüvyon yer almaktadır. Birimlerin yanal ve düşey dağılımlarının ayrıntılı olarak ortaya koymak amacıyla kesitler alınarak panel diyagram hazırlanmıştır.

Çalışma alanı içerisindeki DMİ ait ortalama yağış değerleri belirlenerek ortalama yağıştan eklenik sapma grafikleri hazırlanarak yağış dönemleri belirlenmiştir. Yıllık Aritmetik ortalama, Thiessen (çokgen) ve eş yağış eğrileri (isohyet) yöntemleri kullanılarak yıllık ortalama yağış miktarı hesaplanmıştır. Su bilançosunda eşyağış (izohiyet) eğrileri yöntemi kullanılarak yıllık ortalama yağış miktarı Yalvaç-Gelendost Havzası için 513.8 mm ve Hoyran Havzası için 475.2 mm bulunmuştur. Potansiyel ve gerçek buharlaşma değerleri, Thornthwaite, Blaney-Cridle ve Schendel yöntemleri kullanılarak hesaplanmış ve bu yöntemler için denestirmeli su bilançosu yapılmıştır. Su bilançosunda Thornthwaite yöntemi ile bulunan, Yalvaç-Gelendost Havzası için 344.24 mm'lik, Hoyran Havzası için ise 304.43 mm'lik gerçek buharlaşma değerleri kullanılmıştır. Çalışma alanından Eğirdir Gölü'ne olan yıllık ortalama akarsu akımı Yalvaç Deresi'nden (23 yıl) $63.40 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve Hoyran Deresi'nden (10 yıl) $10.65 \times 10^6 \text{ m}^3$ bulunmuştur. Su bilançosu yapılarak Hoyran ve Yalvaç-Gelendost havzalarında kireçtaşlarından beslenme ve boşalım değerleri eşit kabul edildiğinde, emniyetli kullanılabilir yeraltısuyu miktarı Yalvaç-Gelendost ovalarında $63.71 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ve Hoyran Ovası'nda $24.93 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak bulunmuştur.

Birimler hidrojeolojik özelliklerine göre ayırtlanarak hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır. Çalışma alanında yer alan alüvyon birimin serbest akifer ve kireçtaşlarının ise karstik akifer özelliği taşıdıkları belirlenmiştir. Çalışma alanı hidrojeolojik olarak iki tali havzaya ayrılmış ve bu iki havza için ayrı ayrı su bilançosu yapılarak emniyetli kullanılabilir yeraltısuyu miktarı Hoyran Ovası'nda $24.93 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$, Yalvaç-Gelendost ovalarında $63.71 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak bulunmuştur. Yeraltısuyu seviye haritası hazırlanarak her iki havzada da yeraltısuyu akım yönünün güneybatı yönünde Eğirdir Gölü'ne doğru olduğu belirlenmiştir. Serbest akifer için Theis, Cooper-Jacob ve Neuman, karstik akifer için Moench yöntemleri kullanılarak akiferlere ait hidrojeolojik parametreler (K, T, S) belirlenmiştir. Yalvaç ovasında permeabilite katsayısı $5.60 \times 10^{-7} - 6.47 \times 10^{-6} \text{ m/s}$, transmisibilite katsayısı $6.21 \times 10^{-5} - 2.46 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, depolama katsayısı $\% 3.74 \times 10^{-3} - 4.28 \times 10^{-3}$, Hoyran havzasında permeabilite katsayısı $1.41 \times 10^{-4} - 6.15 \times 10^{-2} \text{ m/s}$, transmisibilite katsayısı $8.98 \times 10^{-3} - 6.16 \text{ m}^2/\text{s}$, depolama katsayısı $\% 3.82 \times 10^{-5} - 5.34 \times 10^{-3}$, Tokmacık-Çaltı ovasında permeabilite katsayısı $4.29 \times 10^{-5} - 3.46 \times 10^{-4} \text{ m/s}$, transmisibilite katsayısı $8.98 \times 10^{-3} - 5.19 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, depolama katsayısı $\% 2.58 \times 10^{-5} - 4.50$ arasında değişen değerler bulunmuştur.

Yeraltısuyu akım modellemesinde, United States Geological Survey tarafından geliştirilmiş üç boyutlu modüler, sonlu farklar matematik modeli olan MODFLOW

kullanılmıştır. Çalışma alanının tabanında kireçtaşıdan oluşan karstik bir akifer, bunun üzerinde geçirimsiz Hoyran ofiyoliti ve Neojen tortullardan oluşan yarı veya az geçirimli su depolama özelliğine sahip iki akifer ve en üstte serbest akifer özelliğindeki alüvyon tabaka yer almaktadır. Tanımlanan dört tabakanın çalışma alanında yüzeylenmesi modelleme tekniği açısından ilginçtir. Bu çalışmada, kapalı bir havza özelliğinde olan çalışma alanının matematiksel yeraltısuyu akım modeli oluşturularak, yeraltısuyu akım yönü, yeraltısuyu boşalım miktarı, akifer parametreleri ve hidrojeolojik sistemin kavramsal modelinin doğruluğunun belirlenmesine çalışılmıştır. Çalışma alanı sonlu farklar yöntemiyle 2000 yılı hidrolojik gözlemleri esas alınarak kararlı akım varsayımı ile modellenmiştir. Model alanındaki kaynak (pınar) debileri ve serbest akiferin yeraltısuyu seviye ölçümleri kullanılarak modelin kalibrasyonu yapılmıştır. Yeraltısuyu akım modellemesi sonucunda, yeraltısuyu akış mekanizması tespit edilerek, yeraltısuyu boşalımının serbest yüzeyli akifer ile özellikle kireçtaşlarından Eğirdir Gölü'ne doğru ve yıllık toplam $114 \times 10^6 \text{ m}^3$ olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki kirlilik çalışmalarında yerleşim alanlarının katı atıkların düzensiz depolandığı, atık suları arıtılmaksızın Eğirdir Gölü'ne boşalan derelere verildiği ve Yalvaç Deri Sanayi atıklarının da yine önlemsiz bertaraf edildiği belirlenmiştir. Bunun yanında havzada yoğun şekilde, tarımsal mücadele ilaçları, sentetik ve doğal gübreler kullanıldığı tespit edilmiştir. Kirlilik kaynakları dikkate alınarak Mayıs ve Ekim 2002 tarihlerinde iki dönemde, arazi deneyleri yapılarak yüzey suyu ve yeraltısuyu örneklerinin sıcaklık, pH, Eh, Elektriksel İletkenlik, Toplam Katı Madde Miktarı, Çözünmüş Oksijen Miktarı, Nitrit, Amonyak, Sertlik (Fransız Sertliği), Alkalinite ve Asidite özellikleri belirlenmiştir. Alınan örneklerin hidrojeokimyasal analizleri sonucunda kullanıma yönelik suların sınıflamaları yapılmıştır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (1988)'nde yer alan, kıta içi su kaynaklarının sınıflamasına göre; Mayıs-2002 analiz sonuçlarına göre çalışma alanındaki sular Kurşun (Pb^{2+}) miktarına göre IV. sınıf "çok kirlenmiş sular", Krom (Cr^{3+}) ve bakır (Cu^{2+}) miktarına göre; III. sınıf "kirlenmiş sular", Çinko (Zn^{2+}) miktarına göre ise ; II. sınıf "az kirlenmiş sular" sınıfına girmektedir. Ekim-2002 analiz sonuçlarına göre sular Krom (Cr^{3+}) miktarına göre IV. sınıf "çok kirlenmiş sular", Kurşun (Pb^{2+}) ve bakır (Cu^{2+}) miktarına göre; III. sınıf "kirlenmiş sular", Çinko (Zn^{2+}) miktarına göre ise ; II. sınıf "az kirlenmiş sular" sınıfına girmektedir. Havzadaki yüzey suları ve yeraltısularında, Türk İçme Suyu Standardı (TSE-266) göre Krom (Cr^{3+}) ve kurşun (Pb^{2+}) miktarlarının tüm örneklerde içme suyu sınır değerlerini aştığı tespit edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü Uluslararası Standardlarına (WHO-1972) göre Krom (Cr^{3+}) Mayıs-2002 örneklerinin tümünde, Bakır (Cu^{2+}) ve Çinko (Zn^{2+}) Mayıs-2002 kanalizasyon civarındaki yüzey suyu ve yeraltısuyu örneklerinde, Bakır (Cu^{2+}) Ekim-2002 örneklerinin tümünde içme suyu sınır değerlerini aşmaktadır. Yüzey suyu ve yeraltısuyu örneklerindeki ağır metal miktarlarının özellikle içme suları açısından sınır değerleri aştığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, çalışma alanındaki yüzey suyu ve yeraltısularında ağır metal kirliliğinden söz etmek mümkündür.

ANAHTAR KELİMELER : Eğirdir Gölü, Hidrojeokimya, Kirlilik, Su Potansiyeli, Yalvaç-Gelendost Havzası, Yeraltısuyu Akım Modeli.

ABSTRACT

The area of study covers Hoyran and Yalvaç-Gelendost plains which is located in Eğirdir Lake watershed basin in the southwest of Turkey. Lithologic units in the area of study are identified in eight different units according to their stratigraphic and petrographic characteristics and it is shown in a 1/200 000 scaled geological map. These units from the bottom to the top are Sultandede formation, Hacıalabaz formation, Anamas formation, Hoyran Ophiolite, Bağkonak, Yarikkaya and Göksöğüt formation which forms Neogene sequence and alluvium which covers all the units discordantly. Geological cross-sections are taken to reveal lateral and longitudinal distribution of units in detail.

Specifying average precipitation values which belongs to DMI and preparing graphs of cumulative deviation from average precipitation periods have been determined. Annual precipitation amount is calculated using the methods of annual arithmetic average, Thiessen (polygon) and isohyets. Annual precipitation amount is found 513.8 mm for Yalvaç-Gelendost basin and 475.2 mm for Hoyran basin using the isohyet method. Potential and real evapotranspiration values are calculated using the methods of Thornthwaite, Blaney-Cridle and Schendel and water budget calculations is done for these methods. In water budget real evaporation values of 344.24 mm for Yalvaç-Gelendost Basin and 304.43 mm for Hoyran Basin obtained by using the method of Thornthwaite are used. It has been found that annual stream flow to Eğirdir Lake from Yalvaç River (23 years) is $63.40 \times 10^6 \text{ m}^3$ and from Hoyran River (10 years) is $10.65 \times 10^6 \text{ m}^3$. Doing water budget, it has been found that groundwater amount which may be used safely is $63.71 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ in Yalvaç-Gelendost Plains and $24.93 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ in Hoyran Plains by assuming recharge and discharge values from limestone are equal.

Hydrogeological map of units is prepared according to their hydrogeological characteristics. It is specified that alluvium units in the area of study have unconfined aquifer characteristics and limestone have karstic aquifer characteristics. The area of study is divided into two secondary basins and preparing their individual water budget for each basin the amount of groundwater which can be used safely is found as $24.39 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ in Hoyran plain and $61.58 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ in Yalvaç-Gelendost plains. Preparing groundwater level map groundwater flow direction is determined that is towards southwest to the Eğirdir Lake. Using Theis, Cooper-Jacob, Neuman methods for unconfined aquifer and Moench methods for karstic aquifer hydrogeological parameters of aquifers are determined. It is found that permeability coefficient is changing from $5.60 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ to $6.47 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ and transmissibility coefficient is changing from $6.21 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ to $2.46 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, storage coefficient changing from 3.74×10^{-3} to $4.28 \times 10^{-3} \%$ in Yalvaç Plain; permeability coefficient values are in between $1.41 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ and $6.15 \times 10^{-2} \text{ m/s}$, transmissibility coefficients are in between $8.98 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ and $6.16 \text{ m}^2/\text{s}$, storage coefficients are in between 3.82×10^{-5} and $5.34 \times 10^3 \%$ in Hoyran Plain; permeability coefficient values are in between $4.29 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ and $3.46 \times 10^{-4} \text{ m/s}$, transmissibility coefficients are in between 8.98

$\times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ and $5.19 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, storage coefficients are in between 2.58×10^{-5} and 4.50 % in Tokmacık-Çaltı Plain.

In this study, MODFLOW of United States Geological Survey, three-dimensional finite difference groundwater flow model, is used as modeling platform. In the bottom of the study area, there is a confined/unconfined karstic aquifer that is overlaid by a less permeable Hoyran Ophiolite and Neogene Sediments, which is identified as aquitard because of its less permeability and less storage capacity. The upper most layer is a phreatic aquifer made of alluviums. All the aquifers are cropped out in the study area so all the aquifers act some places as confined and other places as unconfined, this makes the modeling interesting. In this study, a numerical groundwater flow model of the Yalvac basin, which is a closed basin, was created to determine the amount of groundwater discharge to Egirdir Lake and to determine the aquifer parameters, and to check the validity of the conceptual hydrogeological model of the study area. The model is performed as a steady state model using yearly average hydrologic conditions of 2000. The calibration of the model has been carried out based on yearly average groundwater level observations, spring discharges and pool levels of 2000. Groundwater discharge amount to Egirdir Lake was determined as yearly total of $114 \times 10^6 \text{ m}^3$ and the groundwater flow mechanism in the study area were determined by means of the model.

In the water pollution studies in the study of area it is specified that solid waste of settlement areas are stored irregularly, waste waters is given to the rivers which flows into Egirdir Lake without treatment and the waste of Yalvaç Leather Industry is dumped out without taking any precautions. In addition to this it is determined that pesticides and fertilizers, synthetic and natural manures are used intensively. The temperature, pH, Eh, electrical conductivity, the amount of total solid substance, amount of dissolved oxygen, nitrate, ammonia, hardness, alkalinity and acidity characteristics of groundwater and surface water samples are determined with in-situ experiments by considering pollution sources. Usable water has been classified at the end of hydrogeochemical analysis of the samples. According to the classification of Incontinent Water Resources Regulation (1988) of water pollution control and the analysis results of May 2002, water in the study area is of class IV “very polluted water” according to lead (Pb^{2+}) amount, and is of class III “polluted water” according to the amount of chrome (Cr^{3+}) and copper (Cu^{2+}) and is of class II “less polluted water” according to the amount of zinc (Zn^{+2}). The analysis results of October 2002 water in the area of study is of class IV “very polluted water” according to chrome (Cr^{3+}) amount, and is of class III “polluted water” according to the amount of lead (Pb^{2+}) and copper (Cu^{2+}) and is of class II “less polluted water” according to the amount of zinc (Zn^{+2}). It is determined that chrome (Cr^{3+}) and lead (Pb^{2+}) amount in surface water and groundwater in the basin has exceeded the maximum values in all samples according to Turkish Standard (TSE-266) of drinking water. According to International Standards World Health Organisation (WHO-1972) chrome (Cr^{3+}) in all samples of May 2002, copper (Cu^{2+}) and zinc (Zn^{+2}) in the surface water and groundwater May 2002 samples taken near by a sewerage system, copper (Cu^{2+}) in all samples of October 2002 are over the maximum limits of drinking water. It has been defined that the amount of heavy metal in surface water and

groundwater samples especially in terms of drinking water is exceed maximum exists limits. According to these results it is possible to say that heavy metal pollution in surface water and groundwater in the study area.

KEY WORDS : Eğirdir Lake, Hydrochemisty, Groundwater Flow Model, Pollution, Potential of Water, Yalvaç-Gelendost Basin.

TEŞEKKÜR

Yazar, bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde katkılarından dolayı aşağıda adı geçen kişi ve kuruluşlara içtenlikle teşekkür eder.

Sayın Prof. Dr. Remzi Karagüzel (tez danışmanı), çalışmanın her aşamasında yapıcı eleştiri, katkı ve yönlendirmeleriyle yol gösterici olmuş ve tezin tamamlanmasında önemli katkılar sağlamıştır.

Yrd. Doç. Dr. Ahmet Doğan (ikinci danışman), çalışmanın son aşamasında yeraltısuyu akım modellemesindeki katkıları ile karşılaşılan sorunların aşılmasına yardımcı olmuştur. Prof. Dr. Nevzat Özgür ve Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi çalışanları arazi deneyleri ve laboratuvar analizleri için her türlü donanım desteği sağlayarak, hidrojeokimyasal analiz sonuçlarının yorumlanmasına yardımcı olmuşlardır.

Tez İzleme Komitesi üyelerinden Prof. Dr. Nevruz Yardımcı, çalışmanın her safhasında yapıcı eleştiri ve katkılarıyla tezin şekillenmesine yardımcı olmuştur.

Öğr. Gör. Selma Altinkale ve Arş. Gör. Dilek Yaman, arazi deneyleri ve laboratuvar analizlerindeki yardım ve katkıları ile destek olmuşlardır.

Öğr. Gör. Erhan Şener, arazi çalışmaları sırasındaki GPS kullanımında, çizgisellik analizinde hazırlanması ve harita çıktılarının alınmasında yardımcı olmuştur.

Isparta Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü ve Köy Hizmetleri Bölge Müdürlüğü çalışanları çalışma alanındaki Köy Hizmetlerine ait kuyu loglarının temininde ve kimyasal su analizlerinin bir kısmının yapılmasında yardımcı olmuşlardır. DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü, Yeraltısuyu Şubesi çalışanları çalışma alanındaki DSİ'ye ait sondaj kuyularına ait kuyu loglarının temininde yardımcı olmuşlardır.

Bu çalışma doktora çalışması, Süleyman Demirel Üniversitesi Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından 457 nolu proje ile desteklenmiştir.

SİMGELER DİZİNİ

| | |
|-------------------|---|
| t | : Aylık sıcaklık ortalaması [$^{\circ}\text{C}$], |
| i | : Aylık sıcaklık indisi, |
| I | : Yıllık toplam sıcaklık indisi, |
| E_{tp} | : Potansiyel buharlaşma-terleme miktarı [mm], |
| E_{tr} | : Gerçek buharlaşma-terleme miktarı [mm], |
| P | : Yağış miktarı [mm] |
| p | : Enlem düzeltme katsayısı, |
| H | : Ortalama aylık nispi nem [%], |
| q | : Darcy akımı [L/T], |
| T | : Transmisibilite Katsayısı [$\text{L}^3/\text{T}/\text{L}$] |
| S | : Depolama katsayısı [%] |
| K | : Hidrolik iletkenlik katsayısı [L/T], |
| i | : İki nokta arasındaki hidrolik eğimi [L/L], |
| ρ | : Öz kütle [M/L^3], |
| q_x | : x yönündeki darcy akımı, |
| q_y | : y yönündeki darcy akımı, |
| q_z | : z yönündeki darcy akımı, |
| ρq | : Birim kontrol hacimdeki birim kesit alanı boyunca akış kütle oranı, |
| S_s | : Özgül verim [%], |
| V_{cont} | : İki tabaka arasındaki düşey sızma miktarı [1/T], |
| ΔV_k | : Üstteki (k) tabakanın kalınlığı [L.], |
| ΔV_{k+1} | : Altındaki (k+1) tabakanın kalınlığı [L.], |
| $[K_z]_{j,i,k}$ | : Üstteki tabakanın düşey hidrolik iletkenliği [L/T], |
| $[K_z]_{j,i,k+1}$ | : Altındaki tabakanın düşey hidrolik iletkenliği [L/T], |
| C_d | : Kaynağın hidrolik iletkenliği [L^2/T], |
| d | : kaynak rezervuarının su yüksekliği [L], |

KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|---------|---|
| K | : Kuzey |
| G | : Güney |
| D | : Doğu |
| B | : Batı |
| KD | : Kuzeydoğu |
| KB | : Kuzeybatı |
| GD | : Güneydoğu |
| GB | : Güneybatı |
| Fm. | : Formasyon |
| SDÜ | : Süleyman Demirel Üniversitesi |
| MTA | : Maden Tetkik ve Arama |
| TÜBİTAK | : Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu |
| TDS | : Toplam Çözülmüş Maddeler |
| DMİ | : Devlet Meteoroloji İstasyonu |
| Etp | : Potansiyel Buharlaşma Terleme |
| Etr | : Gerçek Buharlaşma Terleme |
| DSİ | : Devlet Su İşleri |
| KH | : Köy Hizmetleri |
| KH16 | : 16 nolu Köy Hizmetleri sondaj kuyusu |
| K12 | : 12 nolu özel sondaj kuyusu |
| TSE | : Türk Standartlar Enstitüsü |
| WHO | : World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü) |
| EPA | : Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Örgütü) |
| ABD | : Amerika Birleşik Devletleri |
| UNEP | : United Nations Environment Program (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) |
| EC | : Electrical Conductivity (Elektriksel İletkenlik) |
| SAR | : Sodium Adsorption Ratio (Sodyum Adsorpsiyon Oranı) |
| Fr° | : Fransız sertliği |

| ŞEKİLLER DİZİNİ | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| Şekil 3.1. Çalışma alanının yer buldur haritası | 14 |
| Şekil 4.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş sütun kesiti | 26 |
| Şekil 4.2. Isparta büklümünün basitleştirilmiş jeoloji haritası | 42 |
| Şekil 4.3. Çizgiselliklere ait gül diyagramı | 47 |
| Şekil 4.4. Hacıalabaz Formasyonundaki tabakalara ait gül diyagramı | 51 |
| Şekil 4.5. Hacıalabaz Formasyonundaki eklemlere ait kontur diyagramı | 53 |
| Şekil 4.6. Hacıalabaz Formasyonundaki eklemlere ait gül diyagramı | 54 |
| Şekil 4.7. Çalışma alanı ve çevresindeki DMİ yerlerinin haritası | 56 |
| Şekil 4.8. Çalışma alanı DMİ 17 yıllık ortalama yağış değerlerine ait ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği | 58 |
| Şekil 4.9. Yalvaç DMİ ait ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği | 59 |
| Şekil 4.10. Gelendost DMİ ait ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği | 60 |
| Şekil 4.11. Kumdanlı DMİ ait ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği | 61 |
| Şekil 4.12. Bağkonak DMİ ait ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği | 62 |
| Şekil 4.13. Çalışma alanındaki DMİ verilerine göre belirlenen yağış periyotları | 63 |
| Şekil 4.14. Çalışma alanında Thiessen yöntemi ile ortalama yağış uygulaması | 66 |
| Şekil 4.15. Çalışma alanının eşyağış eğrileri haritası | 67 |
| Şekil 4.16. Çalışma alanı ortalaması için Thornthwaite yöntemi ortalama yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği | 69 |
| Şekil 4.17. Yalvaç DMİ için Thornthwaite yöntemi yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği | 70 |
| Şekil 4.18. Gelendost DMİ için Thornthwaite yöntemi yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği | 70 |
| Şekil 4.19. Bağkonak DMİ için Thornthwaite yöntemi yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği | 71 |
| Şekil 4.20. Kumdanlı DMİ için Thornthwaite yöntemi yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği | 71 |
| Şekil 4.21. Hoyran deresi aylık ortalama akış debisi grafiği | 80 |
| Şekil 4.22. Yalvaç deresi 23 yıllık ortalama aylık akış debisi grafiği | 82 |
| Şekil 4.23. Çalışma alanındaki hidrojeolojik birimler | 100 |
| Şekil 4.24. Türkiye karst bölgeleri haritası | 103 |

| | |
|---|-----|
| Şekil 4.25. Gözenekli ortamdaki akış için birim kontrol hacmi | 116 |
| Şekil 4.26. Koşullanma Eşlenik Gradyan Paketi 2 diyalog kutusu | 122 |
| Şekil 4.27. Çalışma alanının sonlu farklar grid ağı ve enine kesiti | 125 |
| Şekil 4.28. Düşey sızma miktarının hesaplamasında kullanılan grid şekli | 129 |
| Şekil 4.29. Birinci tabakaya (K1) ait gözlem kuyuları ve kaynak lokasyon haritası . | 133 |
| Şekil 4.30. İkinci tabakaya (K2) ait gözlem kuyuları ve kaynak lokasyon haritası ... | 134 |
| Şekil 4.31. Üçüncü tabakaya (K3) ait gözlem kuyuları ve kaynak lokasyon haritası | 135 |
| Şekil 4.32. Dördüncü tabakaya (K4) ait gözlem kuyuları ve kaynak lokasyon haritası | 136 |
| Şekil 4.33. Birinci tabakada (K1) için kalibre edilmiş yatay hidrolik iletkenlik haritası | 139 |
| Şekil 4.34. İkinci tabaka (K2) için kalibre edilmiş yatay hidrolik iletkenlik haritası. | 140 |
| Şekil 4.35. Dördüncü tabaka (K4) için kalibre edilmiş yatay hidrolik iletkenlik haritası | 141 |
| Şekil 4.36. Birinci tabaka (K1) için kalibre edilmiş düşey hidrolik iletkenlik haritası | 142 |
| Şekil 4.37. İkinci tabaka (K2) için kalibre edilmiş düşey hidrolik iletkenlik haritası | 143 |
| Şekil 4.38. Dördüncü tabaka (K4) için kalibre edilmiş düşey hidrolik iletkenlik haritası | 144 |
| Şekil 4.39. Gözlenen ve hesaplanan hidrolik seviyelerin karşılaştırma grafiği | 145 |
| Şekil 4.40. Serbest akiferdeki hesaplanan seviyeler ile gözlenen seviyeler arasındaki farka ait kontur haritası | 146 |
| Şekil 4.41. Serbest akifer (K1) için kalibre edilmiş yeraltısuyu seviyeleri | 147 |
| Şekil 4.42. Karstik akifer (K4) için kalibre edilmiş yeraltısuyu seviyeleri | 148 |
| Şekil 4.43. Yalvaç-Gelendost yeraltısuyu havzasının modelleme sonunda oluşan 2000 yılına ait su bütçesi | 150 |
| Şekil 4.44. Mayıs-2002 dönemi su örneklerine ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı | 172 |
| Şekil 4.45. Ekim-2002 dönemi su örneklerine ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı | 173 |
| Şekil 4.46. Mayıs-2002 dönemi su örneklerine ait Piper diyagramı | 174 |
| Şekil 4.47. Ekim-2002 dönemi su örneklerine ait Piper diyagramı | 175 |

| | |
|---|-----|
| Şekil 4.48. Çalışma alanındaki örneklere ait $\delta^{18}\text{O}$ ve δD grafiği | 177 |
| Şekil 4.49. Mayıs-2002 döneminde alınan su örneklerine ait Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramı | 184 |
| Şekil 4.50. Ekim-2002 döneminde alınan su örneklerine ait Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramı | 185 |
| Şekil 4.51. Mayıs-2002 döneminde alınan su örneklerine ait ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı | 187 |
| Şekil 4.52. Ekim-2002 döneminde alınan su örneklerine ait ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı | 188 |
| Şekil 4.53. Mayıs-2002 döneminde alınan su örneklerine ait Wilcox diyagramı | 190 |
| Şekil 4.54. Ekim-2002 döneminde alınan su örneklerine ait Wilcox diyagramı | 191 |

| ÇİZELGELER DİZİNİ | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| Çizelge 3.1. İn-situ parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan cihazlar | 22 |
| Çizelge 3.2. Kimyasal analizlerde kullanılan cihazlar ve özellikleri | 23 |
| Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki meteoroloji istasyonlarına ait yıllık toplam yağış verileri | 57 |
| Çizelge 4.2. Farklı yöntemlerle bulunan buharlaşma elemanları | 75 |
| Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki DSİ akım rasat istasyonlarına ait verileri | 76 |
| Çizelge 4.4. Su bilançosu | 77 |
| Çizelge 4.5. Sücüllü akım rasat istasyonu akım karakteristikleri | 81 |
| Çizelge 4.6. Kaynaklara ait özellikler | 83 |
| Çizelge 4.7. Gelendost I ve II. kademe pompaj sulamasına ait teknik bilgiler | 88 |
| Çizelge 4.8. Hoyran pompaj sulamasına ait teknik bilgiler | 89 |
| Çizelge 4.9. Tokmacık-Çaltı pompaj sulamasına ait teknik bilgiler | 90 |
| Çizelge 4.10. Körküler Göleti'ne ait teknik bilgiler | 90 |
| Çizelge 4.11. Mısırlı Göleti'ne ait teknik bilgiler | 90 |
| Çizelge 4.12. Kurusarı Göleti'ne ait teknik bilgiler | 92 |
| Çizelge 4.13. Sücüllü Barajı'na ait teknik bilgiler | 92 |
| Çizelge 4.14. Hisarardı Göleti'ne ait teknik bilgiler | 93 |
| Çizelge 4.15. Balcı Göleti'ne ait teknik bilgiler | 93 |
| Çizelge 4.16. Kozluçay Göleti'ne ait teknik bilgiler | 94 |
| Çizelge 4.17. Dedeçam Göleti'ne ait teknik bilgiler | 94 |
| Çizelge 4.18. Bağkonak Göleti'ne ait teknik bilgiler | 95 |
| Çizelge 4.19. Kuyucak Göleti'ne ait teknik bilgiler | 95 |
| Çizelge 4.20. Çetince Göleti'ne ait teknik bilgiler | 96 |
| Çizelge 4.21. KH'ne ait sondaj kuyularının karakteristik parametreleri | 97 |
| Çizelge 4.22. DSİ'ye ait sondaj kuyularının karakteristik parametreleri | 98 |
| Çizelge 4.23. Akiferlerin hidrojeolojik parametreleri | 108 |
| Çizelge 4.24. Başlangıçta kullanılan tabakalara ait hidrojeolojik parametreler | 127 |
| Çizelge 4.25. Kalibrasyon sonucu elde edilen yatay ve düşey hidrolik iletkenlikler | 138 |
| Çizelge 4.26. Yerleşim alanlarının nüfusu ve kanalizasyon altyapı durumu | 155 |
| Çizelge 4.27. Evsel atık suların tipik kompozisyonu | 157 |
| Çizelge 4.28. Evsel Atık suda önemli kirleticilere ait birim yükler | 158 |

| | |
|--|-----|
| Çizelge 4.29. Yerleşim alanlarının nüfusuna karşılık su kullanım miktarları | 158 |
| Çizelge 4.30. Yerleşim merkezlerinin mevcut ve gelecekteki tahmini su tüketimleri ve atık su miktarları | 159 |
| Çizelge 4.31. Yerleşim merkezlerinin atık su deşarj noktalarına göre mevcut ve gelecekteki tahmini su tüketimleri ve atık su miktarlar ve oranları | 160 |
| Çizelge 4.32. Katı atık depolama alanı sızıntı suyu karakteristikleri | 161 |
| Çizelge 4.33. Ekili alanların ürün türlerine ve ilçelere göre dağılımı | 162 |
| Çizelge 4.34. Tarım arazilerinin ilçelere göre dağılımı | 162 |
| Çizelge 4.35. Gübre tüketiminin ilçelere göre dağılımı | 163 |
| Çizelge 4.36. Kullanılan tarım koruma ilaçlarının ilçelere göre dağılımı | 164 |
| Çizelge 4.37. Geleneksel olarak 1 ton ham derinin işlenmesi ile ortaya çıkan sıvı atık miktarı | 168 |
| Çizelge 4.38. Geleneksel olarak 1 ton ham derinin işlenmesi ile ortaya çıkan katı atık miktarı | 168 |
| Çizelge 4.39. Deri sanayiinde kullanılan kimyasal maddeler | 169 |
| Çizelge 4.40. Schoeller (1955) klorür, sülfat, karbonat-bikarbonat sınıflaması | 171 |
| Çizelge 4.41. Çalışma alanından alınan örneklerin izotop analiz sonuçları | 176 |
| Çizelge 4.42. Kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri | 178 |
| Çizelge 4.43. Türk içme suyu standartları (TSE. 266) | 180 |
| Çizelge 4.44. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Avrupa ve Uluslararası içme suyu standartları | 181 |
| Çizelge 4.45. Sodyum adsorpsiyon oranına göre sulama suları sınıflaması | 186 |

1. GİRİŞ

Canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için ihtiyaç duydukları doğal kaynakların başında su gelmektedir. Gelişen teknolojiye bağlı olarak kirlilik tehdidi altında bulunan dünya üzerindeki kullanılabilir su miktarına karşılık, hızla artan dünya nüfusu, sınırlı olan su kaynaklarının önemini giderek arttırmaktadır.

Yeryüzündeki suların %97' si okyanusları, kalan % 3'lük oranı ise tatlı sular oluşturmaktadır. Tatlı suların % 79'unu buzullar (Tüm suların %2,39), %20'sini yeraltısuları (Tüm suların %0,6), %1'ini de ulaşılabilir sular (Tüm suların %0,03) oluşturmaktadır. Ulaşılabilir bu suların %52'sini göller (Tüm suların %0,015), %38'ini yeryüzündeki nem (Tüm suların %0,010), %8'ini atmosferdeki su buharı (Tüm suların %0,002), %1'ini canlıların organizmalarındaki sular (Tüm suların %0,0003) ve kalan %1'ini nehirler ve kaynaklar (Tüm suların %0,0003) oluşturmaktadır. Ülkemizdeki yeraltısularımızın potansiyelini saptamak amacıyla DSİ tarafından 1956 yılından bu yana yapılmakta olan çalışmalar tamamlanmak üzeredir. Halen 236 ovanın yeraltısuları rezerv raporu hazırlanmıştır. Bu ovaların saptanan yararlanılabilecek yeraltısuları toplam rezervi $9500 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ düzeyindedir. Bu rezervin $5000 \times 10^6 \text{ m}^3$ nün sulamaya ayrılacağı ve yaklaşık 600 000 hektarlık arazinin yeraltısuyundan sulanabileceği saptanmaktadır. (Karagüzel, 2004).

Tarımsal sulama ve yerleşim alanlarının en büyük su kaynaklarını oluşturan yüzey ve yeraltısuları, artan nüfusa ve gelişen sanayileşmeye bağlı olarak gün geçtikçe daha da artan kirlenme riski ile karşı karşıyadır. Yerleşim alanlarından ve sanayi tesislerinden kaynaklanan sıvı atıkların arıtılmaksızın deşarj edilmesi ve katı atık depolaması, tarım alanlarında artan tarımsal mücadele ilaçları ve gübre kullanımı, yüzey suları ve yeraltısularının kirlenmesine sebep olmaktadır. Yüzey suyu ve yeraltısuyunun kalitesinin ve kirliliğinin belirlenerek, gerekli koruma-iyileştirme tedbirlerinin alınabilmesi için ortamın jeolojik, hidrolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Yüzey suları ve yeraltısularının günümüzdeki miktarı ve kullanıma yönelik kalitesinin belirlenmesi, gelecekteki

kullanılabilme imkanlarının değerlendirilmesi, kirlenmeden korunmaları için su kaynaklarının izlenmesi ve su kaynaklarının optimum kullanımına yönelik programların geliştirilmesi amacıyla havzalarda hidrojeolojik çalışmalar yapılmaktadır.

Bu çalışmada, Göller Bölgesi'nde Eğirdir Gölü doğusunda yer alan Hoyran ve Yalvaç-Gelendost havzası konu edilmektedir. Havza yörenin en büyük sulama ve içme suyu potansiyeline sahip, Türkiye'nin ikinci büyük tatlı su gölü olan Eğirdir Gölü drenaj alanı içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı içerisindeki Yalvaç İlçesi kanalizasyon suları ve Yalvaç Deri Sanayi atık suları Yalvaç Deresi ve kollarına, Gelendost İlçesi kanalizasyonu ise Eğirdir Gölü'ne dökülen kurutma kanalına verilmektedir. Havzada düzenli katı atık depolama tesisi yoktur, yerel yönetimler kendi imkanları ile topladıkları çöpleri yerleşim alanları dışında gelişmiş güzel depolamaktadır. Tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı havzada gelişen teknoloji ile birlikte verimi artırmak amacıyla yoğun olarak bitki besin maddeleri ve tarımsal mücadele ilaçları kullanılmaktadır. Yalvaç içerisinde atık suların arıtılması için aktif durumda arıtma tesis bulunmamaktadır. Tüm bu kirleticilerden dolayı havza içerisindeki yüzey suları ve yeraltı suları ile Eğirdir Gölü'nün kirlenme riski taşıdığı görülmüştür. Kirleticilerin çalışma alanındaki yüzey suyu ve yeraltı suyu kalitesine dolayısıyla Eğirdir Gölü'ne olası etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Kirlenme riskinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda jeoloji, hidroloji, hidrojeoloji, yeraltı suyu akım modellemesi ve hidrojeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Çalışma alanında bulunan birimler stratigrafik ve petrografik özelliklerine göre ayırtılarak, çalışma alanının tektonostratigrafik sütun kesiti ve genel jeoloji haritası hazırlanmıştır. Litolojik birimlerin yanal ve düşey dağılımlarını ayrıntılı olarak ortaya koymak amacıyla hazırlanan genel jeoloji haritası üzerinden kesitler alınarak panel diyagram hazırlanmış ve yeraltı jeolojisi aydınlatılmaya çalışılmıştır. Çalışma alanındaki litolojik birimler arazi gözlemleri, sondaj kuyularına ait kuyu logları, pompaj deney verileri ve bu verilerden elde edilen akifer karakteristiklerine (K, T, S) göre belirlenen hidrojeolojik özellikleri dikkate alınarak ayırtlanmıştır. Yarı kapalı bir havza özelliği gösteren çalışma alanı içerisindeki tek akarsu olan Yalvaç Dere'si, Eğirdir Gölüne boşalmaktadır. Çalışma alanındaki

yeraltısuyu dinamiğine açıklık getirmek amacıyla yeraltısuyu seviye ölçümleri sonucunda hazırlanan yeraltısuyu seviye haritalarında, yeraltısuyu akım yönünün güneybatı-batı yönünde Eğirdir Gölü'ne doğrudur. Yeraltısuyu bilançosu ve diğer hidrojeolojik problemlerin çözümünde hidrojeolojik parametrelerin yapı üzerindeki etkilerini ve hidrojeolojik yapının tepkilerini tahmin etmede etkili olan yeraltısuyu akım modellenmesi yapılmıştır. Sonuçta yeraltısuyu akım modellenmesinin hassasiyetinin ve doğruluğunun belirlenmesi amacıyla, hidroloji bölümünde yapılan su bilançosu ile yeraltısuyu modellenmesi sonucunda bulunan su bilançosu karşılaştırılarak Eğirdir Gölü'ne olan yeraltısuyu akım miktarı belirlenmiştir.

Çalışma alanı içerisinde yer alan bu kirleticilerin, yüzey ve yeraltısularının kalitesine dolayısı ile Eğirdir Gölü su kalitesi üzerine olası olumsuz etkilerinin tartışılması amacıyla Mayıs ve Ekim 2002 dönemlerinde su örnekleri alınarak arazi ve laboratuarda suların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Kullanım alanlarına dikkate alınarak belirli kriterlere göre sınıflandırılmaları yapılmıştır. Çalışma alanındaki kirleticilerin yüzey ve yeraltısularının kalitesine dolayısı ile Eğirdir Gölü'ne olası olumsuz etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Blumenthal (1947), MTA Enstitüsü adına “*Seydişehir-Beyşehir Alanının Jeolojisi*” ni incelemiştir. Bu çok yönlü araştırmada bölgenin çeşitli jeolojik sorunları ayrıntılarıyla ele alınmıştır. Araştırmacı tabanda yer alan şistleri “Seydişehir Şisti” olarak adlandırmış, Devoniyen olarak düşündüğü şistler üzerine, Üst Paleozoyik’in gri-mavi kireçtaşı ve kalkşist arakatlı masif kireçtaşını yerleştirmiş, dolomit ve siyah-mavi kireçtaşınınınsa Triyas yaşında olduğunu bildirmiş, Jura Transgresyonu ile başlayan “Komprehensif Seri” nin Lütésiyen’e kadar uzanan aralıksız bir kireçtaşı istifini sunduğunu, Lütésiyen üzerine açılmal uyumsuzlukla gelen Üst Eosen’in kumtaşı, kıltaşı ve marnlarını da filiş fasiyesinde olduğunu düşünmüştür.

Abdüselamoğlu (1958), “*Sultan Dağı’nın Jeolojisi*” adlı raporunda metamorfik şistler ile bunların arasındaki kuvarsit ve kireçtaşı merceklerinin temeli oluşturduklarını belirtir. Metamorfik seri üzerine uyumsuz olarak gelen dolomit ve kireçtaşına Jura yaşını vermiştir. Fosilli Üst Kretase’yi ayırmış ve daha geç olduğunu bildirmiştir. Sultandağını bütünüyle kuzeydoğuya yatık bir antiklinal meydana getirdiğini ifade etmiştir.

Brunn vd. (1971), Batı Toroslar’ın yapısal sorunlarına açıklık getirecek bölgesel yorumların yapıldığı çalışmalarda iki amaç üzerinde durmuşlardır. Birincisi; Otokton Torosları oluşturan örtü Mesozoyik-Tersiyer ile eski temelin tartışması, ikincisi ise Batı Toroslar’daki 3 büyük nap sisteminin tartışılmasıdır.

Özgül (1971), Orta Toroslar’ın kuzey kesiminin yapısal gelişiminde blok hareketlerinin önemine yönelik yapmış olduğu çalışmada, Paleozoyik ve daha genç yaşta kaya birimlerini kapsayan ve birbirinden farklı havzaları temsil eden birliklerin faylı dokanakla bir arada bulunduğunu ifade etmiştir. Bu birliklerden "Hadım Birliği" ile "Geyikdağı Birliği"ni yerli (otokton), "Güney İç Anadolu Birliği" ile "Orta Toros Birliği"ni yabancı (allokton) birlikler olarak belirtmiştir.

Haude (1972), Akşehir-Isparta yolunun güneyinde KB-GD uzanımlı üç zon ayırmıştır. Bunlar batıdan doğuya; Mesozoyik Kireçtaşı kapsayan zon, bunlardan birisidir. Temel üzerine açılmal uyumsuzlukla gelen Triyas'la konglomera, marn, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı bulunduğunu belirtmiştir.

Atalay (1973), Doktora tezi olarak Sultandağı ile Akşehir ve Eber Gölleri Havzalarının strüktürel ve jeomorfolojik etüdünü yapmıştır. Sultandağı'nın esas temelini kuvarsit kristalize kireçtaşı adeseleri kapsayan epimetamorfik şistler oluşturduğunu ifade etmiştir. Bu temel üzerine özellikle dağın kuzey ve kuzeydoğu yamaçlarını örten ve uyumsuz olarak gelen Permiyen kireçtaşları ile uyumsuz oturan Üst Jura kireçtaşlarına işaret etmiştir. Miyosen göl kireçtaşları ile Pliyosen kırıntıları üzerinde Pleyistosen'e ait kum ve kumlu çakıl seviyeleri bulmuştur.

Dumond ve Kerey (1975), Orta ve batı Toroslar arasında yer alan Eğirdir gölü güneyinin temel jeolojik özelliklerini ortaya çıkarmak ve orta ve batı Torosların ilişkisini araştırmak amaçladığı çalışmasında, bölgedeki kaya birimlerini stratigrafik ve tektonik özellikleri açısından birbiriyle farklılık gösteren ayrı birlikler oluşturmuştur. Bu birlikleri geçici olarak Karacahisar Birliği, Ofiyolitli Birlik ve Dulup Birliği diye adlandırılmıştır. Ayırtlanan bu birlikleri Miyosen'e ait çökellerin transgressif olarak örtüğünü ifade etmiştir.

Dumont (1976), Isparta bükümünün doğu ve batı kolları arasındaki yapısal farklılıkları, kıvrımın orta kısmı ile Batı Torosların allokton ve paraotkton ünitelerindeki mevcut yapısal istiflenmeler arasındaki benzer ilişkileri ele alan çalışmacı, Isparta bükümü ile Antalya naplarının eşliğinin birbirine bağlantılı olabileceğini, Üst Kretase'den sonra veya Tersiyer başında Isparta kıvrımını "Transtorik arıza" olarak isimlendirilen ön yapısal uzantıya oblik, KB-GD doğrultulu bir dekroşmanın şekillendiğini ve yapıyı ikiye ayırdığını, Isparta bükümünün kuzeye doğru meydana getirdiği "V" de eski paleocoğrafik hiçbir ize rastlanmadığını ve Üst Kretase üzerinde yer alan napların tek bir sistem meydana getirdiğini ileri sürmüştür.

Özgül (1976), Torosların bazı temel jeolojik özelliklerini incelemiştir. Toroslar Kambriyen-Tersiyer aralığında çökelmiş kaya birimlerini kapsadığını ifade etmiştir. Kuşakta, birbirlerinden değişik havza koşullarını yansıtan birlikler ayırtlamıştır. Bolkardağı Birliği, Geyik Dağı Birliği, Alanya Birliği, Bozkır Birliği ve Antalya Birliği olarak adlandırıldığı bu birliklerin stratigrafik ve metamorfik özellikleri, kapsadıkları kaya birimleri ve güneydeki yapısal konumlarıyla birbirlerinden ayrıldığı sonucuna varmıştır.

Demirkol (1977), “*Yalvaç-Akşehir Dolayının Jeolojisi*” adlı doçentlik tezinde, Batı Torosların kuzey kesiminde yer alan, daha önce ayrıntılı olarak aydınlığa kavuşturulamayan Yalvaç (ISPARTA) – Akşehir (KONYA) dolaylarının incelenmesi ve Batı Toroslar’la denestirmeyi amaçlamıştır. Yazar çalışma alanındaki litoloji topluluğunun, Alt (?) – Orta Kambriyen yaşlı Çaltepe kireçtaşı ile başladığını ve dereceli olarak Üst Kambriyen – Alt Ordovisiyen yaşlı, bölgenin hakim litolojisini oluşturan Sultandede Formasyonuna geçtiğini ifade etmiştir. Mesozoyik’in, Üst Jura yaşlı Hacıalabaz kireçtaşı ile temsil edildiğini, daha üstte Neojen yaşlı birimlerin açılı uyumsuzlukla geldiğini belirtmiştir. Neojen’de, akarsu fasiyesli Bağkonak Formasyonu, taşkın ovası fasiyesli Göksöğüt Formasyonu ile gölsel Yarıkkaya Formasyonu’nu ayırtlamıştır.

Demirkol vd. (1977), “*Sultandağının Stratigrafisi ve Jeoloji Evrimi*” adlı çalışmalarında Sultandağının Stratigrafisinin ortaya konması ve evriminin açıklığa kavuşturulmasını amaç edinmişlerdir. Genel olarak bölgede otokton ve allokton birimlerin yer aldığını savunan ve otokton birimler içinde Kambriyen-Permiyen arasında birçok birimi ayırtlamışlardır. Yapının genellikle sade olduğu bölgede KB-GD gidişin belirtin olduğunu, Kaledoniyen, Hersiniyen ve Alpin oronjenez fazlarının etkin olduğunu ve önemli kıvrımlar geliştiğini ifade etmişlerdir.

Topçam vd. (1977), Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltuları Dairesi Başkanlığı adına yaptıkları “*Hoyran-Gelendost ve Yalvaç Ovaları Hidrojeolojik Etüd*” Raporu’nda çalışma alanının 1/200.000 ölçekli hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır. Bu harita üzerinde Paleozoyik şist ve

mermerler, Mesozoyik kireçtaşı, Paleosen-Eosen Ofiyolitik Karmaşık, Eosen-Miyosen kil, marn, kireçtaşı serisi, Pliyosen kil, kum, az çakıllı konglomera serisi ve Kuvaterner Alüvyon birimleri ayırtlanmıştır.

Çalışma alanında yeraltısuyu taşıyan birimler Mesozoyik kireçtaşı, Neojen kireçtaşı, Pliyosen ve Kuvaterner'e ait kum-çakıllar olduğu belirtilmiştir. Hoyran, Gelendost ve Yalvaç ovaları için yapılan yeraltısuyu bilançosu sonucunda çalışma alanındaki toplam beslenme miktarı $41,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$, boşalım miktarı ise $41,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ bulunmuştur. Emniyetli verim Hoyran Ovasında $8,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$, Gelendost Ovasında $13 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$, Yalvaç Ovasında $6,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ bulunmuştur. Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltısuyu kalitesinin sulama suyuna uygun sular (C_2S_1) sınıfında olduğu belirtilmiştir.

Demirkol ve Sipahi (1979), Bağkonak-Çimendere-Muratdağı (Isparta) yöresinde bölgenin genel jeolojisine yönelik çalışma yapmışlardır. İnceleme sahasının Kambriyen'den Neojen'e kadar değişen metamorfik ve sedimanter kaya birimlerinden meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Paleozoyik'in Alt (?) -Orta Kambriyen yaşlı Çaltepe formasyonu, Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşlı Sultandede formasyonu, Mesozoyik'in Üst Jura yaşlı Hacılabaz kireçtaşlarından, Senozoyik'in Bağkonak formasyonu, Göksöğüt formasyonu, Yarikkaya formasyonundan meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Akay (1981), Beyşehir yöresindeki Kambriyen yaşlı kayaların Orta Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşındaki Seydişehir şistleri üzerine bindirmiş olduğunu ve bindirme sonrasında da Üst Liyas-Alt Dogger karbonatlarının hem Kambriyen yaşındaki kayaları, hem de Seydişehir şistlerini açısız uyumsuzlukla örttüğünü ifade etmişlerdir.

Koçyiğit (1983), Hoyran Gölü (Isparta Büklümü) dolayının tektonik gelişiminde çekme ve sıkışma türü tektonik evlerin, yenilenecek birbirini izlediğini ifade etmiştir. Başlıca 6 evreye ayırmıştır. Birinci evrede, Liyas-Maestrihtiyen aralığında duraylı uzun bir dönem ve Hoyran karbonat platformunun geliştiğini; ikinci evrede, Maestrihtiyen-Lütesiye aralığında, gittikçe artan çekme tektoniği

evresi ile karbonat platformunun parçalanmaya başladığını; üçüncü evrede, Üst Lütesiyen sonunda sıkışma tektoniğinin egemen olduğunu; dördüncü, sıkışma tektoniğine bağlı yükselme, çekme tektoniğinin baskın olduğunu, beşinci evrede, Orta Oligosen sonunda daha az yeğlilikte ikinci bir sıkışma tektoniği evresi olduğunu; altıncı evrede, Orta Oligosen sonunda günümüze kadar egemen olan çekme tektoniği dönemi olduğunu ifade etmiştir.

Koçyiğit (1984), Güneybatı Türkiye ve yakın dolayındaki tektonik gelişim dönemlerini, eski tektonik dönem, geçiş dönemi ve yeni tektonik dönem olmak üzere 3 döneme ayırmıştır. Geçiş dönemi Alp dağoluşumu kuşağının birçok kesiminde de gözlemlendiğini ifade etmiştir. Yeni tektonik dönemde ise, çekme tektoniği denetiminde gelişen karasal tortullaşma, onunla yaşıt kıta içi volkanizma ve blok faylanma ile belirginlik kazandığını belirtmiştir. Bölgenin, verev atımlı normal faylarla sınırlı çok sayıda ve değişik boyutta bloğa bölünmüş olup, bunların birçoğu deprenselliği yüksek olan alanlar olduğunu ifade etmiştir.

Boray vd. (1985), Isparta büklümünün kuzeyinde Şuhut-Çay, Yalvaç-Gelendost ve Sultandağ sahalarındaki Neojen ve Kuvaterner çökellerini incelemişlerdir. Bölgede neotektonik dönemin Üst Miyosen'de başladığını ifade etmişlerdir. Neojen çökellerin karasal, akarsu ve göl fasiyesinde olup, Üst Miyosen-Pliyosen yaşta olduğunu ve daha eski kayalar üzerinde uyumsuz olarak yer aldıklarını belirtmektedirler. Bölgedeki bu çökellerde tektonik şekil değiştirme ile yaklaşık K-G uzanımlı kıvrımlar ve ters faylar ile bölgenin kuzeyinde küçük bir alanda D-B uzanımlı normal fayların oluştuğunu ortaya koymuşlardır. Bölgede Üst Miyosen'den beri devam eden bir sıkışmadan ve bu nedenle Isparta Büklümü'nün kuzey kesiminde D-B yönlü daralmadan bahsetmektedirler.

Demirkol ve Yetiş (1985), Batı Torosların kuzeyinde Sultandağ kuzeybatısındaki allokon birimler ve stratigrafileri ile ilgili olarak yapmış oldukları çalışmada, bölgede temelde Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşlı Sultandede formasyonunun yer aldığını, bunu açısız uyumsuzlukla Maestrihtiyen öncesi karbonatların, Maestrihtiyen-Lütesiyen aralığında pelajik ve neritik çökellerin açısız uyumsuzlukla üzerlediğini belirtmişlerdir. Bölgede Üst Miyosen'de

başlayan yeni bir tektonik etkinlik dönemi içinde hızlı bir karasal ve gölssel kırıntılı depolanmadan, Kaledoniyen ve Alpin dağ oluşumu hareketleri ile gelişmiş yapı şekillerinden bahsetmektedirler.

Yalçınkaya vd. (1986), Batı Torosların jeolojisine ilişkin çalışmada bölgenin jeoloji haritaları yapılmış ve yapısal özelliklerine açıklık getirilmiştir. Antalya napları, Beyşehir-Hoyran napları ve Likya naplarının Menderes Masifinin kuzeyindeki ofiyolitlerin, Üst Kretase-Üst Paleosen'de masifin güneyine, Üst Paleosen-Alt Eosen'de Anatolid-Torid platformunun güneyine aktarılmasıyla oluştuğunu, bunların aynı kökenli kuzeyden gelen ofiyolitler olduğunu belirtmişlerdir. Sıkışma etkisiyle otokton birimler üzerine allokton birimlerin yerleştiğini ve bu sıkışma rejiminin, Beydağları doğusunda alçalma ile, batısında ise yükselmeyle sonuçlandığını ifade etmişlerdir. Güneydeki D-B yönlü sıkışma rejimi, kuzeyde çekme gerilmelerine karşılık birçok horst ve grabenin oluşmasını ve bu yapıların çukurluklarında günümüze kadar ulaşan göllerin çanaklarının meydana gelmesini sağladığı sonucuna varmışlardır.

Eren (1990), Engili (Akşehir) ve Bağkonak (Yalvaç) yerleşim merkezleri arasında Sultandağları orta kesiminin tektonik tarihçesini aydınlatmaya yönelik bir çalışma yapmıştır. İnceleme sahasının tabanında yer yer mermerleşmiş, fakat genelde metamorfik kireçtaşı ve dolomit, üst kesiminin ince fillit ve metakumtaşı aratabakalı yumrulu kireçtaşlarından oluşan Alt (?) -Orta Kambriyen yaşlı Çaltepe formasyonunun yer aldığını ve bunun üzerinde metakumtaşı, fillit ardalanmalı, intraformasyonel çakıl içerikli metakonglomeralardan oluşan Üst Kambriyen -Alt Ordovisiyen yaşlı Sultandede formasyonunun bulunduğunu belirtmiştir. Üst kesimlerde ise tektonik olarak yer alan Hoyran Ofiyolitine ait şeyl, grovak piroklastik konglomera-breş ara katkılı diyabazik bileşimli yastık lavlar, Üst Jura-Üst Kretase yaşlı kireçtaşı olistolitine ait kireçtaşı ve dolomitler ile bu birimleri açısız uyumsuzlukla örten Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı genellikle alüvyal yelpaze çekellerini karakterize eden moloz ve çamur akmaları ile örgülü nehir çökellerinden oluşmuş Bağkonak formasyonu ve Yarikkaya formasyonunun yer ifade etmiştir. Sultandağları Masifi'nde üç ayrı dağ oluşum hareketinin etkileri ve bu hareketlere bağlı kıvrımlı ve bindirmeli yapılardan söz etmiştir.

Hoyran Napı'nın GD'dan KB'ya sürüklenmiş olabileceğini vurgulamıştır. Yörenin Kaledoniyen ve Hersiniyen dağ oluşum hareketleri ile kıvrımlı ve bindirmeli iç yapısını kazandığını, Alpin hareketlerle naplı bir yapıyı bünyesine ekleyip sonra yoğun olarak genç-tektonik hareketlerle Üst Miyosen ve sonrası blok faylanmaların etkisinde kaldığını belirtmiştir.

Özgül vd. (1991), Göller bölgesinin tektonostratigrafik birlikleriyle ilgili olarak yapmış oldukları çalışmada, Orta Toroslar'da Özgül (1976) tarafından tanımlanan Geyikdağı, Aladağ, Bolkardağı, Bozkır ve Antalya birliklerinin yayılımı, genel stratigrafisi, yapısal özellikleri ve birbirleriyle olası ilişkilerini incelemiştir. Geyikdağı birliğinin de birbirinden değişik ortam koşullarını yansıtan ve birbirleriyle tektonik ilişkili gözükten farklı istiflerden (Sultandağı Birimi, Homa-Akdağ Birimi, Kırdag-Anamasdağ Birimi ve Barladağı Birimi) oluştuğunu ifade etmişlerdir. İnceleme sahası içerisinde bu birliklerden Sultandağı Birimi ve Anamasdağ Birimi yer almaktadır.

Yağmurlu (1991), Güneybatı Anadolu'da Isparta bükümü olarak bilinen bölgesel ölçekli önemli bir yapının içinde yer alan Yalvaç-Yarıkkaya Neojen havzasının stratigrafisi ve depolama ortamlarını incelemiştir. Havzayı çevreleyen Neojen öncesi kaya birimlerinin genellikle Ordovisiyen yaşlı meta-sedimentitler ile Triyas-Kretase yaşlı karbonatlı kayalardan ve ofiyolit karmaşığında oluştuğunu belirtmiştir. Genellikle alüvyon ve gölsel tortullardan oluşan Yalvaç-Yarıkkaya yöresindeki Neojen istifi 5 formasyona ayırmış ve bu tortul istifin toplam kalınlığının 800 metreye ulaştığını ifade etmiştir.

Aydın (1993), "Eğirdir Gölü Su Kalite Modellemesi" isimli çalışmasında Eğirdir Gölü'nün potansiyel kirliliğinin izlenmesi ve gelecek yıllardaki gelişiminin tahmini için bir matematik model geliştirilmiştir. Bölge hakkında genel bilgiler verilmiş, gölün jeolojik yapısı, hidrolojisi ve iklimini ele alarak su bilanço değerleri ve su derinliği-alan-hacim eğrileri oluşturmuştur. Göl havzasındaki yerleşimlerin gelecek yıllara göre nüfus tahminleri yapılarak, kirlilik miktarlarını belirlemiş, tarımsal alanlar ve bunlardan gelebilecek kirlilik değerleri ve kirleticilerden ileri gelen yıllık yükleri hesaplanmıştır. Farklı su kalite

parametrelerine göre halen temiz durumda olan Eğirdir Gölü'nün "*Oligotrofik*" bir yapı gösterdiği belirtilmiştir.

Kazancı (1993 ve 1995), Araştırmacı Eğirdir Gölü çanağının oluşum zamanına ilişkin yaptığı araştırmasında, Eğirdir Gölü'nün güneyinde, göle doğru ilerleyen alüvyon koniler istifinin içinde piroklastik döküntü tortulları bulunduğunu ifade etmiştir. Bunların Pliyosen yaşlı Gölcük (Isparta) volkanizmasının ürünleri olduğu, göl çanağının Orta-Üst Pliyosen öncesi meydana geldiğini belirtmiştir. 1993 yılındaki çalışmasının devamında, radyomerik yaş verileri ile mineralojik ve paleocoğrafik deneştirmelere göre Eğirdir kolüvyonlarındaki tüflerin çok büyük olasılıkla Gölcük volkanik çıkış merkezinden kaynaklandığını belirtmiştir.

DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü (1994), "*Eğirdir Gölü Hidrolojisi Planlama Raporu*" isimli çalışmada Eğirdir Gölünün su potansiyelinin belirlenmesi ve gölün bilinçli olarak işletilmesinin sağlanması amaçlanmıştır. Eğirdir Gölü'nün su geliri, 1962-1994 yılları arasındaki Yılanlı derivasyonunun devreye girdiği ve tüm sulama projelerinin işletmede olduğu kabul edilerek yıllık ortalama 907 hm^3 bulunmuştur. Kovada kanalına verilen suyun yıllık ortalaması ise 303.86 hm^3 olarak bulunmuştur. Bütün sulama projelerinin devreye girmesi halinde sulanacak alanlara verilecek yıllık su miktarı 350 hm^3 iken, yapılan planlama çalışmaları sonucunda bu miktarın verilemeyeceği görülmüş olup tüm projelere verilebilecek olan yıllık ortalama sulama suyu 326 hm^3 olarak belirlenmiştir. Projelerin tam gerçekleşmesi durumunda gölün yıllık geliri ortalama 907 hm^3 olarak belirlenmiştir. Bunun yıllık 30 hm^3 'ü Isparta içme suyuna, 326 hm^3 'ü sulamalara, 515 hm^3 'ü buharlaşacak, 36 hm^3 'ü de dolusavak çıkışı şeklinde Kovada kanalına verileceği öngörülmüştür.

Karagüzel vd. (1995), "*Eğirdir Gölü'nün Hidrolojisi*" isimli raporlarında Eğirdir Gölü'nün su potansiyelinin belirlenmesi ve su seviyesinin düşümüne neden olan etkenleri araştırmışlardır. Eğirdir Gölü su potansiyelinin gelecekteki işletim şeklini belirlemek üzere yaptıkları bilanço hesaplarında, 1966-1975 yılları arasındaki kurak periyottaki su düşümünün sebebinin, gölden boşalmanın, beslenmeden fazla olması nedeniyle olduğunu ve 1976-1985 arasındaki su

yükselmesinin ise yağışın artması ve enerjiye verilen suyun azalmasından kaynaklandığı ifade etmişlerdir.

Şenel vd. (1996), Isparta Büklümü doğusunda yer alan otokton ve allokton birimlerin stratigrafisine yönelik çalışma yapmışlardır. Otokton konumlu kayaların genelde platform tipi çekellerden oluştuğunu, bunların üzerinde naplar halinde bulunan kütlelerin [Antalya napları (Lefevre, 1967), Antalya birliği (Özgül, 1976), Antalya kompleksi (Woodcock ve Robertson, 1977)] okyanusal kabuk, yamaç, havza, kıyı ötesi platform, rift ortamlarını temsil ettiğini ifade etmişlerdir. Bölgede yapısal olarak, en altta Beydağları-Karacahisar otoktonu, bunun üzerinde Antalya napları ile kuzeyden güneye doğru bunlar üzerine bindirmiş Anamas-Akseki otoktonunun yer aldığını, Geç Tersiyer-Kuvaterner yaşlı çökellerin otokton ve allokton kütleler üzerinde stratigrafik örtüler halinde bulunduğunu beyan etmişlerdir.

Hacettepe Üniversitesi, Çevre Uygulama ve Araştırma Merkezi (1999), “İçmesuyu Kaynağı Olarak Eğirdir Gölü’nün Korunması Projesi” isimli rapor dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm çalışma alanının fiziksel yapısı, nüfus profili, iklimi, jeolojik, hidrojeolojik, hidrolojik yapısı ve kirletici kaynakları konularında yapılmış çalışmaların genel bir değerlendirilmesinden oluşmaktadır. İkinci bölümde mevcut yasal ve idari yapı özetlenmiştir. Üçüncü bölümde koruma-kullanma dengesinin gerekçeleri ile mevcut sorunların açılmasına yönelik öneriler sunulmuştur. Son bölümde ise bütün değerlendirmelerin sonucunda havzada uygulanması gereken genel ve özel hükümlerin esaslarına göre hazırlanana planlama ve uygulamadan oluşmaktadır.

Altinkale (2001), “Eğirdir ve Burdur Göllerinin Hidrojeokimyasal ve İzotop Jeokimyasal Karşılaştırması” adlı çalışmasında, göller arasındaki yeraltısularının gölsuları ile karşılaştırmalı hidrojeokimyasal özelliklerinin araştırılarak, göllerin tektonik oluşumuna bir yaklaşım getirmeyi amaçlamıştır. Hidrolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi yanında duraylı izotoplar (D ve ¹⁸O) ve Trityum (³H) yardımıyla göller ve yeraltısuyu kaynaklarının beslenme alanlarını ve kökenlerinin belirlenmesi, su-havza kayaç ilişkilerinin saptanması ve

suların bağıl yaşlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Eğirdir ve Burdur gölleri arasında bulunan Atabey Ovası'nın her iki göl ile olan sınırında geçirimsiz birimler bulunması nedeniyle, ovanın hem Eğirdir hem de Burdur Gölü ile olan sınırı geçirimsiz bariyer özelliğinde olduğunu, bu nedenle Eğirdir ve Burdur göllerinin birbiriyle irtibatı olmadığı ve aradaki Atabey Ovası'nın da göller ile hidrojeolojik bağlantısının bulunmadığı belirtmiştir. Eğirdir ve Burdur Gölleri sularının birbirlerinden farklı özelliklerde olduğunu ve iki gölün hidrojeokimyasal ve izotop jeokimyasal özellikleri bakımından birbirlerinden ayrıldığını ifade etmiştir.

Elitok (2001), Bölgede yer alan kaya birimlerini Sultandağ kesimi ve Anamasdağ kesimi olmak üzere iki farklı bölümde incelenmiştir. Bu araştırmasında bölgedeki en yaşlı birimden başlayarak en genç birime kadar, birimlerin birbirleriyle olan dokanak ilişkilerini tam bir istif olarak görememiştir. Bölgenin güney kesimindeki birimlerin (Anamasdağ kesimi) kendi aralarında bir istif sunduğunu, doğu kesimindeki birimlerinde (Sultandağ kesimi) kendi aralarında bir istif sunduğunu belirtmiştir. Ancak iki farklı istifin birbirleriyle olan ilişkileri napların altında kaldığı için gözlenemediğini ifade etmiştir.

Güneş (2001), TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü tarafından hazırlanan "*Eğirdir Gölü Havzasının Evsel Atık Sularının Arıtımına Yönelik Master Plan Hazırlanması ve Göl Su Kalitesinin İzlenmesi*" adlı proje iki ciltten oluşmaktadır. Birinci ciltte "*Eğirdir Gölü Havzasının Evsel Atıksularının Arıtımına Yönelik Master Planı*", ikinci ciltte ise "*Eğirdir Gölü Su Kalitesinin İzlenmesi*" çalışması yer almaktadır. Bu çalışmada göl havzasındaki yerleşim birimlerinin atık sularının ülkemiz koşulları da dikkate alınarak ne tür bir atık su arıtma teknolojisi kullanılarak arıtılması gerektiği tespit edilmiş ve Eğirdir Gölü'nün mevcut su kalitesi profili ortaya çıkarılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu bölümde, çalışma alanı konumunun genel bir tanıtımı, morfolojik özellikleri, hakim iklim ve bitki örtüsü, yerleşim merkezleri ve ulaşım ile yöre halkının ekonomik durumu hakkında genel tanıtıcı bilgiler verilmiştir.

3.1.1. Çalışma alanının Yeri

Çalışma alanı, Eğirdir Gölü'ne boşalan Hoyran ve Yalvaç Deresi su toplama havzasını kapsamaktadır. Havza, Göller bölgesinde Eğirdir Gölü su toplama havzası içerisinde ve gölün doğusunda yer almaktadır. Isparta iline yaklaşık olarak 80 km uzaklıktaki çalışma alanında, Gelendost ve Yalvaç ilçeleri bulunmakta ve Isparta-Konya karayolu bölgeden geçmektedir. Çalışma sahası yaklaşık olarak 1480.80 km² bir alan kapsamakta ve 1/100.000 ölçekli topoğrafik haritada Afyon L25 ve L26 paftaları içinde kalmaktadır. Çalışma alanının genel konumunu gösterir yer bulduru haritası Şekil 3.1.'de verilmiştir.

Bölgede yer alan önemli yerleşim merkezi olarak Yalvaç ve Gelendost ilçeleri ile bu ilçelere bağlı köy ve belediyeler yer almaktadır. Bunlar; Yarıkkaya, Sücüllü, Körküler, Mısırlı, Kumdanlı, Yağcılar, Hüyük, Eğirler, Madenli, Özgüney, Özbayat, Kuyucak, Bağkonak, Kozluçay, Dedeçam, Çetince, Bahtiyar, Tokmacık, Yukarıtirtar, Kurusarı, Çaltı, Afşar, Köke, Yenice, Bağlılı, Yakaköy, Keçili'dir. Yerleşim merkezleri çoğunlukla Pliyosen, Miyosen, Kuvaterner yaşlı çökellerin oluşturduğu tarım alanları üzerinde yer almaktadır.

Çalışma alanına 82 nolu Isparta-Konya devlet karayolu üzerinden ulaşılmaktadır. Yalvaç ve Gelendost ilçe merkezleri ile köy ve kasabalar arasındaki ulaşımında genelde asfalt nadiren de stabilize yollardan sağlanmaktadır. 1997 nüfus sayımı sonuçlarına göre 85620 kişi Yalvaç ilçesinde, 18095 kişi Gelendost ilçesinde olmak üzere çalışma alanında toplam 103.715 kişi yaşamaktadır.



Şekil 3.1. Çalışma alanının yer buldur haritası

3.1.2. Morfoloji

Çalışma alanı içersinde yaşlı birimler yükseltileri, genç birimler alçak ve peneplen topografyayı oluşturmaktadırlar. Doğuda Sultandağları yükseltisi, güneyde Anamasdağ yükseltisi horst yapıları olarak karşımıza çıkmaktadır. Eğirdir Gölü ile batıya doğru Yalvaç ve Gelendost havzalarını kapsayan çukurluk alan ise grabeni oluşturmaktadır. Özellikle Sultandağ metamofikleri ve Anamasdağ karbonatları ile Neojen çökeller arasında olan dokanaklar boyunca tektonizmanın da etkili olduğu oldukça sarp ve keskin bir topografya gözlenmektedir. Çalışma alanının doğu sınırı güneyden kuzeye doğru Deliktaş Tepe (1788 m), Mestan Tepe (1992 m), Kömürcü Tepe (2159 m), Kızılkaya Tepe (1936 m), Karapınar Tepe'den (2197 m), Ortasenir Tepe (2197 m) ve Hacıveyis Tepe'den (2077 m), batı sınırı kuzeyden güneye Sağdöven Tepe (2324 m), Sam Tepe (1917 m), Palaslı'nın Tepe (1811 m) ve Aktaş Tepe'den (1116 m), güney sınırı ise doğudan batıya Koçyatağı Tepe (1557 m), Kızılın Tepe (1256 m), Arapsivrisi Tepe (1628 m), Göztaş Tepe (2025 m), Büyüksivri Tepe (2032 m) ve Tepelik Tepe'den (1774 m) geçmektedir. Çalışma alanındaki başlıca yükseltiler Aşağıtirtar'ın güneyinde kalan Kirlişi Dağı (1893 m), Yarıkaya'nın güneyindeki Mahrengedik Tepe (1546 m), Yalvaç'ın kuzeyindeki Uzunali Tepe (1650 m) ve Madenli'nin güneyindeki Kurtyurdu Tepe'dir (1214 m).

3.1.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Akdeniz Bölgesi içinde yer alan çalışma alanı, iklim özellikleri bakımından Akdeniz ve İç Anadolu arasında geçiş tipini karakterize etmektedir. Yani bazı iklim özellikleri ile Akdeniz iklimine, bazı özellikleriyle de İç Anadolu iklimine benzerlik göstermektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Sonbahar ve ilkbaharda zaman zaman yağış alabilen bölge, kış aylarında da yağışlı dönemler geçirebilmektedir. Bu genel tanımlama içinde saha, Doğu Akdeniz provensinin güney kısmı ile Doğu Anadolu yarı çöl kuşağı arasındaki geçiş bölgesinde kalır. Bu geçiş bölgesinde yer alan çalışma alanı, iklim ve bitki örtüsü açısından karmaşık bir yapı arz eder (Ünaldı, 1990).

Çalışma alanı bitki örtüsü bakımından genelde fakirdir. Ovalar ve düşük kotlu topografyanın yayvan olduğu kesimler genellikle tarım arazileri olduğu için bu kesimlerde buğday, arpa, yulaf gibi tahıl ürünleri, şeker pancarı, haşhaş, ayçiçeği gibi tarla ürünleri, sebze, meyve ağaçlarından oluşan otsu ve odunsu flora gözlenmektedir.

Bölgede yer alan önemli yerleşim merkezi olarak Yalvaç ve Gelendost ilçeleri ile bu ilçelere bağlı köy ve belediyeler yer almaktadır. Bunlar; Yarıkkaya, Sücüllü, Körküler, Mısırlı, Kumdanlı, Yağcılar, Hüyükü, Eğirler, Madenli, Özgüney, Özbayat, Kuyucak, Bağkonak, Kozluçay, Dedeçam, Çetince, Bahtiyar, Tokmacık, Yukarıtırtar, Kurusarı, Çaltı, Afşar, Köke, Yenice, Bağlılı, Yakaköy, Keçili'dir. Yerleşim merkezleri çoğunlukla Pliyosen, Miyosen, Kuvaterner yaşlı çökellerin oluşturduğu tarım alanları üzerinde yer almaktadır.

3.1.4. Ekonomik Durum

Yörenin ekonomisi genelde tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Ancak modern anlamda tarım ve hayvancılık yapılmaktadır. Bölgede topografyanın alçak ve yayvan olduğu, sulanabilir ovalık kesimler tarım alanları olarak kullanılmaktadır. Tarım alanlarında tahıl, sebze, meyve üretilmektedir. Ancak sulama imkanlarının olmadığı yamaç düzlüklerinde çoğunlukla tahıl, nohut gibi ürünler yetiştirilmektedir. Eğirdir Gölünün doğu kesimlerindeki düzlük ve ovalık kesimlerde gerek yeraltısularının zengin olması, gerekse Eğirdir Gölü'nden sağlanan suyun kanal sistemiyle ovalık kesimlere ulaştırılmasıyla tarımcılığın oldukça geliştiği gözlenmiştir. Gelendost ilçesi ve yakın çevresinde yoğun olarak elmacılık yapılmaktadır. Çalışma alanının batısında Kemer Damları ve civarındaki yöre halkı, Eğirdir Gölü'nden balıkçılıkla geçimini sağlamaktadır.

3.2. Yöntemler

Bu bölümde, çalışma amacına ulaşmak için yapılan jeoloji, hidroloji, hidrojeoloji, yüzey ve yeraltısuyu kimyası, kirlilik çalışmalarında ve matematiksel modelleme çalışmalarında arazi, laboratuvar ve büroda izlenen yöntemler tanıtılmıştır.

3.2.1. Stratigrafi

Çalışma alanının stratigrafik ve yapısal özelliklerinin ortaya konulması amacıyla jeoloji haritasının hazırlanması kaya birimi ayırtılmasına dayandırılmıştır. Birimlerin özgül niteliklerinin tanımlanması ve çökme ortamlarının belirlenmesi amacıyla önceki çalışmalar ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu veriler arazi çalışmaları ile desteklenmiş, birimler stratigrafik ve petrografik özelliklerine göre ayırt edilerek çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti ve 1/25.000 ölçekli detay olarak jeoloji haritası hazırlanmıştır. Ancak küçültülerek 1/200.000 ölçeğinde sunulmuştur. (Ek.1).

3.2.2. Hidroloji

Yeraltısuyu bilançosu yapılmasına yönelik olarak havza içerisinde ve çevresinde bulunan toplam sekiz adet Devlet Meteoroloji İstasyonu verilerinden yararlanılmıştır. Çalışma alanına düşen ortalama yağış miktarı, aritmetik ortalama, Thiessen poligon (çokgen) ve eşyağış (izohiyet) eğrileri yöntemleri kullanılarak tespit edilmiştir. Potansiyel ve gerçek buharlaşma değerleri, Thornthwaite, Blaney-Cridle ve Schendel yöntemleri kullanılarak hesaplanmış ve bu yöntemler için deneştirmeli su bilançosu yapılmıştır.

Havza içerisinde kaynak boşalımından ve yağıştan beslenerek Eğirdir Gölü'ne dökülen Hoyran (10 yıllık) ve Yalvaç (23 yıllık) derelerinin ortalama yıllık akım miktarları DSİ'den alınarak, çalışma alanından Eğirdir Gölü'ne yıllık ortalama boşalım miktarı hesaplanmıştır. Belirlenen bu bilanço elemanları kullanılarak çalışma alanı için yeraltısuyu bilançosu yapılmıştır.

3.2.3. Hidrojeoloji

Çalışma alanındaki jeolojik birimlerin hidrojeolojik özelliklerine göre akiferler tanımlanmıştır. Akifer karakteristiklerinin (K, T, S) hesaplanması, akiferlerdeki su potansiyelinin doğru işletilmesi, havzada ve Eğirdir gölü su kalitesinin uzun dönemde korunmasının tartışılması amacıyla büyük önem taşımaktadır. DSİ ve Köy Hizmetlerinin kuyularına ait pompaj deney sonuçları kullanılarak, Aquifer Test Pro 3.7 bilgisayar programında gözenekli akifer için Cooper-Jacob, Thies, Neuman yöntemleri, karstik akifer için Moench yöntemi ile akifer karakteristikleri hesaplanmıştır. Pompaj deney sonuçlarından elde edilen üretim debileri kullanılarak üretim debi haritası yapılmıştır (Ek 15). Mayıs ve Ekim 2002 döneminde ölçülen statik yeraltısu seviyeleri için yeraltısu seviye haritaları çizilmiştir. Tüm bu çalışmalar sonucunda çalışma alanı, yeraltısu işletmesine uygunluk açısından hidrojeolojik özelliklerine göre değerlendirilerek bölgelere ayrılmıştır.

3.2.4. Yeraltısu Akım Modellemesi

Yalvaç-Gelendost havzasında yeraltısu akışının ve potansiyelinin belirlenmesi amacıyla Processing Modflow for Windows (PMWIN) 5.0 yazılım programı kullanılarak yeraltısu akış modellemesi yapılmıştır. PMWIN programında akifer sisteminin sınır koşulları modeli güney batısında Eğirdir Gölü sabit seviyeli hidrolik yük ve diğer yerlerin tamamı ise akım olmayan sınır koşulları olarak modellenmiştir.

Kavramsal modelin oluşturulması aşamasında modeli oluşturan dört farklı tabaka ve bu tabakalara ait alt ve üst seviye kotları tanımlanmıştır. Jeolojik ve hidrojeolojik yapıya bağlı olarak sınır koşulları ve hidrojeolojik parametreler belirlendikten sonra, PMWIN programında değişken büyüklükte grid ağları oluşturularak her akifer tabakası 30 x 30 olmak üzere 900 hücreye bölünmüştür. Havzanın yeraltısu modeli kararlı akım için yapılmıştır ve bu amaçla kararlı akıma en uygun yıl olarak 2000 yılı seçilmiştir. MODFLOW için gerekli en önemli girdi olan yeraltısu beslenme miktarı ve gözlem kuyularındaki ölçümler, kaynaklardaki debi ölçümleri ve yeraltısu kullanım miktarları için 2000 yılı verileri kullanılarak 2000 yılına ait yeraltısu seviye ölçümleriyle modelin kalibrasyonu yapılmıştır.

3.2.5. Kirlilik Kaynakları

Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltularının kalitesini tehdit eden kirleticiler, yerleşim alanlarından, tarımsal aktiviteden ve endüstriyel aktivitelerden kaynaklanmaktadır. Su kalitesini olumsuz yönde etkileyen, arıtılmaksızın deşarj edilen sıvı atıklar ve gelişmiş güzel uzaklaştırılan katı atıklar bulunmaktadır. İller Bankası yöntemlerine göre nüfus projeksiyonu yapılarak gelecekteki yerleşim alanlarından kaynaklanan katı ve sıvı atıkların miktarları belirlenmiştir. Yerleşim merkezlerinin kanalizasyon altyapı durumu ve atık su bertaraf yöntemleri ayrıntılı olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki tarımsal aktivitede kullanılan mücadele ilaçları, doğal ve suni gübre miktarları belirlenerek bunların su kaynaklarına olası olumsuz etkileri tartışılmıştır.

Çalışma alanındaki tek endüstriyel faaliyet olan Yalvaç Deri Sanayii'ndeki deri işleme prosesleri ve her aşamada ortaya çıkan sıvı ve katı atıkların özellikleri belirlenmiş ve su kaynaklarına olası olumsuz etkileri tartışılmıştır.

3.2.6. Örnek Alımı ve Analiz Yöntemleri

Çalışma alanında su kalitesi ve kirliliğinin tartışılmasında doğru noktadan standartlara uygun örnek alımı ve analizlerin hazırlanması büyük önem taşımaktadır. Örnek alma, taşıma ve saklanma işlemleri aşağıdaki tebliğ ve standartlara uygun olarak yapılmıştır.

Arazi çalışmaları sonrası örnek alımının gereklilik sebebi, hangi örneklerin alınacağı, örnek alım noktalarının konumu, örnekler üzerinde yapılacak hidrojeokimyasal analizler, bu analizler için örnek alma ve koruma yöntemleri belirlenerek örnek alma programı geliştirilmiştir. Örnek alma programının amacı, deney ve analizler için ortamın özelliklerini temsil eden doğru örneklerin alınmasıdır. Örnek alma programı doğrultusunda; örnek karışımının maksimum olduğu, mümkün olduğu kadar askıda yüzen madde bulunmayan, ortamı temsil edecek en uygun noktadan anlık örnekler alınmıştır. Alınan örnek ile örnek alma kapları ve örnek şişeleri en az 3 kere çalkalanarak yıkandıktan sonra hava kabarcığı kalmamasına dikkat edilerek örnekler şişelenmiştir.

Su örnekleri alımında polietilen şişeler kullanılmıştır. Her noktada alınan örneklerde anyon ve kation analizleri için ayrı ayrı 100 ml'lik polietilen şişeler ve izotop analizi için 500 ml'lik polietilen şişeler kullanılmıştır. Örnek alım noktaları arazide harita üzerine işaretlenerek örnek numarası verilmiş ve örnek numarası ile yapılacak analiz türü şişeler üzerindeki etiketlere yazılmıştır.

Alınan örneklerin pH'nın 2-3 değerleri arasında olması için anyon analiz örneklerine derişik HNO₃, kation analiz örneklerine ise derişik HCl ilave edilmiştir. Örnekler analiz yapılacakları zamana kadar +4 C⁰ 'lık ortamda sabit sıcaklıkta muhafaza edilmişlerdir. Örnek alımından itibaren, analizi yapılacak elemente göre değişmekle birlikte, yaklaşık 1-2 hafta içerisinde hidrojeokimyasal analizler tamamlanmıştır.

3.2.7. Hidrojeokimya

Elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam çözünmüş katı madde miktarı (TDS) iki farklı cihaz (WTW – Microprocessor pH meter (pH 95) ve Hach-44600 Conductivity/TDS Meter) ile belirlenmiştir. Her iki cihazında kalibrasyonları yapıldıktan sonra kullanılmalarına ve aynı yöntem ile okumaların yapılmasına rağmen birbirlerine yakın fakat farklı sonuçlar vermelerinden dolayı, daha hassas ve doğruya yakın değerler elde edilmesi açısından her iki cihazlarda okunan değerlerin ortalamaları kullanılmıştır. Alkalinite (Merck-Aquamerck Alkalitäts-Test 1.11109.0001) ve asiditenin (Merck-Aquamerck Aciditäts-Test 1.11108) belirlenmesinde kullanılan test kitleri ile gerekli miktarlarda alınan örneğe indikatör ve titrasyon çözeltileri ilave edilerek +p, +m ve -p, -m değerleri belirlenmiştir. Alkalinite için +p ve +m, asidite için -p ve -m değerleri kullanılarak CaCO₃²⁻, CO₃ ve OH miktarları mg/lt olarak hesaplanmıştır. Hidrojen iyon konsantrasyonu ve redoks potansiyeli, WTW – Microprocessor pH meter cihazının kalibrasyonu yapıldıktan sonra değerlerin cihazdan okunması ile tespit edilmiştir. Suların yerinde belirlenen özellikleri ve yöntemleri çizelge 3.1.'de sunulmuştur.

Alınan tüm örneklerin hidrojeokimyasal analizleri Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarlarında yapılmıştır. 2002 Mayıs ayında alınan 18 örnekten 6 tanesi seçilerek, analiz sonuçlarının karşılaştırılması amacıyla Kanada Acme Laboratuvarlarında ICP-MS (Group-2C, 73

element) su analiz yöntemi kullanılarak analizleri yaptırılmıştır. Her iki laboratuara ait analiz sonuçları karşılaştırılarak bundan sonraki analizlerin SDÜ., Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarlarında yapılmasına karar verilmiştir. Duraylı izotoplardan ^2H (D) ve ^{18}O analizleri kütle spektrometresi yöntemiyle Neuherberg (Almanya) Hidroloji Enstitüsü'nde yapılmıştır. Trityum (^3H) analizleri de “electrolitic enrichment” den sonra “liquid scintillation counting” yöntemiyle aynı kuruluşa yapılmıştır.

Çizelge 3.1. İn-situ parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan cihazlar

| Cihazın Adı | Özellikler |
|--|-------------------------------|
| WTW – Microprocessor pH meter (pH 95) | pH, Eh |
| WTW – Conductivity meter (LF 95) | EC, TDS |
| WTW – Oximeter (Oxi 340) | O_2 |
| Merck-Aquamerck Alkalitäts-Test 1.11109.0001 (0,1-10 mmol/l) | Alkalinite (+p, +m) |
| Merck-Aquamerck Aciditäts-Test 1.11108(0,1-10 mmol/l) | Asidite (-p, -m) |
| Hach-44600 Conductivity/TDS Meter | T^0 , EC, TDS |
| Gesamthärte Test Merck-Aquamerck (1.11104.001) | Alman Sertliği |
| Merck-Aquameck (1.11117.0001) Ammonium Test (0.5-10 mg/l NH_4^+) | NH_4 , NO_2 |

Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarlarında gerçekleştirilen anyon, kation ve ağır metal analizlerinde çizelge 3.2.'de verilen cihazlar kullanılmıştır.

Alev Fotometresinde yapılacak analiz için farklı konsantrasyonlarda hazırlanan standartlar ile cihazın kalibrasyonu yapılır Alev fotometresinin doğru standartlar kullanarak kalibre edilmesi, doğrudan analiz sonuçlarını etkilemesinden dolayı titizlikle gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılan cihazda ölçülecek örnekler uygun konsantrasyonlarda seyreltikten sonra seri okumaları gerçekleştirilir.

Çizelge 3.2. Hidrojeokimyasal analizlerde kullanılan cihazlar ve özellikleri

| Cihazın Adı | Özellikler |
|---|--|
| Alev Fotometresi | Ca^{2+} , Na^+ , K^+ |
| Dr. Lange Cep Fotometresi | SO_4^{2-} , Cl^- |
| Merck Spectroquant Fotometre (NOVA 60 modeli) | Mg^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} |

Dr. Lange cep fotometresinde ise analiz yapılacak elemente göre uygun filtre seçilerek cihaza tanıtılır. Merck Spectroquant fotometresinde (NOVA-60) ise yapılacak analize ait kitler ile çalışılır. Analizi yapılacak element, standart barkotlu tüp ile cihaza tanıtılır. Her iki yöntemin uygulanışı da, gerekli miktarlarda örneğin, çözelti ve kimyasal maddelerle karıştırılarak cihazda okutulması esasına dayanmaktadır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölüm stratigrafi ve petrografi, bölgesel jeoloji, yapısal jeoloji, hidroloji, hidrojeoloji, yeraltısuyu akım modellemesi, kirlilik kaynakları ve hidrojeokimya bölümlerinden oluşmaktadır. Stratigrafi ve petrografi bölümünde çalışma alanında yer alan jeolojik birimler otokton ve allohton olarak iki gruba ayrılarak, bu birimler tanım ve dağılımı, litoloji özellikleri, dokanak ilişkileri, fosil kapsamı ve yaş özellikleri açıklanmıştır. Bölgesel jeoloji bölümünde çalışma alanının neotektonik hareketleri ve yapısal evrim özellikleri üzerinde durulmuştur. Yapısal jeoloji bölümünde, çalışma alanındaki tektonik olaylar sonucunda oluşan faylar sınıflandırılarak özellikleri belirlenmiş, süresizlik düzlemlerinin özellikleri belirlenerek bu özellikler yapılan çizgisellik analizi ile karşılaştırılmıştır.

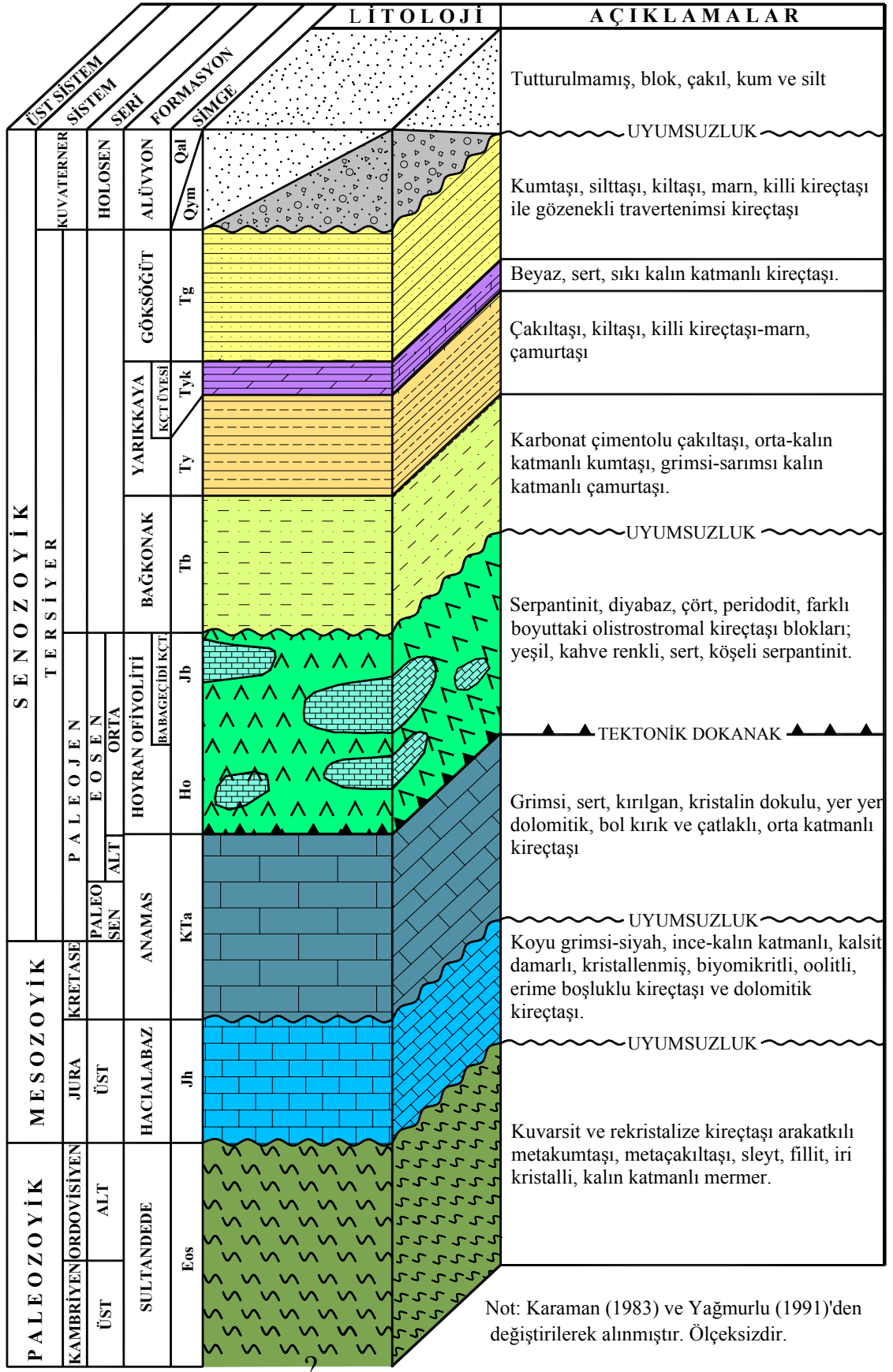
Hidroloji bölümünde bilanço elamanlarını oluşturan yağış, buharlaşma ve akış parametreleri belirlenerek su bilançosu yapılmıştır. Hidrojeoloji bölümünde, su noktalarına ait özellikler belirlenmiş, jeolojik birimler hidrojeolojik özelliklerine göre dört sınıfa ayrılarak hidrojeolojik özellikleri incelenmiştir. Çalışma alanında yer alan akiferler gözenekli ve karstik olarak iki gruba ayrılarak hidrojeolojik parametreleri ve yeraltısuyu dinamiği incelenmiştir. Yeraltısuyu akım modellemesi bölümünde, Hidroloji ve hidrojeoloji bölümünde elde edilen veriler kullanılarak Yalvaç-Gelendost Havzası'nın yeraltısuyu akım modellemesi yapılmıştır.

Kirlilik kaynakları bölümünde çalışma alanında yer alan kirleticiler kaynaklara göre, yerleşim alanları, tarımsal aktivite ve endüstriyel aktivite olmak üzere 3 grupta incelenmiştir. Hidrojeokimya bölümünde, alınan yüzey ve yeraltısuyu örneklerin arazi ve laboratuvar yapılan analizleri sonucunda, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre yarı logaritmik Schoeller diyagramı, Schoeller içilebilirlik diyagramı, Piper, ABD Tuzluluk Laboratuvarı ve Wilcox diyagramları hazırlanmıştır. Sınıflandırmalar kullanılarak, suların kalite kriterleri (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde yer alan, kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre), içilebilme ve sulamada kullanılabilme özellikleri belirlenmiştir.

4.1. Stratigrafi

Bu bölümde, çalışma alanında ayırt edilen kaya birimlerinin stratigrafik ve petrografik özelliklerine değinilecektir. Kaya birimlerinin adlandırılmasında bölgede daha önce yapılan çalışmalarda kullanılan formasyon isimleri kullanılmıştır. Yörede yer alan birimler otokton ve allokton olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

Otokton birimler, alttan üste doğru Sultandede Formasyonu, Hacıalabaz Formasyonu, Anamas Formasyonu ile Yalvaç Neojen havzasını dolduran Bağkonak Formasyonu, Yarıkkaya Formasyonu ve Göksöğüt Formasyonu'nun yanı sıra tüm birimleri uyumsuz olarak üstleyen alüvyon ve yamaç molozu'ndan oluşmaktadır. Allokton birim olarak yörede Hoyran Ofiyoliti yer almaktadır. Çalışma alanının genelleştirilmiş sütun kesiti Şekil 4.1.'de verilmiştir. Çalışma alanının yüzey ve yeraltı jeolojik yapısını ortaya çıkarmak amacıyla 1/200.000 ölçekli jeoloji haritası (Ek 1) ve sistematik jeolojik enine kesitler alınarak panel diyagram (Ek 2) hazırlanmıştır.



Şekil 4.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş sütun kesiti

4.1.1. Otokton Birimler

4.1.1.1. Sultandede Formasyonu (Kos)

Tanım ve Dağılım: Çalışma alanında da oldukça yaygın olan bu epimetamorfik kırıntılı istif, ilk kez Blumenthal (1947) tarafından “*Seydişehir şistleri*” olarak adlandırılırken, Dean ve Monod (1970) “*Seydişehir Formasyonu*”, Brunn vd. (1971) “*Seydişehir şeylleri*” olarak gösterilmiştir. Daha önce Afyon-Heybeli dolayında jeotermal olanakları araştıran Erişen (1972) ise bu şistleri “*Sultandede yeşil şist formasyonu*” olarak isimlendirmiştir. Demirkol ve Sipahi (1979), tarafından temelde benimsenmiş ancak “*Sultandede Formasyonu*” olarak değiştirilen bu ismi bu çalışmada da aynen kullanılmıştır.

Sultandede Formasyonu, Çakırcal kuzeyinden başlayarak doğu batı doğrultusunda ve çalışma alanının doğusunda sarp topoğrafya boyunca kuzey güney yönünde uzanan geniş bir alanda yayılım göstermektedir. Çalışma alanının güney doğu sınırının geçtiği Deliktaş Tepe’sinden başlayarak, Hatıbınağıl Tepe, Kızıl Tepe, Gumbürdek Tepe, İkiztepelere, Hisarardıçatı Tepe, Kızılçarşaf Tepe, Kürtler Sırtı boyunca Karapınar Tepe’nin güney yamaçlarına kadar yayılım göstermektedir. Çalışma alanının kuzeyinde ise, Çakırcal kuzeyinde Derebayır sırtından, Yarikkaya’nın kuzeybatısında Köçekkaya Yaylası’na kadar olan alanda ve Kuzey batıda Koca Tepe civarında dar bir alanda yüzeylenmektedir. Tektonizmadan oldukça etkilenmiş olan birimin özellikle alt dokanak ilişkileri kaybolduğu için kalınlığı hakkında bir bilgi edinmek mümkün olmamaktadır.

Litoloji Özellikleri: Sultandede Formasyonu’nun alt bölümü türbidit kökenli metakumtaşı, sleyt ve fillit ardalanmasıyla temsil edilir. Alt bölümde, kristalize kireçtaşı ve mermer arakatkıları yer almaktadır. Üst bölümlere doğru, metakumtaşı-fillit ardalanması şeklinde devam eden birim içinde intraformasyonel çakıl içerikli metakonglomeralar bulunmaktadır. Metakumtaşı içerisinde kaya

kırıntıları, aramadde ve birincil tortul yapılar tanımlanabilir özelliktedir. Kırıntılı tanelerin dokanakları iyi seçilebilmektedir.

Metakumtaşlarında boylanma ve yuvarlaklık orta-kötü özellikte ve başlıca mikrokristalin kuvars, serisit ve klorit egemen olup kumtaşları üzerine dereceli geçişli olarak genellikle ince kırıntılılar gelir. Bu birimler; klorit, epidot, muskovit, serisit metakristal topluluğu ile simgelenen düşük-yeşilşist fasiyesi üzerine çıkmayan metamorfizmanın etkisinde kalmıştır Nalbantçılar (1994), istif'e ait türbidit kumtaşı ve kireçtaşlarının tabaka altlarında kanal, oygu-dolgu ve organik taban yapıları ile tabaka içlerinde paralel ve çapraz laminasyonlara sıkça rastlandığını belirtmiştir.

Dokanak İlişkileri: Çalışma alanındaki Sultandede Formasyonu'nun alt dokanağı belirsiz olup, bunun üzerine Üst Jura yaşlı Hacıalabaz Formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir.

Fosil Kapsamı ve Yaş: Çalışma alanı içerisinde, Sultandede Formasyonu'nda herhangi bir fosil izine rastlanmamıştır. Demirkol (1977), çalışma alanı dışında Yalvaç-Akşehir dolayında birimin alt bölümlerini oluşturan metakumtaşları ile arakatmanlı kristalize kireçtaşlarında Üst Kambriyen, daha üst bölümlerde ise Alt Ordovisiyen yaşı veren fosiller tespit etmiştir. Abdüsselamoğlu (1958), Paleozoyik temelin Devoniyen ile başladığını bildirmiştir. Yalçınlar (1971), Sultandağlarının kuzey bölümlerinde derlediği Graptolit, Trilobit ve Discina sp. kalıntılarına dayanarak birime Ordovisiyen Silüriyen yaşını vermiştir. Seydişehir bölgesinde Dean ve Monod (1970), Sultan Dağlarının egemen litolojisini oluşturan metakumtaşları içinde Alt Ordovisiyen (Arenigiyen) yaşlı Trilobitler saptamıştır. Demirkol vd. (1977), Sultandede Formasyonu'na ait metakumtaşları içerisinde Üst Kambriyen ve Alt Ordovisiyene ait kalıntıları saptamışlardır.

Özgül ve Gedik (1973), Hadım bölgesinde bu formasyonda tespit ettikleri Conodontlara göre formasyona Üst Kambriyen ve Alt Ordovisiyen yaşını

önermişlerdir. Kerey, (1987) Koca Tepe'nin güney doğusunda şistler içerisindeki kireçtaşı bantlarında tayin edilemeyen Trilobit kalıntıları saptanmıştır. Bütün bu veriler göz önüne alınarak bu formasyonun yaşı Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen olarak kabul edilmiştir.

4.1.1.2. Hacılabaz Formasyonu (Jh)

Tanım ve Dağılım: Birim çalışma alanının güney doğusunda Koçyatağı Tepe, Hatıbınağıl Tepe ve Düzkaya Tepe boyunca dar bir alanda, Kale Tepe, Sivri Tepe, Uzunali Tepe ve Sarıoğlan Tepe boyunca kuzey güney doğrultusunda Sultandede Formasyonu'nun üzerinde yüzeylemektedir. Çalışma alanının kuzey batısında Sam Tepe, ve Palazlıın Tepe civarında, Tokmacık batısında ise Şaşal Tepe, Payamlı Çatak Tepe, Kirişli Dağı, Yumru Tepe, Sivri Tepe, Kanlıkaya Tepe civarında geniş mostralara vermektedir.

Adını çalışma alanı dışında geniş yayılım gösterdiği Hacılabaz Dağı'ndan alan birim, güneyde çalışma alanı dışında kalan Şarkikaraağaç'a kadar uzanan bir yüzeyleme gösterir. Yer yer kireçtaşlarıyla dolomit ardalanmalı görünen birim, Hatıbağıl Tepe ve Kale Tepe dolaylarında ölçülmüş stratigrafi kesitlerinde 174 m ile 218 m arasında kalınlık vermektedir. Ancak kimi yerlerde görünür kalınlığı 300 m dolayındadır. Sultandağı'nın batı yamaçlarında Domuzalanı ve Yazıyurdu mevkiinde yüzeyleyen birim GB'dan Üst Jura transgresyonuyla gelmiştir. Karaman (1983)'a göre bu durum, söz konusu bölgenin Jura'dan sonra büyük ölçüde yükselmiş olduğunu göstergesidir.

Litoloji Özellikleri: Birim temelin tatlı eğimine karşılık dik ve sarp yüzey biçimiyle uzaktan kolayca seçilebilen koyu grimsi – siyah renkli, kalsit damarlı, biyomikritli ve yer yer oolitli erime boşluklu kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşından oluşmaktadır. Mikritik doku özelliği sunan birimde, mikritik kaya kırıntıları sparkalsitle tutturulmuştur. Hazırlanan ince kesitlerde mikritleşmiş fosil kavkaları

tespit edilmiş ve bu kavkuların içinin mikrosparitik kalsitle doldurulduğu gözlenmiştir.

Kireçtaşında birincil gözeneklilik ve geçirgenlik diyajenez, yeniden kristallenme ve dolomitleşme ile azalmıştır. Katmanlanma düzlemleri arasında erime ve gelişmiş ikincil gözeneklilik olağandır. Karstlaşma ile ikincil gözeneklilik ve geçirgenlik oldukça artmıştır. Katman ve eklem düzlemleri arakesitleri boyunca bağlantılı erime boşlukları gelişmiştir. En çok rastlanan karst şekilleri, erime oluğu, dolin, mağra ve karst kaynaklarıdır.

Dokanak İlişkileri: Mesozoyik, çalışma alanı batısında, KB-GD doğrultusunda oldukça sürekli yüzeylenen Hacıalabaz Formasyonu ile başlar. Tabanında yer yer ince bir taban çakıltaşı ile Paleozoyik temeli oluşturan Sultandede Formasyonu üzerinde diskordan olarak oturmaktadır.

Fosil Kapsamı ve Yaş: Elitok (2001), Şarkikaraağaç civarında yaptığı çalışmasında Hacıalabaz Formasyonu'ndan aldığı örneklerinde birimin yaşını Dogger-Üst Kretase aralığı olarak tespit etmiştir. Demirkol (1981), Hacıalabaz Formasyonu üzerinde Alt Eosen'e kadar kesiksiz bir karbonat çökelişi gözlemlemiş ve farklı isimlerle ayırtlamıştır. Dolayısıyla birimin yaşı Dogger-Alt Eosen olarak kabul edilmiştir. Ayrıca Özgül vd. (1991), Hacıalabaz Formasyonu'nun Dogger (Bajosiyen) yaşta dolomit ve neritik kireçtaşlarıyla başladığını ve Rudistlerle temsil edilen Üst Kretase'ye kadar belirgin görünür bir kesiklik göstermeden sığ karakterini koruduğunu ifade etmişlerdir. Ancak, çalışma alanı içerisinde birimin tabanda Bajosiyen değil, Bathoniyen'le başladığı gözlenmiştir. Demirkol (1982), çalışma alanı dışında Hacıalabaz dağı ve yakın dolaylarından derlediği örneklerde birimin yaşını Üst Jura olarak belirlenmiştir.

4.1.1.3. Anamas Formasyonu (Kta)

Tanım ve Dağılım: Anamas Formasyonu, altta siyah, koyu gri, krem renkli, orta kalın katmanlı kireçtaşı, üstte krem, bej renkli ince-kalın katmanlı, sert, kırılğan, kristalin dokulu, bol kırık ve çatlaklı kireçtaşı ve yer yer dolomitik kireçtaşı ile temsil edilir.

Orta Toroslarda Anamasdağ kesiminde yüzeyleyen birim Dumont ve Kerey (1975), tarafından Anamas-Akseki birliği; Özgül (1976), tarafından Geyikdağı birliği; Şenel vd, (1992. 1996) tarafından yeniden Anamas-Akseki otoktonu; Öztürk vd. (1981), tarafından Anamasdağ Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada da Anamas Formasyonu isminin kullanılması uygun bulunmuştur.

Anamas Formasyonu çalışma alanının güneyinde Göztaş Tepe, Diktaş Tepe, Büyüksivir Tepe ve Tepelik Tepe boyunca doğu batı doğrultusunda yüzeylenmektedir. Yakaköy ve Balcı köylerinin arasında Şekerci Tepe'de ve Madenli'nin güneybatısında Köşkçukur Tepe'de dar bir alanda mostra vermektedir. Ancak çalışma alanının güneyinde de geniş alanlarda yüzeylenmektedir.

Litoloji Özellikleri: Anamas Formasyonu, Yakaköy ve Balcı Köyleri civarında bol kırık ve çatlaklı, erime boşluklu bozunma rengi gri beyaz, taze kırık yüzey rengi bej, kırılması zor, sert ve kırılğan, kristalin dokulu yer yer dolomitik olarak gözlenmektedir. Birim içerisinde birbiriyle bağlantılı dolinler gelişmiş, tabakalar yaklaşık 50-80 cm kalınlığındadır. Tabaka yüzeylerinde dentritik şekilli siyah renkli bitki izlerinin varlığı dikkati çekmektedir. Ofiyolit-kireçtaşı dokanağının tektonik özellikte olmasından dolayı kireçtaşları breşik özellik sunmaktadır. Köşeli değişik boyutlu bileşenler tekrar bir karbonat ara madde ile bağlanmış durumdadırlar.

Dokanak İlişkileri: Çalışma alanının güneyinde yüzeyleyen Anamas Formasyonu'nun tabanı gözlenememektedir. Yakaköy ve Baçcı Köyleri güneyinde Göksöğüt Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Köşkçukuru Tepe civarında ise Hoyran Ofiyolitleri ile olan dokanağı tektoniktir.

Fosil Kapsamı ve Yaş: Çalışma alanının güneyinde yer alan Anamas Formasyonu'na ait karbonat istifinin, Yağmurlu (1992) tarafından egemen olarak Ammonit, Rudist ve Megalodont içerdiği belirtilmiştir. Elitok (2001), çalışma alanı dışında birimin ofiyolitler ile olan dokanağa yakın kesimlerden aldığı örneklerde yapılan yaş tayini sonucunda birimin yaşını Kretase-Alt Eosen olarak belirlemiştir.

4.1.1.4. Bağkonak Formasyonu (Tb)

Tanım ve Dağılım: Bağkonak Formasyonu genellikle alüvyal yelpaze çökellerini karakterize eden moloz ve çamur akmaları ile örgülü nehir çökellerinden oluşmuş grimsi, sarımsı ve krem-boz renkli, karbonat çimentolu çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşından oluşmuştur. Formasyonun adlanması Demirkol vd. (1977)'nin "*Sultandağının Stratigrafisi ve Jeolojik Evrimi*" adlı çalışmalarında, birimin tipik olarak yüzeylendiği yer olan Bağkonak köyünden esinlenerek yapılmıştır.

Bağkonak Formasyonu, Bağkonak çevresinde Kızılın Tepe kuzeyi, Dedeçam, Kozluçay, Cehennem Tepe, Özgüney, Arapini Tepe, Gemenkorusu Sırtı, Yalvaç ve Sücüllü'ye kadar uzanan bir alanda yüzeyleyir. Bağkonak Formasyonu en fazla 250 m kalınlıkta olup, tabanda yer alan tüm Neojen öncesi temel kayaların üzerine uyumsuz olarak gelir.

Litoloji Özellikleri: Formasyonun alt kesiminde egemen litoloji çakıltaşı ile kumtaşı iken, üst kesimde kumtaşı ile çamurtaşı daha egemen olarak bulunmaktadır. Akarsuların enerjilerini kaybederek dengeye erişmesi ile ilişkili 1-2 cm boyutundaki çakıllar kumtaşı içerisinde serpilmiş şekilde bulunur. Kötü boylanmalı, küt öğeli kumtaşı ile çakıltaşı; düzensiz kırıklı, ince dokulu, sert,

karbonat çimentolu, az fosilli, oygu ve dolgu yapılı, orta-kalın belirsiz katmanlıdır. Çakıltaşı; koyu gri-boz renkli, kumlu, polijenik, kötü boylanmalı, iri çakıllı, karbonat çimentolu, kalın ve belirsiz katmanlı olup, uzaktan belirgindir. Genellikle blok boyundaki taneler köşeli-az yuvarlak kireçtaşı, şist, kuvarsit ve temele ilişkin diğer kayalardan türemiştir. Bağkonak Formasyonu'nun, bazı bölümlerinde çapraz katmanlanma, oygu-dolgu ve mercek yapıları görülmektedir. Kumtaşı; krem-boz, orta-kaba kum dokulu, ufalanır, kötü boylanmalı, orta-kalın katmanlı olup, kimi litoloji değişim yüzeylelerinde oygu-dolgu yapıları görülebilir.

Boray vd., (1985)'e göre Bağkonak Formasyonu çok tipik erozyon örnekleri içermektedir. Ayrıca birim içerisindeki alüvyon yelpazesi, birikinti konisi, akarsu kanal dolgusu malzemelerinden oluşan ince malzemelerin miktarı, çökme havzası içlerine doğru gidildikçe artış göstermektedir. Yağmurlu (1991), Bağkonak Formasyonu'nun egemen litoloji yapısı ve yanal yöndeki stratigrafi özellikleri dikkate alındığında, formasyonu oluşturan kırıntılı tortulların, görsel oluşuklarla girift alüvyonal yelpaze ortamında çökelmiş olabileceğini ifade etmiştir.

Dokanak İlişkileri: Bağkonak Formasyonu'na ait tortullar, çalışma alanında Paleozoyik ve Mesozoyik birimler üzerine diskordans olarak gelir. Birimin üstüne gelen Yarıkkaya Formasyonu ile ilişkisi geçişli görülür ve iki birimin sınırında bir uyumsuzluk yoktur. Yalvaç ilçesinin batısında, kuzey güney doğrultusunda uzanan iki birimin geçişini ayırmak oldukça güçtür.

Fosil Kapsamı ve Yaş: Bağkonak Formasyonu'na ait çakıltaşları içinde herhangi bir fosil kalıntısı bulunmamıştır. Ancak çakıltaşları ile girift olan marn ve kilaşları içinde yaygın olarak *Planorbis sp.* ve *Limnea sp.* gibi Gastropodların yanısıra, yaprak izleri bulunur (Yağmurlu, 1991). Bu fosillerin yaşı Üst Jura ile günümüz arasında değişmektedir.

4.1.1.5. Yarikkaya Formasyonu (Ty)

Tanım ve Dağılım: Yarikkaya Formasyonu'nun ana bileşenini çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı, kiltası, killi kireçtaşı ve kireçtaşı oluşturmaktadır. Yarikkaya Formasyonu, çakıltası, kumlu kiltası, kiltası, killi kireçtaşı ve genellikle açık yeşilimsi, düzensiz laminalı, zayıf pekleşmiş ve yersel ince taneli kumtaşı, arakatkılı çamurtaşı nöbetleşmesinden oluşmuş gösel bir istiften meydana gelmektedir. Formasyonun üst bölümlerinde yer alan travertenimsi kireçtaşı, kireçtaşı üyesi olarak ayırtlanarak haritalanmıştır. Yarikkaya Formasyonu, Demirkol (1977) tarafından adlandırılmıştır.

Formasyon adı birimin en iyi temsil edildiği ve geniş yer kapladığı Yarikkaya köyünden alınmıştır. Çalışma alanında başlıca Yarikkaya, Körküler, Terziler, Çamharman, İleğiköy, Kayalar Tepe arasında kalan geniş bir alanda yüzeylenmektedir. Birime ait bölümsel tipik kesit Yarikkaya köyü çevresinde yer alır. Demirkol ve Sipahi (1979), enine kesitlerden birimin kalınlığını yaklaşık 50m olarak saptanmıştır.

Litoloji Özellikleri: Egemen olarak beyaz-boz renkli, kavrimsı kırıklı, sert, çok ince-ince katmanlı, katmanlanmaya paralel kiltası ile yeşilce-boz, oldukça sert, ince-orta kalın katmanlı killi kireçtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluştuğu gözlenmiştir. Birimin bazı yerlerinde, en üst kısımlar kırmızı ve beyaz renkli marn seviyelerinden meydana gelmiştir. Yarikkaya Formasyonu'nun alt bölümü, egemen olarak kiltası ve çamurtaşı ardalanmasından oluşur. Sahanın kuzeyinde birimin en üst kısmında iri kireçtaşı çakıl ve bloklarından oluşan çakıltası seviyeleri bulunmaktadır. Yarikkaya Formasyonu'nun en üst seviyelerindeki bu iri bloklu çakılların, etkili tektonizma ile hızla yükselmiş olan çevredeki temel kayaların aşınması sonucu meydana geldiği düşünülmektedir.

Çalışma alanının kuzeyinde özellikle Yarikkaya çevresinde en fazla 80-100 m kalınlıkta bulunan Yarikkaya Formasyonu, güneye doğru gidildikçe formasyonunun üst bölümüne ait marnlara derecelendiği dikkati çekmektedir.

Dokanak İlişkileri: Yarikkaya Formasyonu'ndan güneye Göksöğüt Formasyonu'na geçildiğinde göl fasiyesi yerini taşkın ovası fasiyesine bırakır. Asılı kil, çamur malzemenin durulduğu düzgün paketlenme görülür. Çamharman yakınında, gölssel Yarikkaya Formasyonu'ndan Hacılabaz Formasyonu'na veya temel kayalarına yaslandığı görülür. Burada Neojen'in alt seviyelerinin bulunmayışının nedeni gölssel birimin diğerleri üzerine aşmalı oluşuyla açıklanabilir.

Çalışma alanı kuzeyinde Yarikkaya Köyü civarında ise bazı seviyelerde kömür bantları görülmektedir. Formasyonun özellikle alt düzeylerinde görülen kömür bantları, bu bölgede eski yersel turbaların yani bataklıkların bulunduğu bir göstergesidir.

Fosil Kapsamı ve Yaş: Çalışma alanı dışında yer alan Yukarıkaşıkara köyü civarında Yarikkaya Formasyonu içerisinde, Alt Pliyosen'in üst bölümlerini temsil eden iki yeni Pyrgula türü ile, Üst Pliyosen'in alt bölümlerinde bulunan bir Corymbina saptanmıştır (İnal, 1975). Haude (1968) ve İnal (1975)'a göre, bu gölssel istifin yaşı Alt Pliyosen'in üst bölümü ile Üst Pliyosen'in en alt bölümü arasındadır. Yarikkaya Formasyonu içinde yer alan linyitlerde Orta Miyosen'e ait spor ve pollenler saptanmıştır (Yağmurlu, 1991).

Kireçtaşı Üyesi: Çalışma alanında, ayırtman litoloji özellikleri sunan birim kireçtaşı üyesi olarak haritalanmıştır. Kireçtaşı üyesi tipik olarak Kırkbaş ve Ayvalı köyleri ile Sarıkaya Tepesi arasında yüzeylenir. Kireçtaşı üyesi, Yarikkaya Formasyonu üzerine uyumlu olarak görülür ve genellikle 70 m ye yaklaşan kalınlıktadır. Kireçtaşı üyesi, beyazımsı, boz, krem renkli, sert, sıkı, tutturulmuş, orta-kalın katmanlı, eklemlili, fosilli ve travertenimsi özelliktedir.

Aşağıtirtar köyünün 1 km kuzeybatısında, killi kireçtaşlarıyla uyumlu olarak Manyezit cevherleşmesi yer almaktadır. Mercek şeklinde yataklanmış olan Aşağıtirtar manyezitlerinin işletildiği alanlar Köytepe ve Kemersırtı bölgeleridir. Kemersırtında manyezit yatağının boyu yaklaşık 2-2.5 m, uzunluğu da 600-700 m arasındadır. Köytepe'de ise cevherleşmenin boyu 2-2.5 m, uzunluğu 300-400 m arasındadır. Manyezit oluşumu için gerekli magnezyumu çalışma sahasının kuzeyinde yer alan Hoyran ofiyolit karmaşığında sağlamıştır. Manyezitler beyaz, kirli beyaz ve sarımsı beyaz arasında, yer yer birkaç cm'den birkaç 10 cm'ye değişen boyutlarda gözlenmektedirler (Evcimen, 2001).

Tokmacık Kasabası'nın 2 km doğusunda yer alan Yarikkaya Formasyonu üzerindeki Tokmacık fosil yatağında, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği öğretim üyeleri tarafından 1994 yılında kazı çalışması yapılmıştır. Tokmacık fosil yatağında sınırlı bir alanda yapılan kazılar sonucunda değişik türde memeli kalıntıları bulunmuştur. Bu kalıntılar; Gergedan (*Rhinolcerotidae*), Mamut (*Proboscidae*), At (*Equidae*), Etoburlar (*Carnivores*) ve Geyikgillere (*Bovidae*) ait fosilleşmiş ve kısmen korunmuş kemik parçalarından oluşmaktadır. Yağmurlu vd. (1994), bu kalıntıların Geç Miyosen (Turoliyen) dönemine ait olup günümüzden yaklaşık 9 milyon yıl öncesinde yayılım gösteren memeli fauna topluluğuna ait olduklarını belirtmişlerdir.

4.1.1.6. Göksöğüt Formasyonu (Tg)

Tanım ve Dağılım: Göksöğüt Formasyonu, alttan üste doğru başlıca çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltası, çamurtaşı ile gölsel kireçtaşlarından oluşmaktadır. Formasyonu oluşturan litolojilerin alttan üste doğru tane boyu oldukça küçülmeğe yer yer çakıl ve düzenli kil, silt, kum paketlenmeleri görülmektedir. Çalışma alanının güneyinde KB-GD ve B-D arasında değişen bir uzanım sunan Göksöğüt Formasyonu'nun kalınlığı 100-130 m arasında değişmektedir. İlk kez Demirkol (1986), tarafından havzanın güneyinde birime karşılık gelen tortullar için "Göksöğüt Formasyonu" ismi kullanılmıştır.

Birim adını çalışma alanının dışında güney doğuda geniş yayılım gösterdiği Göksöğüt Köyü'nden almıştır. Çalışma alanının güney doğusunda bulunan Dedeçam köyü batısında, Bağkonak Formasyonu'ndan Göksöğüt Formasyonu'na geçilir. Çalışma alanında Göksöğüt Formasyonu'na ait bölümsel tipik kesit Balcı köyü kuzeyinde yer alır. Birim, Dedeçam'ın batısında Aztepe, Göncü Tepe, Düzkır Tepe hattından Batıya doğru, Çetince, Bahtiyar, Keçeli ve Yakaköye kadar uzanan alanda yüzeylemektedir.

Litoloji Özellikleri: Göksöğüt Formasyonu, altta yeşil, sarı kahverenkli kumtaşı, silttaşı ve kiltası seviyeleri ile başlayıp üstte yeşil, gri, beyaz renkli kiltası marn ve killi kireçtaşı seviyelerine geçmektedir. Birimin üst bölümünü oluşturan kireçtaşları, başlıca sarımsı-açık girimsi, orta ile kalın düzenli katmanlı, bol gözenekli ve travertenimsi özelliktedir. Çalışma alanının güneyinde beyaza yakın açık rengi ve peneplen topoğrafya ile karakterize olan formasyonda, killi kireçtaşı, çamurtaşı ve kalkerli çamurtaşından oluşan ara katkılar olağandır.

Göksöğüt Formasyonu'nu oluşturan çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltası ve çamurtaşı araldanması oldukça kesintisiz görünümündedir. Nöbetleşe kumtaşı ve çamurtaşında; çamurtaşı, marn, killi mikrit, kalkarenit ve çakıltaşı katkıları bulunur. Kumtaşı; sarı, turuncu, krem renkli, çakıllı veya çakıltaşı katkılı, küt köşeli, zayıf tutturulmuş, ince-orta kalın katmanlı olup silisli kaya parçalarından oluşmuştur. Kumtaşı, çamurtaşı ve kiltasına göre daha dayanımlıdır. Çamurtaşı, yeşilimsi, mavimsi, dayanımsız, çok ince-ince katmanlı ve geçirimsizdir. Kireçtaşı katkılarının taze yüzeyi krem, ayrıışmış yüzü koyu krem, boz, sıkı, kıt fosilli olup kalsit damarları yer almaktadır.

Dokanak İlişkileri: Üste doğru tane derecelenmeli bölümler çakıltaşı içinde yaygın olarak bulunur. Çakıltaşının kalınlığı havzanın kuzeyinden güneyine doğru hızla incilir. Kuyucak ve Kızılın Tepe arasında Bağkonak Formasyonu'nu üzerleyen birim, çalışma alanı güneyinde Neojen öncesi birimler üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Göksöğüt Formasyonu ile Yarikkaya Formasyonu'nun

dokanak ilişkisini çalışma alanı içerisinde görmek mümkün olmamıştır. Yarikkaya Formasyonu Neojen havzanın kuzey ve ortalarında yüzeyleirken, Göksöğüt Formasyonu Neojen havzanın güney kenarında yer almaktadır.

Demirkol ve Sipahi (1979), bölgedeki Senozoyik yaşlı birimleri Bağkonak Formasyonu, Yarikkaya Formasyonu, Göksöğüt Formasyonu, olarak ayırtlamışlardır. Araştırmacılar, Göksöğüt Formasyonu ile Yarikkaya Formasyonu'nun geçişli olduğunu ifade etmişlerdir. Yağmurlu (1987), birimin litolojik ve stratigrafik özellikleri dikkate alındığında bu birimi oluşturan kaba kırıntılı tortulların görsel koşullara doğru açınım gösteren alüvyonal yelpaze ortamında depolanmış olabileceğini ifade etmişlerdir.

Fosil Kapsamı ve Yaş: Yağmurlu (1991), birime ait kireçtaşları içinde *Limnea* sp. ve *Planorbis* sp. gibi tatlı su gastropodları yaygın olarak bulunduğunu belirtmiştir. Demirkol (1982), formasyon içerisinde *Lamellibranchia* ve *Gastropod* bulunduğunu fakat tanıtımının yapılamadığını belirtmiştir. Öztürk vd. (1981), Bahtiyar civarında birimden aldıkları örneklerden, Radac (?), *Ostrocodes*: *Caspiocypris* cf. *Candide* gözlemlenmişler ve birimin yaşını Miyosen-Pliyosen geçişi olabileceğini belirtmişlerdir. Bütün bu verilerin ışığında birimin yaşı Üst Miyosen-Pliyosen olarak kabul edilmiştir.

4.1.1.7. Alüvyon ve Yamaç molozu (*Qal* ve *Qym*)

Temel kayaları açılı uyumsuz olarak üstleyen alüvyon, özellikle çukur alanlarda eski alüvyon ve alüvyal yelpaze çökellerinden oluşan bir kompleks şeklinde, temel birimlerden türemiştir. Alüvyon farklı şekil, boyut ve yuvarlaklıktaki blok, çakıl, kum, silt, kil ve bunların farklı kombinasyonlarının birikiminden meydana gelmektedir.

Alüvyon özellikle Yalvaç-Madenli ve Özbayat-Madenli arasında Yalvaç-Gelendost ve Avşar dere yataklarını takip ederek KD-GB doğrultusunda Gelendost'a,

Mısırlı'dan KD-GB doğrultusunda Hoyran Deresi yatağını takip ederek Eğirdir Gölü'ne kadar dar bir alanda yayılım sunmaktadır. Gelendost ve Tokmacık-Çaltı ovalarında ise Neojen birimlerin yumuşak topoğrafyasını uyumsuz olarak üzerleyen daha geniş alanlar kaplamaktadır.

Yamaç molozları ise, özellikle Beyşehir-Hoyran Napı'na koştur dağ eteklerinde ve Anamas Formasyonu'nun sarp dokanakları boyunca gelişmiş köşeli blok, çakıl ve kum boyutundaki tutturulmamış kırıntılardan oluşmaktadır. Çalışma alanının güneyinde yer alan bu sarp topoğrafya boyunca kuzeye doğru Yakaköy ve Balcı arasında gözlenmektedir. Genellikle Kireçtaşlarına ait değişik boyutlu ve farklı derecelerde yuvarlaklaşmış çakıl ve bloklardan oluşan yamaç molozu, vadilerin ağız kesimlerinde yelpaze görünümündedir.

4.1.2. Allohton Birimler

4.1.2.1. Hoyran Ofiyoliti (Ho)

Tanım Dağılımı: Hoyran Ofiyoliti, çalışma alanında değişik yaş, tür ve boyutlu, farklı oluşum ortamlarını gösteren olistrostromal kireçtaşı blokları, yeşilimsi, kahve, kırmızı renkli, sert, köşeli, kırıklı çört, radyolit, peridodit ve serpantinitten meydana gelmektedir. Bu birime Demirkol (1981) "*Hoyran Ofiyolitli Karmaşığı*" adını vermiştir. Bu çalışmada birimin adının "*Hoyran Ofiyoliti*" olarak kullanılması uygun görülmüştür.

Hoyran Ofiyoliti çalışma alanının, kuzeybatısında Neslihan Tepe, Kumdanlı, Çıplaklı Tepe güney etekleri, Çakıltaşı Tepe, Eyüpler, Kaya Tepe, Kurusarı hattı boyunca Hüyükli doğusuna kadar uzanan bir alanda ve Celeptaş, Yukarıtırtar köyleri dolayında yüzeylenmektedir. Çaltı köyü doğusundan, Yarmaağaç Tepe, Barakkaya Tepe civarında oldukça geniş bir alanda mostra vermektedir.

Çalışma alanı ve yakın çevresinde geniş yayılım gösteren Hoyran Ofiyoliti ve bunu oluşturan bileşenlerin çoğunluğu, oluşum ortamı hiçbir zaman okyanusal

havza niteliği kazanmamış olan alttaki birimlere ortam bakımından yabancısıdır. Bu nedenle Hoyran Ofiyoliti'nin oluşum ortamı çalışma alanının dışında olmalıdır.

Litoloji Özellikleri: Mesozoyik yaşlı Beyşehir-Hoyran Napı ile ilişkili olan Hoyran Ofiyoliti, egemen olarak ileri derecede biçim değiştirmiş serpantin, diyabaz, katmanlı çört, serpantinleşmiş dunit ve değişik boyutlardaki bloklardan ve olistrostromal kireçtaşlarından meydana gelmiştir. Birim tabanda, serpantin ve bunların içerisinde diyabaz blokları, tabandan içerisine aldığı sedimanter kaya blokları ile azda olsa amfibolit, amfibolitışist, kuvarsit, kalkışistler ve bunların üzerinde yer alan peridotitlerden meydana gelmektedir.

Dokanak İlişkileri: Anamas Formasyonu'nu üzerine tektonik dokanakla gelen Hoyran Ofiyolitini, Üst Miyosen yaşlı Bağkonak Formasyonu uyumsuzlukla üzerlemektedir. Hoyran Ofiyoliti içerisinde bloklar şeklinde bulunan değişik olistolitler bir istif oluşturamaz. Demirkol ve Yetiş, (1984)' e göre Hoyran Ofiyoliti'nde bulunan sedimanter bileşenler sığ ve derin denizel ortamda oluşmuşlardır.

Fosil Kapsamı ve Yaş: Hoyran Ofiyoliti, Jura-Alt Kretase yaşlı Babageçidi Kireçtaşı bloklarını içermektedir. Brunn vd. (1971), Beyşehir-Hoyran napını incelemişler ve Beyşehir dolayındaki ofiyolit Üst Triyas yaşında olabileceğini düşünmüşlerdir. Demirkol (1985), Hoyran Ofiyolit karmaşığının oluşum yaşını içerdiği en genç bileşene göre Maestrihtiyen sonu olabileceğini ifade etmiştir.

Babageçidi Kireçtaşı (Jb): Çalışma alanında ofiyolit içinde bloklar halinde görülen birim, tipik mostraları çalışma alanı dışında Babageçidi dolayından verdiğinden dolayı bu adı almıştır. Genellikle gri, beyaz, şekerimsi, kristalize ve çok sert olup belirgin katmanlanması olmayan, düzensiz eklemlili, bazen dolomitli olup çok değişik boyutlularda bulunur. Ofiyolit içinde bloklar halinde yüzen birim, üstten Neojen çökelleriyle diskordan olarak örtülüdür. Birimin ince kesitlerinde, aşırı basın deformasyonu sonucunda sparitik ve mikritik özellikte stiolitik oluşum

gözlenmiştir. Yine basınç erimesi olarak adlandırılan aşırı yük altında kalsit kristallerinde meydana gelen deformasyon sonucunda ortaya çıkan zig zaglı yapılar gözlenmiştir. Tüm bu belirtiler birimin aşırı yük altında kaldığının bir işaretidir. kalsit kristallerinde yassılaşıma ve uzama gözlenmiştir.

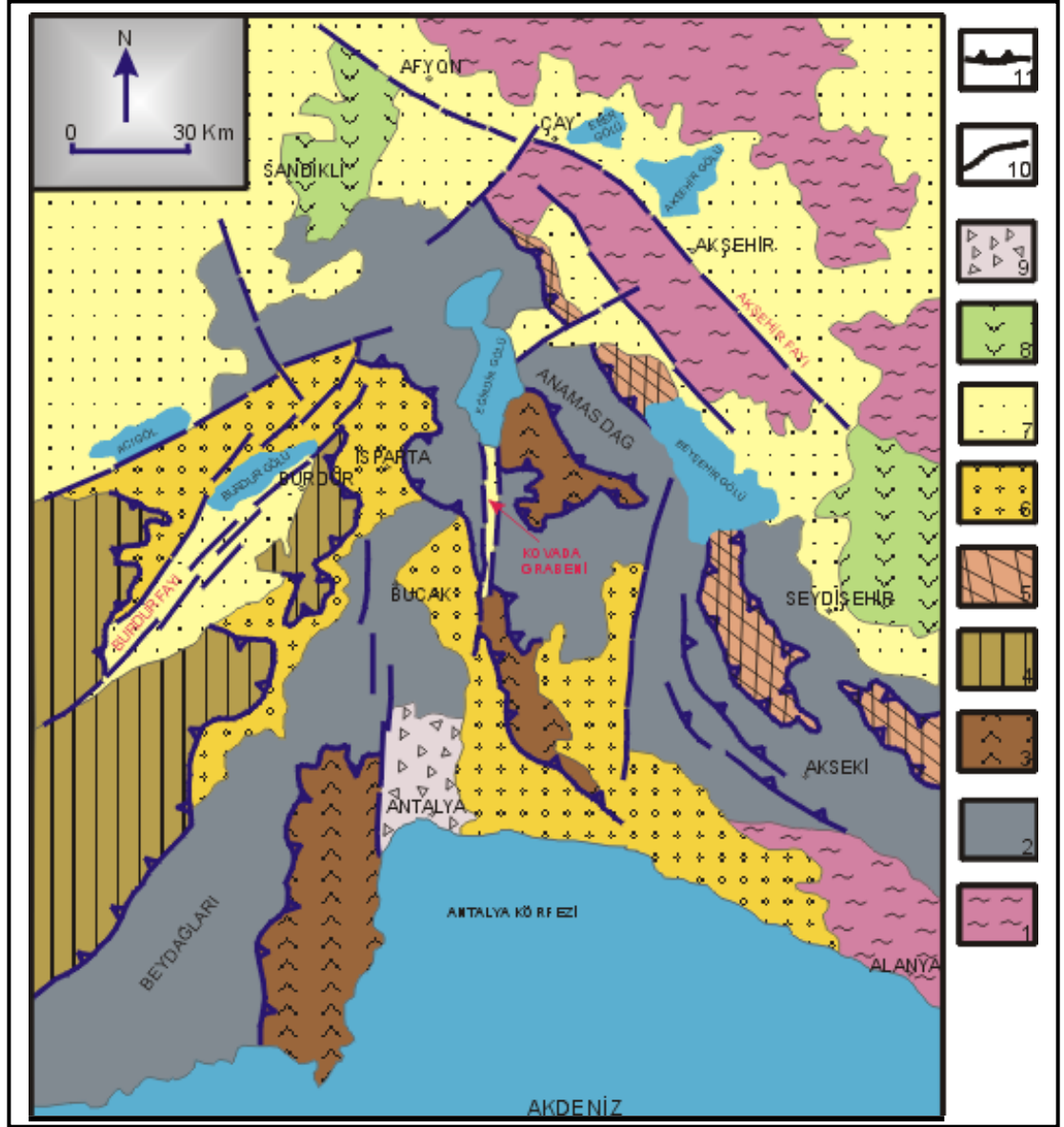
Blokların yaşı Demirkol vd. (1977), tarafından Jura-Alt Kretase olarak saptanmıştır. Daha önceki çalışmalarda Brunn vd. (1971), bu blokları Boyalı Tepe birimi olarak haritalamışlar ve yaşını Alt Jura-Üst Kretase (Resiyen) olarak belirtmişlerdir.

4.2. Bölgesel Jeoloji

Ketin (1966), tarafından Toridler olarak tanımlanan çalışma alanı bugünkü yapısını Alpin orojenezi ile kazanmıştır. Antalya Körfezi kuzeyinde, Toroslar'ın sivri ucu kuzeye doğru yönelmiş yaklaşık ters "V" biçimli olan bu kesimi Blumenthal (1963), tarafından "*Isparta Büklümü*" olarak adlandırılmıştır. Aynı yöre için Brunn (1976), ve Şengör (1980), "**Isparta Açısı**"; Koçyiğit (1981) ise "*Isparta büklümü*" terimini kullanmıştır. Isparta büklümü Şengör'ün (1980) Türkiye'nin neotektonik bölgelerinden biri olarak tanımladığı Orta Anadolu ovalar bölgesinin güneybatı ucunda Ege graben sisteminin de hemen doğusunda bulunmaktadır (Boray vd., 1985). Yağmurlu vd. (1997), Isparta Büklümünü K-G yönde yaklaşık 180 km, D-B yönde 100 km genişliğinde üçgen şekilli, KD yönlü Burdur fayı ve KB yönlü Akşehir fayı arasında yer aldığını ve üç kırıkla karakterize edildiğini belirtmişlerdir (Şekil 4.2.).

Poisson (1977) Üst Miyosen'de (Tortoniyen sonrası) büklümün doğu kanadının batı kanadı üzerine bindirdiğini (Aksu Bindirmesi) belirtmektedir. Atalay (1975) ve Erol (1981), Isparta büklümü bölgesinde bulunan göl alanlarının normal faylarla oluşmuş çökme havzaları olduğuna değinmişlerdir. Yapısal kökenli deformasyon, bölgedeki tektonizma etkinliğinin en önemli göstergesidir. Günümüzde tektonik yönden aktif olan Isparta ve Göller Bölgesi, eski jeolojik devirlerde de yapısal gerilmelerin etkisi altında kalmış ve değişik tür kıvrımlı, kırıklı, bindirmeli ve faylı yapılar kazanmıştır. Karaman

(1994)'e göre Isparta Büklümü'ne Likya napları batı yönde, Beyşehir-Hoyran ofiyolitik napları ise doğu yönde bindirir. Önceki çalışmalar, Likya ve Beyşehir-Hoyran naplarının her ikisinin de, Orta Tersiyer boyunca Mesozoyik karbonat istifine (Beydağları ve Anamas-Akseki platformları) kuzeyden güneye yerleştiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.2. Isparta büklümünün basitleştirilmiş jeoloji haritası (Yağmurlu, 2004)
 (1) Metamorfik kayalar (Paleozoyik), (2) Karbonat Kayalar (Mesozoyik), (3) Antalya Napları, (4) Likya napları, (5) Beyşehir-Hoyran napları, (6) Denizel Tersiyer tortullar, (7) Karasel Neojen tortullar, (8) Neojen volkanitler, (9) Antalya travertenleri, (10) Normal faylar, (11) Bindirme fayları

Neotektonik Hareketler; Çalışma alanı, Kaledoniyen ve Hersiniyen dağ oluşum hareketleri ile kıvrımlı ve bindirmeli bir iç yapısını kazanmış, Alpin hareketlerle de naplı bir yapıyı bünyesine eklemiş ve sonra yoğun olarak genç tektonik (neotektonik) hareketlerin etkisinde kalmıştır. Eren (1990), karasal çökellerin fasiyeslerinden ve yerel jeomorfolojik özelliklerinden çalışma alanının Üst Miyosen ve sonrasında blok faylanmaların etkisinde kaldığını ifade etmiştir. Buna bağlı faylar ile Sultandağları KB-GD uzantılı bir horst yapısı kazandığını ve Sultandağları horstunun güneybatı sınırını belirleyen faylar Üst Miyosen-Pliyosen zaman aralığında evrimini tamamladığı ve sönümlendiği için jeolojik ve morfolojik olarak fayın izi belirsiz olduğunu belirtmiştir.

Kerey (1987)'ye göre Sultandede Formasyonu'nun GB-KD doğrultulu bir sıkışmaya uğradığı gözlenmiştir. Bu sıkışmalar, çalışma alanının GD'da Lütésiyen esnasında, platform karbonatları üzerinde yer alan Beyşehir-Hoyran naplarını oluşturan sıkışmalarla aynı yaşta değildir (Gutnic vd. 1968, Koçyiğit 1983). Çalışma alanı ve yakın dolayında hemen hemen hiçbir yerde Sultandede Formasyonu'nun ofiyolitik birlik üzerine bindirdiği gözlenmemiştir. Dolayısı ile en azından bindirmenin yaşı Lütésiyen öncesidir ve neotektonik bir olay değildir. Bölge Üst Jura'dan – Meastrihtiyen'e kadar sığ deniz özelliğini korurken, bu özellik Meastrihyen'de aniden değişmekte ve havza ters fayların denetiminde çökmektedir. Havzanın güneyini sınırlayan ters fay ise büyük bir olasılıkla Lütésiyen'de gelişen Beyşehir-Hoyran naplarının altında kalmıştır.

Yapısal Evrim; Üst Jura'dan bu yana kara halinde bulunan Sultandağı, büyük olasılıkla Oligosen sonuna kadar devamlı aşınmaya uğraşmıştır. Üst Oligosen'de oluşan Alpin tektonik hareketleri, Sultandağı'nın kuzey ve doğu yamacı boyunca çalışma alanı dışında yer alan eğim atımlı normal fayları oluşturmaktadır. Dağın blok halinde yükselmesiyle şiddetli bir aşınma ve birikme evresine geçilmiştir.

Vadi kesitlerindeki gençleşme basamaklarında da görülebileceği gibi, büyük olasılıkla Miyosen başındaki Üst Alpin hareketleri sonucunda, bölgede Üst Oligosen'de oluşan faylar yeniden gençleşmiştir. Bu faylanmalar sonucunda Sultandağı tekrar yükselmiş,

çalışma alanı dışında bulunan Akşehir ve Eber gölleri ise yeniden çökmüştür (Demirkol vd. 1977). Hacıalabaz Formasyonu Kimmeriyen sonu ve Austik fazından çok etkilenmiştir. Öyleki aşınmanın ileri derecede geliştiği yerlerde Hacıalabaz Formasyonu bugün de topoğrafik yükselteleri oluşturmaktadır. Bu alan Alpin alt yapı katına karşılık gelmektedir (Demirkol, 1986).

Çalışma alanının güney ve batı bölümünde yer alan allokton ofiyolit karmaşığının bölgeye yerleşimi Koçyiğit (1983), tarafından Üst Lütésiyen sonu olarak belirtilmiştir. Bölgedeki ofiyolit karmaşığının ve allokton kireçtaşı naplarının Orta Miyosen yaşlı gölssel tortullar tarafından uyumsuz olarak üstlenmiş olması, yöredeki kireçtaşlarına ait allokton naplarının ofiyolitler üzerine en geç Orta Miyosen başında yerleşmiş olabileceğini yansıtır. Poisson vd. (1984) ile Karaman (1994), Isparta güneyinde Beydağ Kireçtaşlarına ait Akdağ ve Davras Dağı karbonat masiflerinin Burdigaliyen yaşlı tortulları bindirmeli bir dokanakla üstlediğini belirtirler. Yağmurlu (1990)'ya göre bu veriler, Orta Miyosen başında (Langiyen) bölgeyi büyük olasılıkla K-G doğrultusunda etkileyen önemli bir sıkışma rejiminin varlığını simgelemektedir.

Langiyen'de gelişen sıkışma rejiminin etkisiyle bölgede KB ve KD gidişli doğrultu atımlı faylar ile D-B egemen uzanımlı bindirme fayları ve K gidişli normal faylar gelişmiştir (Dumont ve Kerey, 1975; Karaman, 1990; Akay ve Uysal, 1988). Langiyen sıkışma rejimini izleyen dönemde oluşan çekme tektoniğine bağlı olarak, daha önce doğrultu atımlı fay olarak etkin olan KB ve KD kırıklar eğim atımlı normal faylara dönüşmeye başlamış olmalıdır. Bu gelişme sonucu, Yalvaç Neojen havzası açılmaya başlamıştır. Yalvaç Neojen havzası, Isparta büklümü olarak adlandırılan bölgesel ölçekli bir yapının iç kısmında yer alır. Üçgen şeklinde geometrik bir yapı özelliği gösteren Yalvaç Neojen havzasının, kenarları büyük bölümüyle normal faylarla sınırlandırılmış bir çöküntü alanı niteliğini taşır. Havzayı sınırlayan faylar aynı zamanda tortullaşma dönemi boyunca etkinliğini sürdürmüş büyüme fayı özelliğindedir. Yağmurlu (1990), simetrik bir çöküntü alanı niteliği taşıyan Yalvaç havzasında Orta Miyosen-Pliyosen süresi boyunca, havzayı sınırlayan büyüme faylarının denetiminde alüvyonal ve gölssel tortullar depolandığını belirtmiştir.

Kaba kırıntılı alüvyonal yelpaze tortulları daha çok havzanın kenar bölümlerinde ve büyüme faylarına yakın olan kesimlerde depolanmışlardır. Alüvyonal ve gölssel tortullar, havzanın kenar bölümlerinde birbirleriyle girift olan dokanak ilişkileri sunar. Yağmurlu (1990)'ya göre, yanal yöndeki giriftliliği yansıtan dokanak ilişkileri en iyi havzanın kuzey ve doğu kenar bölgelerindeki temel kayalar üzerinde ve gölssel Neojen oluşuklarına ait korunmuş ince tortul yamaçlarda gözlenebilir

4.3. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanı Toros orojenik kuşağının bir bölümü olan Batı Toroslar'ın kuzey kesiminde yer almaktadır. Çalışma alanı ve yakın dolayında Kaledoniyen ve Alpin dağ oluşumları ile gelişmiş yapı şekilleri gözlenmiştir. Demirkol ve Yetiş, (1984)'e göre Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı kayalar Alpin dağ oluşumu ile kıvrımlanırken, Paleozoyik yaşlı Sultandede Formasyonu hem Kaledoniyen ve hem de Alpin dağ oluşumlarından etkilenmiştir.

Yağmurlu, (1990)'ya göre çalışma alanı içerisinde bulunan Yalvaç Neojen havzası ve yakın komşu alanlarda yer alan egemen tektonik yapılar, normal ve bindirme fayları ile temsil edilir. Yaklaşık üçgen şeklinde geometrik bir yapı özelliği gösteren Yalvaç Neojen havzasının, kenarları büyük bölümüyle normal faylarla sınırlanmış bir çöküntü alanı niteliği taşımaktadır. Bölgede yer alan bindirme ve ters faylar genellikle Neojen öncesine ait kaya birimleri arasında gelişmiştir.

4.3.1. Çizgisellik Analizi

Çizgisellik (lineament) terimi ilk kez Hobbs (1904) tarafından “*Atlantic Sınır Bölgesinin Çizgisellikleri*” adlı çalışmasında kullanılmıştır. Hobbs (1904), bu çalışmasında çizgisellikleri arazinin gizli çizgisel yapıları olarak tanımlamıştır. Geçmiş yıllarda hava fotoğrafları kullanılarak belirlenen çizgisellikler günümüzde uydu görüntüleri ile tespit edilmektedir. Uydu görüntüleri çeşitli görüntü işleme teknikleri ile iyileştirilerek görüntüdeki çizgiselliklerin daha belirginleştirilerek ön plana çıkartılması

sağlanmaktadır (Davraz vd., 2003). Bu amaçla özellikle çalışma alanındaki çizgisel yapıları belirlemek amacıyla çeşitli doğrusallık filtreleri kullanılmıştır.

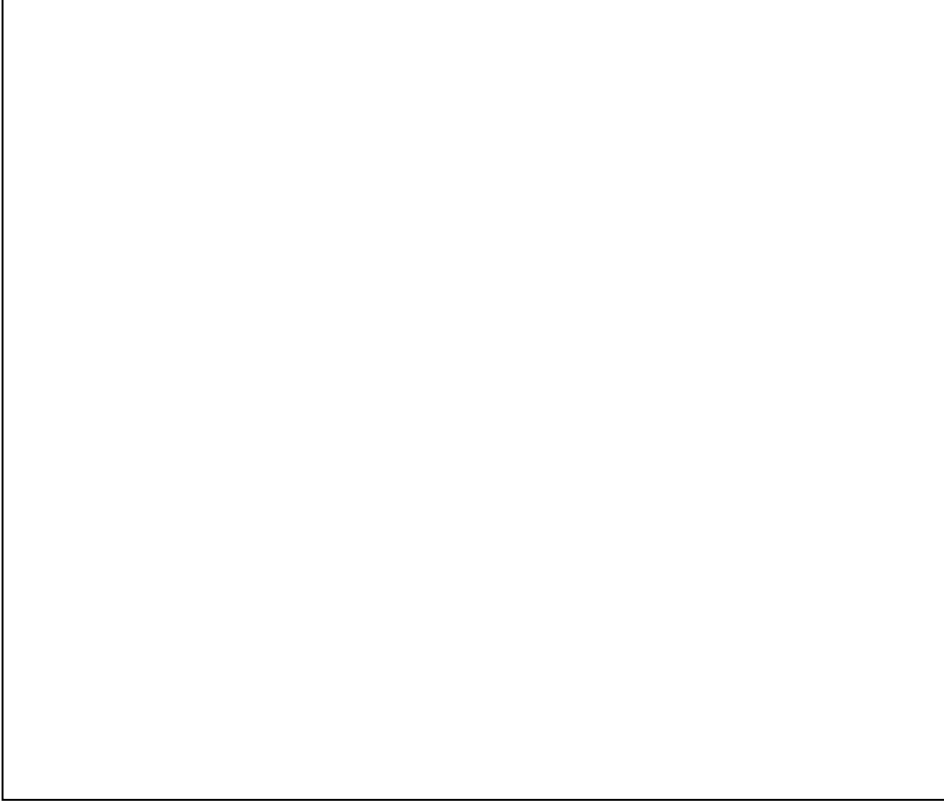
Subbu vd. (2001)'e göre çizgisellikler yeraltısularının depolanması ve hareketleri hakkında önemli ipuçları vermektedir. Tektonik basınç ve gerilmeler sonucunda oluşan bu hatlar Landsat TM uydu görüntüleri yardımıyla en iyi şekilde belirlenebilmektedir. Günümüzde farklı ülkelerde yapılan yeraltısuyu araştırmalarında, çizgisellik haritaları yardımıyla sondaj kuyusu açılması için belirlenen hedef alanlarda yüksek başarı sağlanmıştır. Teeum (1995), çizgiselliklerin üzerinde veya yakın civarında bulunan sondaj kuyularından daha iyi verim elde edildiği ifade etmiştir.

Demirkol vd., (1977) tarafından yapılan Hacıalabaz Formasyonu'na ait süreksizliklerin istatistiksel değerlendirmelerine ek olarak yeni arazi ölçümleri ve uydu görüntülerinden yararlanılarak çizgisellik analizi yapılmıştır.

Çalışma alanına ait Landsat ETM+ 4.5.7 band kombinasyonundan oluşan uydu görüntüsü üzerinde görsel yorumlamalar ile. ETM+ 7 bandına K-G, D-B, KD-GB, KB-GD doğrultulu çizgisellik filtreleri yardımıyla bölgedeki çizgisellikler belirlenerek çizgisellik haritası hazırlanmıştır (Ek 3). Çalışma alanında toplam 128 adet çizgisellik belirlenmiş ve bu çizgiselliklere ait gül diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 4.3.). Bölgede egemen çizgisellik doğrultularının K10-20B ve K50-70D olduğu tespit edilmiştir.

4.3.2. Normal ve Düşey Faylar

Havzanın güneyinde Gelendost ve Madenli çevresinde yer alan normal faylar egemen olarak KD gidişli olup, yer yer KB uzanımlı faylar tarafından kesilir. Yöredeki Balcı Fayı, Neojen tortulları ile Anamas Formasyonu'na ait kireçtaşları arasında gelişmiş olup, düşey yer değiştirme miktarı 250-350 m'ye ulaşır. Bağlılı ve Yaka Fayları, Balcı Fayına koşut gelişmiş basamaklı bir normal fay sistemini yansıtır. Yağmurlu (1990), tarafından topoğrafyadaki basamaklı yapı, yanal yönde izlenebilen kayma yüzeyleri ile biçim değiştirme ve breşleşme kuşakları, bu fayların belirlenmesinde gözetilen önemli veriler olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.3. Çizgiselliklere ait gül diyagramı

Yarıkkaya Köyü ve kuzey-kuzeybatısında yoğun olarak gözlenen fayların bir kısmı temel kayayı oluşturan Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı birimler, bir kısmı da yeni tektonik dönemde oluşmuş birimler içinde gelişmiştir. Büyük bir kısmında düşey ve düşeye yakın fay düzlemleri gözlenmektedir. Demirkol (1986), eski tektonik dönemde oluşan birimler içinde bazı fayların yeni tektonizma ile de hareket ettiği ve bu hareketlerin doğrultu atımlı ve ters fay bileşenleri olabileceği yönünde veriler bulunduğunu belirtmiştir.

4.3.3. Doğrultu Atımlı Faylar

Çalışma alanının batısında Hoyran havzasında yer alan Kumdanlı Fayı, Aşağıturtar köyünün kuzeyinden, Mısırlı güneyine kadar uzanmaktadır. Kumdanlı Fayı yaklaşık K45D gidişli, sol atımlı bir faydır. Hoyran havzasını tamamen kesen faya ait kayma yüzeyi en iyi biçimde Kumdanlı doğusunda görülmektedir. Kumdanlı Fayı aynı

zamanda Karaman (1990), tarafından ‘‘Güneybatı Anadolu Fayı’’ olarak tanımlanan ve Fethiye-Burdur-Hoyran doğrultusunda uzanım gösteren, sol doğrultu atımlı kırık hattının çalışma bölgesi içinde gidişini karşılar. Yağmurlu (1990), tarafından Kumdanlı Fayının Sultandağını oluşturan Neojen öncesi kaya birimlerini de etkilediği ve gözlenebilen yatay yer değiştirme miktarının yaklaşık 1 km olduğu belirtilmiştir.

4.3.4. Bindirme Fayları

Çalışma alanının güney bölümünde ve Madenli çevresinde yer alan bindirme fayları, Hoyran Ofiyoliti ile Hacılabaz Formasyo’nu arasında gelişmiştir. Hacılabaz Formasyonu’na ait kireçtaşları ile Hoyran Ofiyolit arasındaki bindirme yüzeyleri Madenli batısında 5 km ve Çaltı doğusunda 2.5 km uzunluğunda yaklaşık K-G doğrultusunda, Kumdanlı kuzeyinde ise 10 km boyunca yaklaşık KB-GD doğrultusunda uzanım göstermektedir.

Bindirme faylarına, yoğun tektonik etkiler sonucunda kıvrımlanmış ve kıvrım yapıları kazanmış Sultandede Formasyonu’nun Alt Paleozoyik çekirdeğinde rastlanmaktadır. Bu bindirme fayları Dumont (1976)’a göre daha sonra gelişen Hoyran Napı ile Bağkonak Formasyonu’na ait karasal çökeller tarafından örtülmüştür. Alpin hareketlere bağlı olarak yöreye taşınan Hoyran Napı’na ait Hoyran Ofiyoliti ve Jura-Kretase yaşlı Babageçidi kireçtaşı olistoliti, çalışma alanının güneydoğusunda Sultandede Formasyonu’na ait litolojiler üzerine bindirmiştir. Bu bindirme Üst Miyosen yaşlı Bağkonak Formasyonu’na ait birimlerce örtülmüştür. Buna göre, yöredeki nap hareketinin yaşı Miyosen öncesidir. Demirkol (1981), Özgül (1976) ve Koçyiğit, (1981), bölgesel verilerin ışığında bunların Eosen sürecinde gelişmiş olabileceğini ifade etmişlerdir.

Çalışma alanının darlığı bu görüşü denetleme olanağı vermemektedir. Buna karşılık Babageçidi kireçtaşı olistolitindeki tabaka ölçümlerinin sayımsal değerlendirilmesi önemli veriler ortaya koymaktadır. Buna göre, olistolit içinde, tektonik gidişi bindirme sınırına (90⁰) dik ve K45D doğrultulu bir yapı görülmektedir. Diğer bir deyişle

olistolitin tabaka konumları üzerine oturdukları bindirme izine diktir. Eren (1990), Hoyran Napı'nın önceki çalışmalarda vurgulanan ve KKD veya KD yönünde taşınma olasılığı zayıflamış olmakta, buna karşılık napın yaklaşık GD'dan KB' ya sürüklenmiş olabileceği ihtimali daha kuvvetli olarak ortaya çıktığını belirtmiştir.

4.3.5. Kıvrımlar

Demirkol, (1986), Sultandede Formasyonu'nda kıvrım eksenleri göz önünde tutulursa en yüksek derişim oranı K30-31B doğrultu ve 84 KD eğimli eklem takımı ile enine eklemi, K15B ile K66-68B doğrultu 86-87KD eğimli eklem takımları ise makaslama veya diyagonal eklemleri gösterdiğini belirtmiştir. Çalışma alanının güneydoğusunda Dedeçam-Kozluçay yerleşimlerinin doğusunda kıvrımlar açıkça görülmektedir (Ek 1).

Hacılabaz Formasyonu'nda ortalama kıvrım eksenine K57B doğrultulu ve 86GB eğimli eklem takımı boyuna eklemi (L) göstermektedir. K40D/70GD doğrultu ve eğimli eklem takımı enine eklemleri (T); K78D/86KB, K15B/86KD doğrultu ve eğimli eklem takımları ise makaslama ve diyagonal eklemleri göstermektedir. Çalışma alanındaki Hacılabaz Formasyonu'na ait kıvrım eksenine en iyi örnek, Kirişli Dağı'ndaki Kirişlidağ antiklinalidir (Ek 1).

Demirkol (1986)' a göre, Mesozoyikte, daha yaşlı temel kayaları transgresyonla örten Hacılabaz Formasyonu temel yapısal çatısına uymuştur. Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı temel kayalarda kıvrımlar gelişmiştir.

Yalvaç havzasını dolduran Neojen tortulları, genellikle düşük eğimli ve yataya yakın katmanlanma özellikleri gösterir. Bu nedenle havza içinde yaygın olmayan ve yersel gözlenebilen kıvrım sistemleri gelişmiştir. Demirkol (1977)'a göre havzanın güney bölümünde geniş yayılım gösteren Göksöğüt Formasyonu içinde Yaka ve Balcı faylarına koşut uzanımlı olan birbirini izleyen asimetric ve simetric kıvrım sistemleri gelişmiştir.

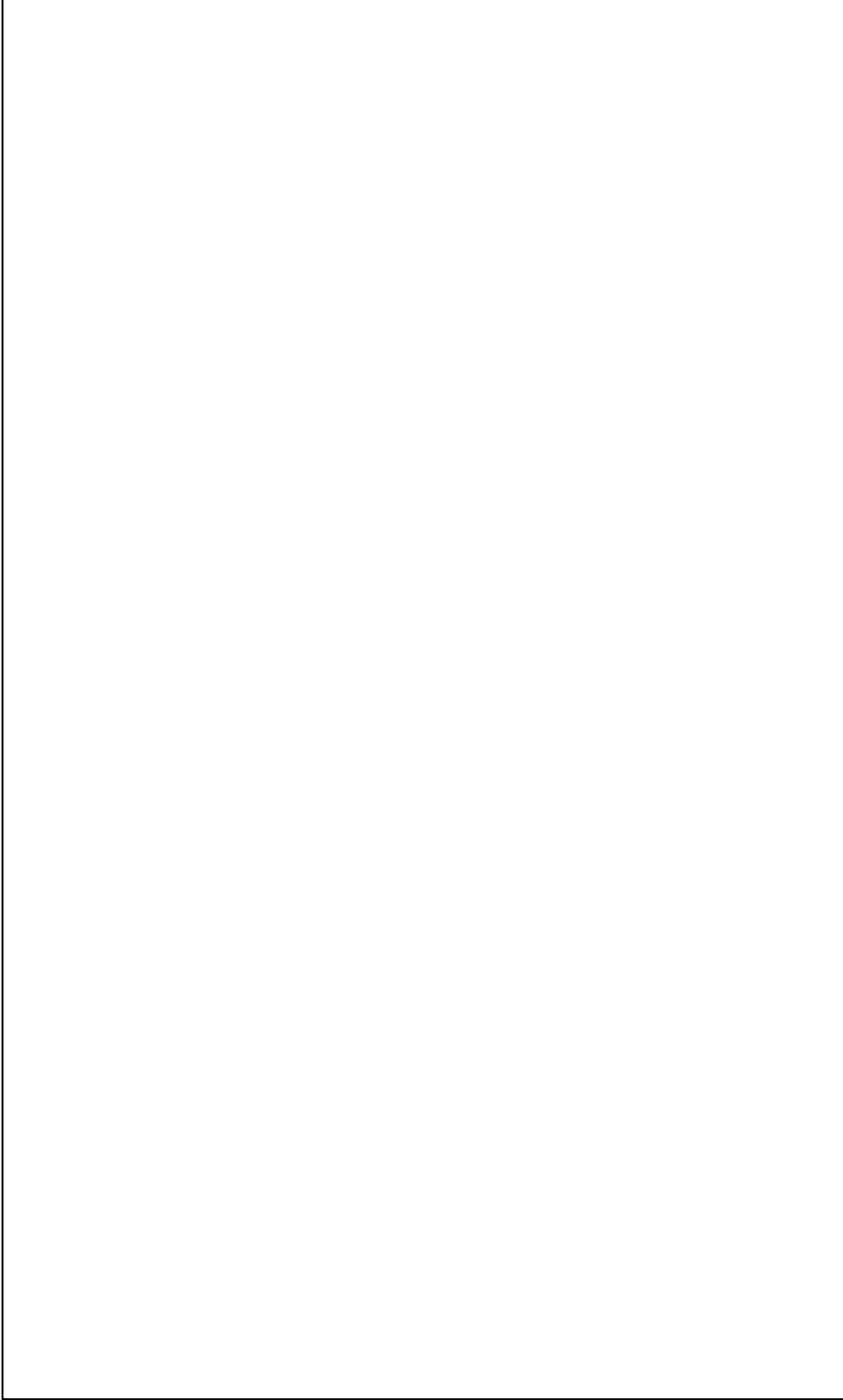
4.3.6. Yapraklanma Düzlemleri

Sultandede Formasyonu'ndaki çeşitli lokasyonlarda Demirkol vd. (1977) tarafından ölçülen 382 yapraklanma düzlemi yapılan değerlendirmede %10 derişme oranı olan K40B/26KD ve K60B/23GB odakları geliştiği belirlenmiştir. Sultandede Formasyonu'ndaki ölçülen yapraklanmaların % 13'ü K30-40B, % 12.5 'i K50-60B, % 11.2 si K40- 50B, % 10.4'ü K20-30 B doğrultusundadır. Geriye kalan yüzdeler ise % 10'dan az olarak KB ve KD olarak dağılmışlardır. Aynı formasyona ait yapraklanmaların eğim yönlerine göre dağılışı şöyledir: % 18.5' i 20-30KD ya, % 14.3' ü 30-40KD ya, % 13.6' ı 20-30KD dır. Geriye kalan egemen yüzdeler % 10 dan az olarak KD, KB, GB, GD yönlerine dağılmışlardır. Yapraklanmaların eğim derecelerine göre dağılışı şöyledir: %39.2'si 20-30 arasında, % 29.8' i 30-40 arasında, % 12.5' i 10-20 arasında, geriye kalan yüzdeler ise % 10'dan küçüktür.

4.3.7. Tabaka Düzlemleri

Hacılabaz Formasyonu'nda Demirkol vd. (1977) tarafından ölçülerek değerlendirilen 137 tabaka düzleminin, eşit olan izdüşümünde % 5-10, % 10-15 ve % 25 üzerindeki oranlarda başlıca 3 odak saptanmıştır. Bunların % 5 derişme oranı gösteren odağın duruşu K55D/3 KB, % 10 derişme oranındaki odağın duruşunda K60D/22GD dur. Derişme oranı % 25 olan odağın konumu ise K50B/23GB olup, sahanın en belirgin düzlemsel süreksizliğini oluşturur.

Hacılabaz Formasyonu'ndaki tabakalanma % 24.8 i K40-60B, % 18.9 u K50-80D doğrultuludur. Diğerleri % 10'dan küçük olmak üzere çeşitli derecelerde KD ve KB doğrultulu olarak dağılmışlardır. Katmanların eğim yönlerine göre dağılışı şöyledir: % 19.7 si 20-30GB, % 16 sı 10-20GB, % 11.6 si 20-30GD, % 10.2 si 10-20GD'ya eğimlidir. Tabakalar eğim derecelerine göre de şu şekilde bir dağılım gösterirler: % 40'ı 20-30 arasında, % 29 u 10-20 arasında, % 17 si 30-40 arasında bulunur (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. Hacıalabaz Formasyonu'ndaki tabakalara ait gül diyagramı (Demirkol vd. 1977)

4.3.8. Eklem Düzlemleri

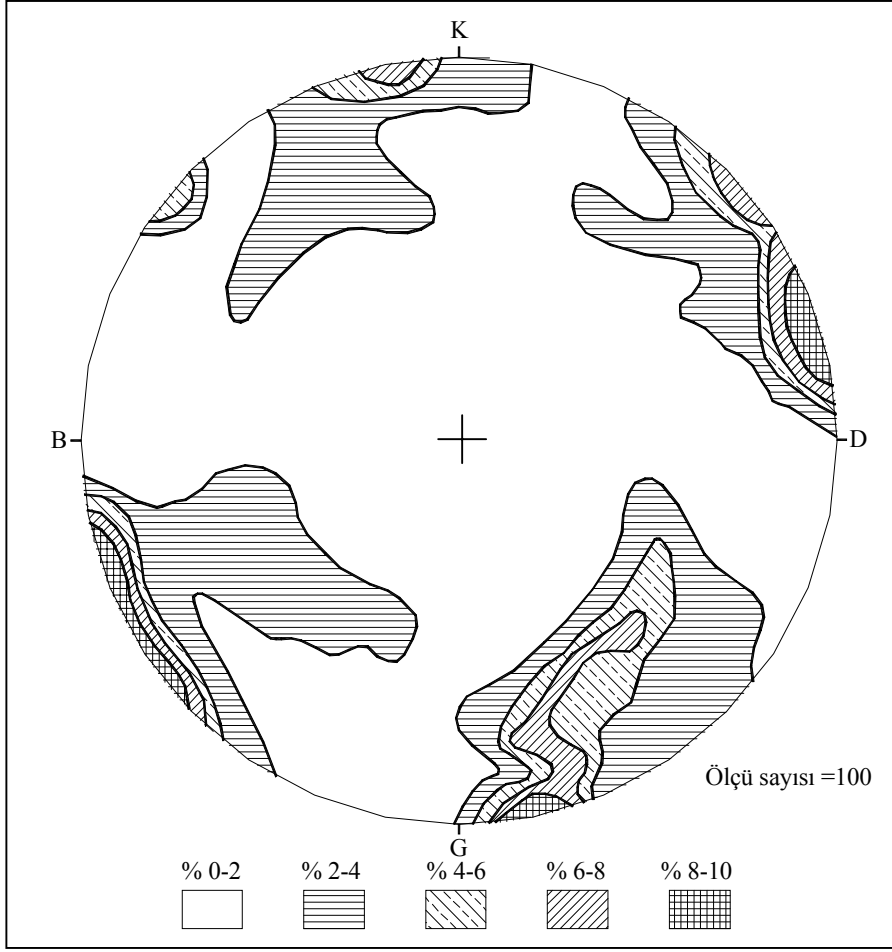
Demirkol (1986), Sultandede Formasyonu'na etkiyen basınçların bu kaya birimi içinde oluşturdukları eklem düzlemlerinin derişme oranı %7 ve daha büyük eklem takımları K18B/84GB, K68B/86KD, K30D/84DB doğrultu ve eğimlerde, derişme oranı %6 olan eklemlerde ise K15B/78GB, K66B/87KD, K31D/84KB doğrultulu ve eğimli olduklarını ifade etmiştir.

Hacılabaz Formasyonu'na ait çeşitli lokasyonlarda ölçülen 100 eklem değerlendirilerek buna ilişkin kontur diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 4.5.). En belirgin eklem derişme oranı olan K15B/87GB ve K78D/86KB duruşlu düzlemler, % 10 derişme oranı olan odakları oluşturur. Derişme oranı % 6-8 olan noktalar ise K40B/86GB odağını geliştirmiştir (Demirkol vd., 1977).

Hacılabaz Formasyonu'ndaki eklemler için Demirkol vd. (1977) tarafından hazırlanan gül diyagramına bakılacak olursa egemen doğrultuların K10-20B ve K70-80D olduğu görülür (Şekil 4.6.). Bunlara bağlı olarak gelişen eğim yönleri ise KD ve KB'dır.

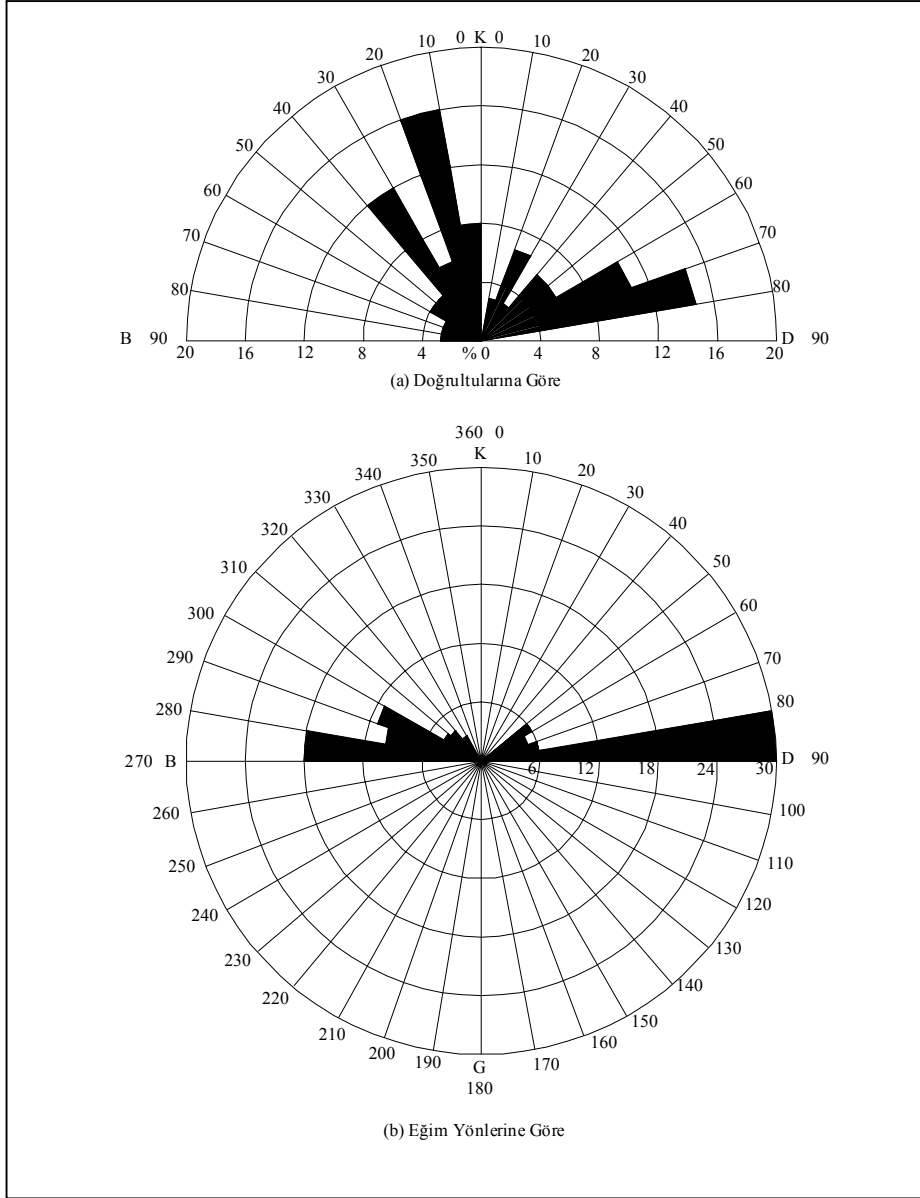
Çizgisellik analizi sonucunda bulunan egemen doğrultu (K10-20B ve K50-70D) değeri, Hacılabaz Formasyonu'nda arazide ölçülen eklemlere ait kontur diyagramından bulunan egemen derişme oranı K15B/87GB ve K78D/86KB, gül diyagramından bulunan K10-20B ve K70-80D egemen doğrultusu ile uyumludur.

Çalışma alanındaki egemen süreksizlikler, eğim yönlerinin (GB-KB) Eğirdir Gölü'ne doğru olması ve sahip oldukları yüksek eğim (87-86) derecelerinden dolayı, yüzey suyunun ve yeraltısuyunun çalışma alanından Eğirdir Gölü'ne doğru olan hareketini kolaylaştırmaktadırlar.



Şekil 4.5. Hacialabaz Formasyonu'ndaki eklemlere ait kontur diyagramı (Demirkol vd. 1977)

Çizgiselliklerin büyük bölümünün çalışma alanındaki tektonizmadan yoğun olarak etkilenmiş olan Anamas, Hacialabaz, ve Sultandede Formasyonu üzerindeki süreksizlikleri ve drenaj ağlarını temsil ettiği belirlenmiştir. Çalışma alanında yer alan süreksizlik düzlemleri, yeraltısuyu hareketi ve kirlilik yayılımı açısından ayrı bir öneme sahiptir. Bu sebepten dolayı, süreksizliklerin istatistiksel değerlendirmesi, çalışma alanının tabanında yer alması ve karstik akiferi oluşturmasından dolayı sadece Hacialabaz Formasyonu'nda yapılmıştır. Hacialabaz Formasyonu'na ait süreksizlik ölçümleri Demirkol vd., (1977) tarafından yapıldığından dolayı, arazi çalışmalarında sadece kontrol amaçlı ölçümler yapılarak önceki ölçümlerin doğruluğu belirlenerek bu ölçümler kullanılmıştır.



Şekil 4.6. Hacılaz Formasyonu'ndaki eklemlere ait gül diyagramı (Demirkol vd. 1977)

4.4. Hidroloji

İnceleme alanı içindeki Yalvaç, Gelendost, Kumdanlı, Bağkonak ve çevresindeki Şarkikaraağaç, Akşehir, Çay, Sultandağı Devlet Meteoroloji İstasyonlarına ait meteorolojik verilerden yararlanılarak bölgenin yağış ve buharlaşma karakteristiği belirlenmiştir. Ortalama yağış miktarının hesaplanmasında aritmetik ortalama, Thiessen (çokgen) ve eş yağış eğrileri (isohyet) yöntemleri, yıllık gerçek buharlaşma miktarının hesaplanmasında ise Thorntwaite, Blaney-Criddle ve Schendel yöntemleri kullanılmıştır.

4.4.1. Yağış

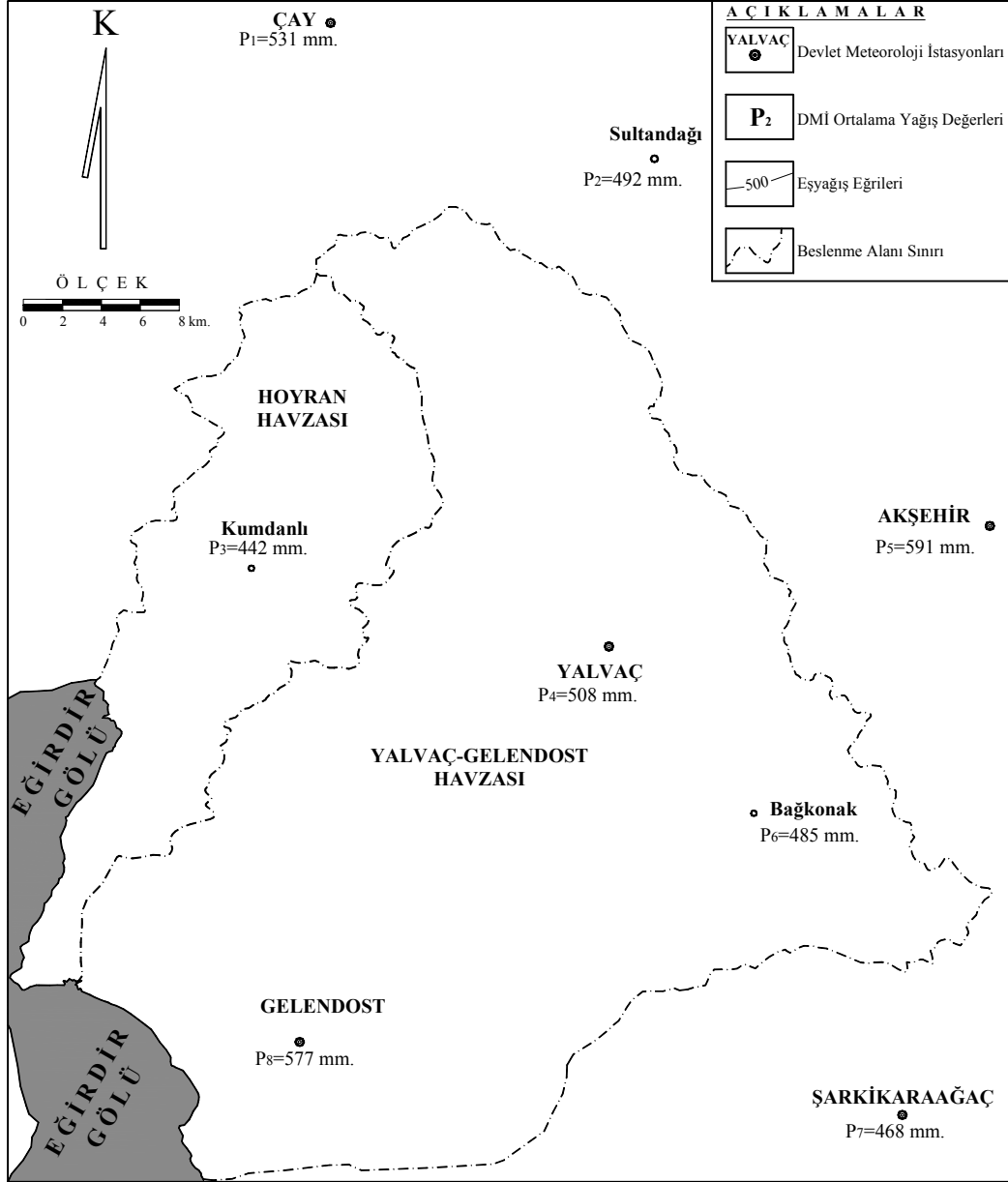
Çalışma alanı ve yakın çevresindeki meteoroloji istasyonlarına (Şekil 4.7.) ait aylık ortalama ve yıllık toplam yağış değerleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Günümüzde ölçüm yapılmayan çalışma alanındaki meteoroloji istasyonlarından Gelendost 26 (1962-1987), Bağkonak 25 (1970-1995) ve Kumdanlı Meteoroloji İstasyonu 30 (1965-1994) yıllık verilere sahiptir. Bunun yanında halen aktif olan Yalvaç meteoroloji istasyonunda 41 yıldır (1962-2002) düzenli olarak veri kaydedilmektedir.

Devlet Meteoroloji İstasyonlarında ölçülen maksimum yağışlar Yalvaç 705.8 mm (1997), Gelendost 757.3 mm (1981), Kumdanlı 508.5 mm (1991), Bağkonak 620.2 mm (1995), Sultandağı 605.5 mm (1991), Akşehir 942.6 mm (1951), Şarkikaraağaç 689.5 mm (1983), Çay 696.1 mm (1996) olarak gerçekleşmiştir.

Devlet Meteoroloji İstasyonlarında ölçülen minimum yağışlar Yalvaç 359.2 mm (1972), Gelendost 373.2 mm (1986), Kumdanlı 273.3 mm (1990), Bağkonak 351.3 mm (1993), Sultandağı 391.4 mm (1992), Akşehir 372.8 mm (1986), Şarkikaraağaç 307.9 mm (1986), Çay 380.9 mm (1999) olarak gerçekleşmiştir.

Eklenik sapma grafikleri, Devlet Meteoroloji İstasyonlarının uzun zaman periyotlarında ölçülmüş yağış verileri kullanılarak hazırlanmıştır. Eklenik sapma grafiklerinin analizi sonucunda DMİ'nin bulunduğu bölge için yağışın yıllık ortalama

değişimi yani yağış rejimi belirlenir. Eklenik sapma grafikleri yorumlanarak yağışlı, kurak ve kararlı yağış dönemleri belirlenmiştir.



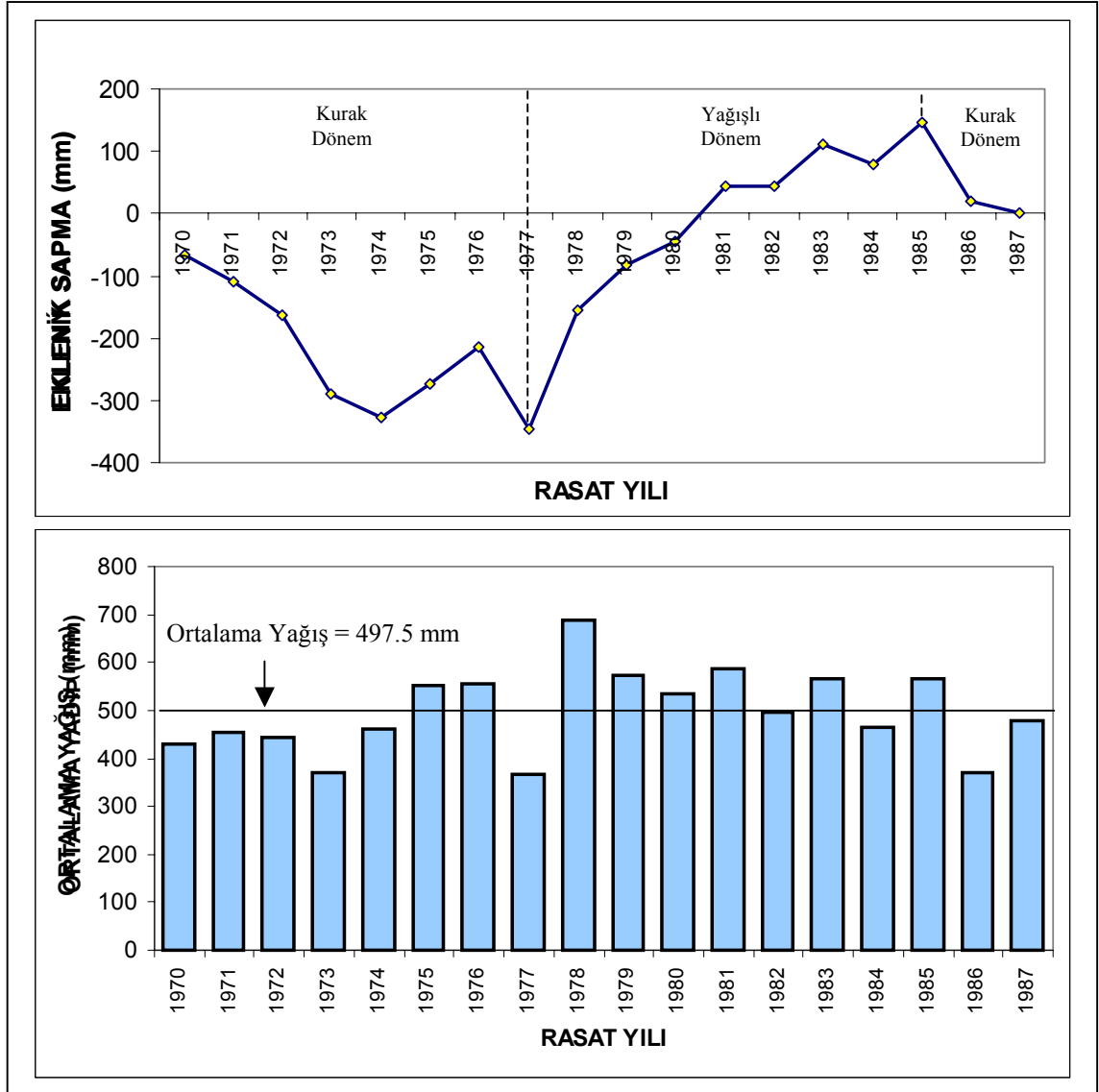
Şekil 4.7. Çalışma alanı ve çevresindeki DMİ yerlerinin haritası

Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki meteoroloji istasyonlarına ait yıllık toplam yağış verileri (mm)

| Yıllar | Yalvaç (mm.) | Gelendost (mm.) | Kumdanlı (mm.) | Bağkonak (mm.) | Akşehir* (mm.) | Ş.Karaağaç* (mm.) | Çay* (mm.) | Sultandağı* (mm.) |
|------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|--------------|-------------------|
| 1962 | 576.9 | 614.5 | - | - | 620.2 | 552.5 | - | - |
| 1963 | 559.8 | 540.4 | - | - | 908.8 | 451.8 | - | - |
| 1964 | 494.7 | 530.0 | - | - | 628.4 | 385.5 | 524.3 | - |
| 1965 | 561.4 | 618.7 | 515.0 | - | 675.2 | 509.2 | 608.3 | - |
| 1966 | 561.2 | 653.6 | 552.0 | - | 633.4 | 461.8 | 577.1 | - |
| 1967 | 553.6 | 612.2 | 380.1 | - | 684.0 | 438.3 | 596.8 | - |
| 1968 | 640.2 | 762.7 | 583.4 | - | 792.8 | 540.5 | 715.6 | - |
| 1969 | 602.7 | 750.2 | 557.5 | - | 731.8 | 517.4 | 751.3 | - |
| 1970 | 400.0 | 487.2 | 327.7 | 508.6 | 502.5 | 446.7 | 507.6 | - |
| 1971 | 403.2 | 475.3 | 427.6 | 509.4 | 666.8 | 447.3 | 615.4 | - |
| 1972 | 359.2 | 438.9 | 568.4 | 408.0 | 471.3 | 356.2 | 413.9 | - |
| 1973 | 384.0 | 416.7 | 379.1 | 307.3 | 466.8 | 300.0 | 442.9 | - |
| 1974 | 409.9 | 524.1 | 432.4 | 472.4 | 441.4 | 267.0 | 422.0 | - |
| 1975 | 537.2 | 593.8 | 561.2 | 512.3 | 594.1 | 526.1 | 535.2 | - |
| 1976 | 561.0 | 615.9 | 498.6 | 548.7 | 709.4 | 524.8 | 602.0 | - |
| 1977 | 390.8 | 405.1 | 271.7 | 401.6 | 711.1 | 340.7 | 435.7 | - |
| 1978 | 661.8 | 801.8 | 590.0 | 694.1 | 719.2 | 524.7 | 688.8 | - |
| 1979 | 471.0 | 627.4 | 559.4 | 630.0 | 649.3 | 503.6 | 633.9 | - |
| 1980 | 502.3 | 609.7 | 453.0 | 574.1 | 569.6 | 459.7 | 535.5 | - |
| 1981 | 622.0 | 757.3 | 414.8 | 547.4 | 554.5 | 584.7 | 616.4 | - |
| 1982 | 508.2 | 554.3 | 437.6 | 488.7 | 508.6 | 365.0 | 469.5 | - |
| 1983 | 586.9 | 602.2 | 509.2 | 565.1 | 647.3 | 689.3 | 467.7 | - |
| 1984 | 474.6 | 442.5 | 469.4 | 469.5 | 491.5 | 408.7 | 405.8 | - |
| 1985 | 557.9 | 627.3 | 477.2 | 604.5 | 581.6 | 506.8 | 505.7 | - |
| 1986 | 436.3 | 396.7 | 274.7 | 372.0 | 371.3 | 483.4 | 407.5 | - |
| 1987 | 521.4 | 541.3 | 386.8 | 461.4 | 641.1 | 585.4 | 613.2 | - |
| 1988 | 589.1 | - | 405.9 | 553.4 | 657.3 | 630.2 | 560.6 | - |
| 1989 | 434.1 | - | 337.6 | 389.1 | 469.1 | 463.6 | 452.6 | - |
| 1990 | 382.5 | - | 277.7 | 365.0 | 452.7 | 391.6 | - | 472.8 |
| 1991 | 612.7 | - | 510.8 | 546.6 | 610.8 | 623.3 | - | 605.5 |
| 1992 | 435.1 | - | 335.2 | 376.9 | 479.4 | 403.9 | 467.9 | 391.4 |
| 1993 | 392.3 | - | 313.7 | 353.9 | 385.3 | 314.3 | 405.1 | 467.3 |
| 1994 | 488.6 | - | 459.1 | 459.3 | 533.3 | 436.5 | 477.9 | 497.6 |
| 1995 | 666.7 | - | - | 620.2 | 677.0 | - | 619.0 | - |
| 1996 | 571.7 | - | - | - | 599.2 | - | 696.1 | 519.8 |
| 1997 | 705.8 | - | - | - | 592.9 | - | 487.4 | - |
| 1998 | 555.4 | - | - | - | 593.2 | - | 511.7 | - |
| 1999 | 431.7 | - | - | - | 413.2 | - | 380.9 | - |
| 2000 | 497.9 | - | - | - | 548.6 | - | 478.7 | - |
| 2001 | 375.9 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2002 | 389.8 | - | - | - | - | - | - | - |
| Ort | 507.7 | 576.9 | 442.2 | 484.8 | 591.4 | 468.4 | 531.0 | 492.4 |

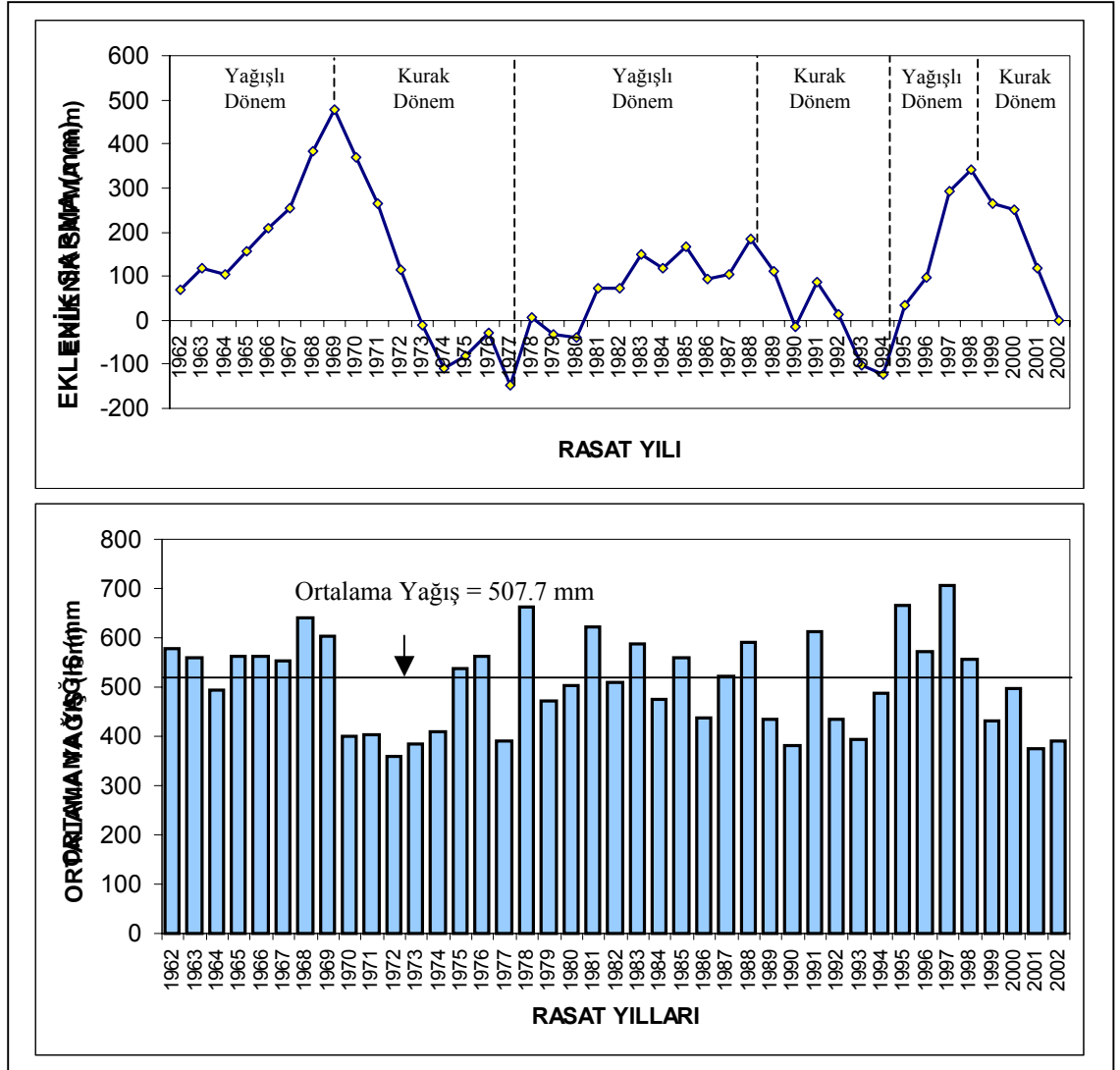
* : Çalışma alanı dışarısında kalan DMI

Yalvaç, Gelendost, Kumdanlı ve Bağkonak DMİ'na ait 17 yıllık (1970-1987) yağış ortalamaları kullanılarak ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma grafiğinde 1970-1977 yıllarında kurak dönem, 1977-1985 yıllarında yağışlı dönem, 1985-1987 yıllarında kurak dönem olduğu görülmektedir (Şekil 4.8.).



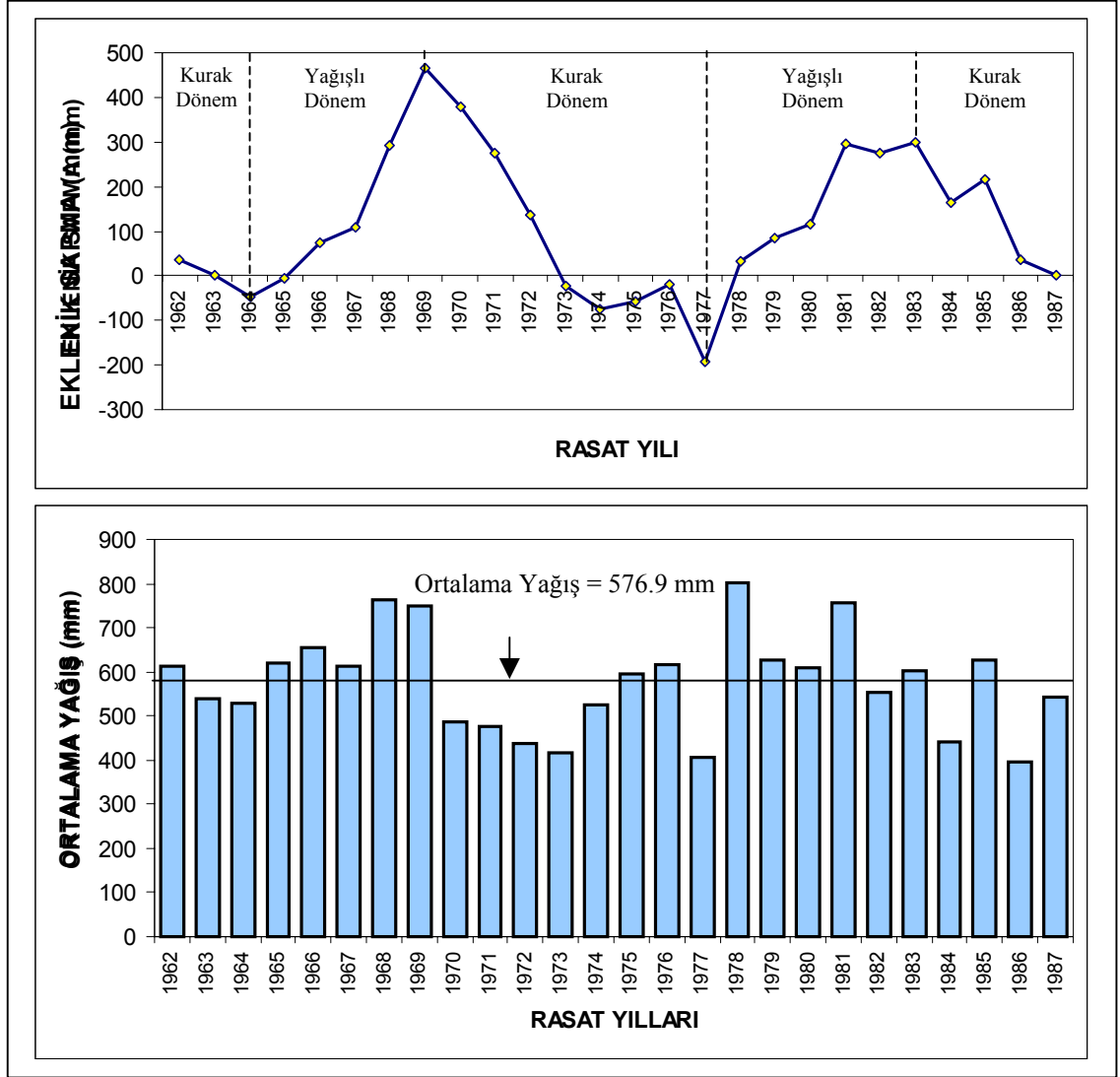
Şekil 4.8. Çalışma alanı DMİ 17 yıllık ortalama yağış değerlerine ait ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

Yalvaç DMİ'na ait ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma grafiğinde 1962-1969 yıllarında yağışlı dönem, 1969-1974 yıllarında kurak dönem, 1970-1977 yıllarında kurak dönem, 1977-1988 yıllarında yağışlı dönem, 1988-1994 yıllarında kurak dönem, 1994-1998 yıllarında yağışlı dönem, 1998-2002 yıllarında kurak dönem olduğu görülmektedir (Şekil 4.9.).



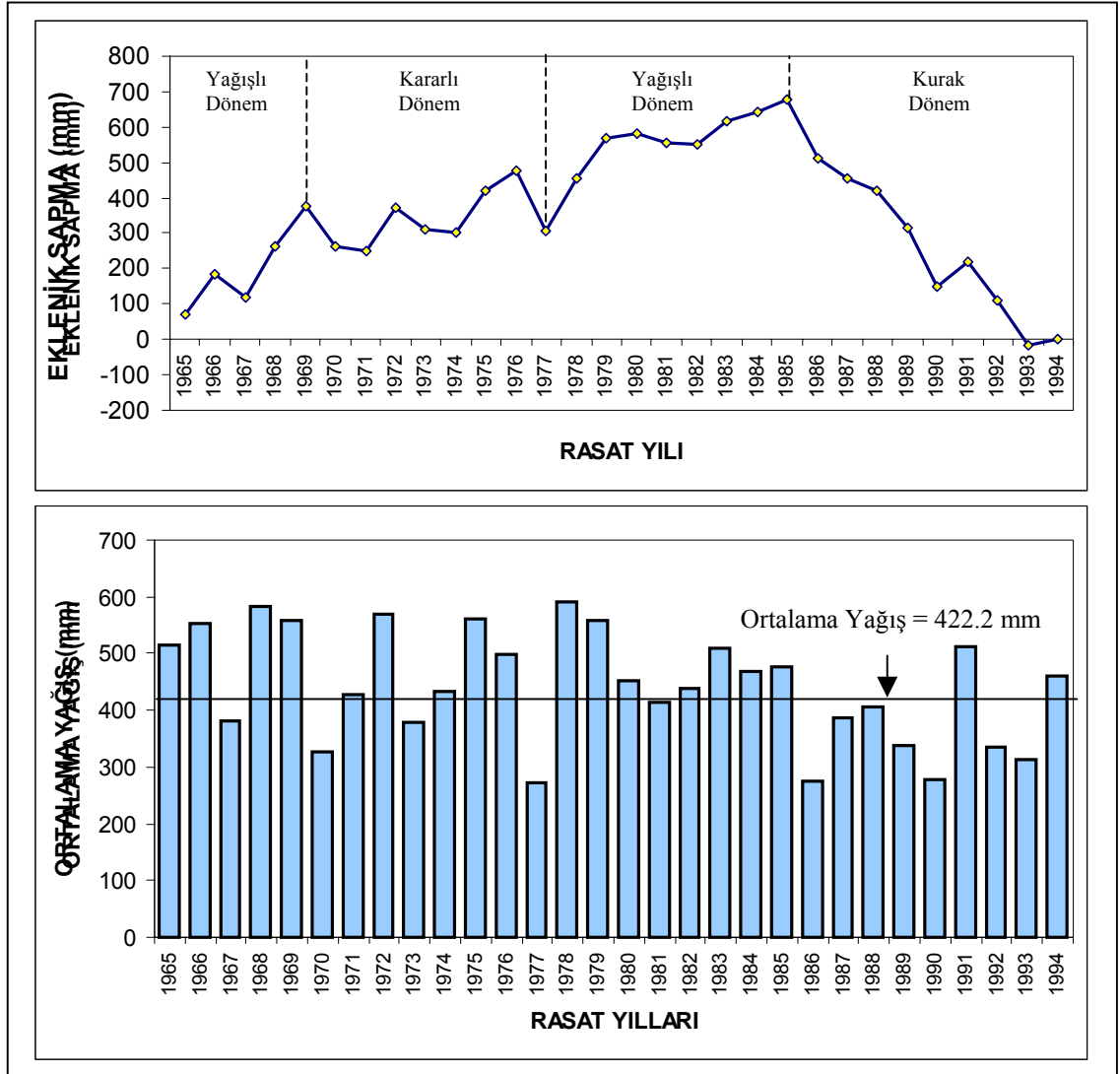
Şekil 4.9. Yalvaç DMİ ait ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

Gelendost DMİ'na ait ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma grafiğinde 1962-1964 yıllarında kurak dönem, 1964-1969 yıllarında yağışlı dönem, 1969-1977 yıllarında kurak dönem, 1977-1983 yıllarında yağışlı dönem, 1983-1987 yıllarında kurak dönem olduğu görülmektedir (Şekil 4.10.).



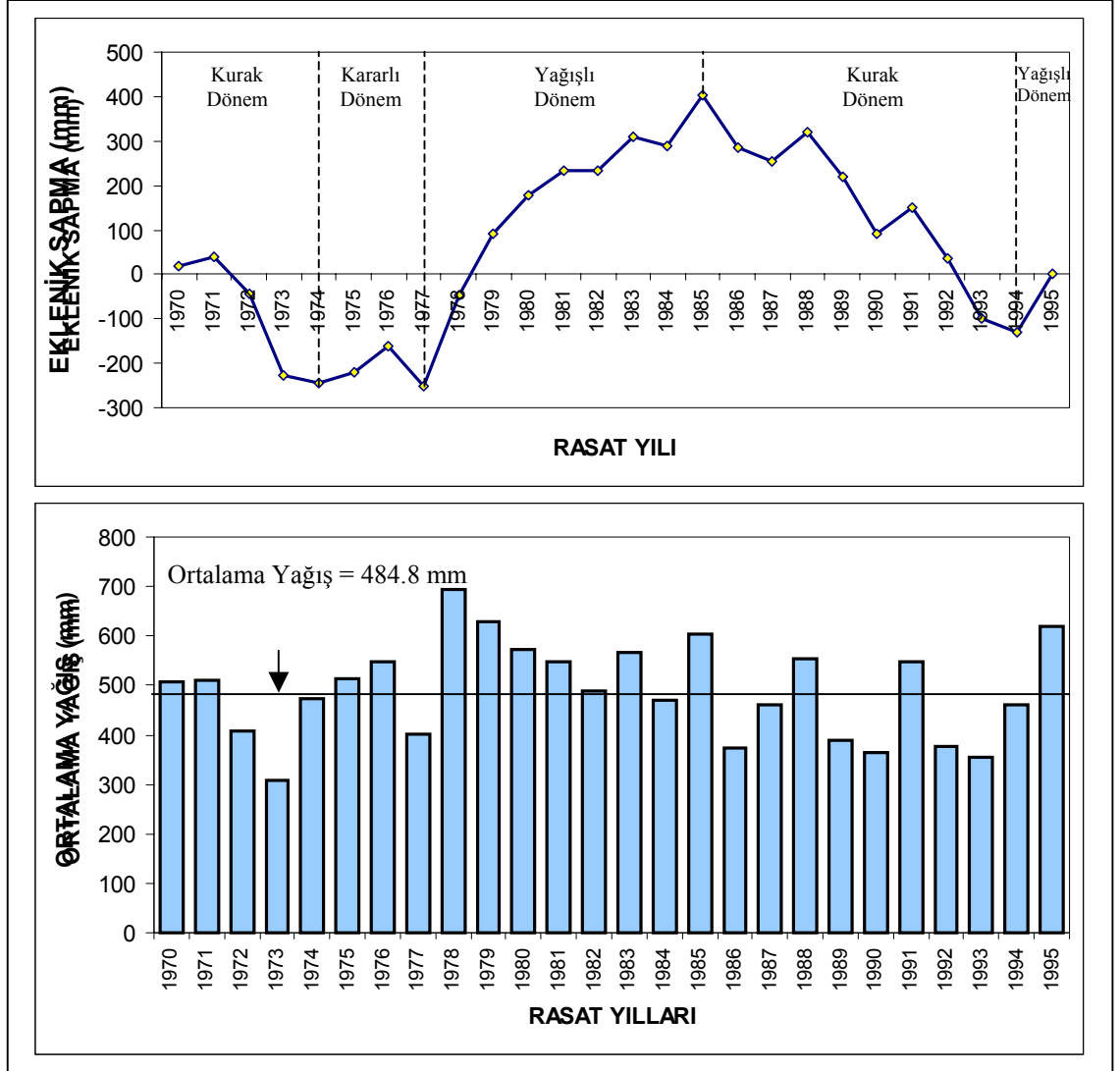
Şekil 4.10. Gelendost DMİ ait ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

Kumdanlı DMİ'na ait ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma grafiğinde 1965-1969 yıllarında yağışlı dönem, 1969-1977 yıllarında kararlı dönem, 1977-1985 yıllarında yağışlı dönem, 1985-1994 yıllarında kurak dönem olduğu görülmektedir (Şekil 4.11.).



Şekil 4.11. Kumdanlı DMİ ait ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

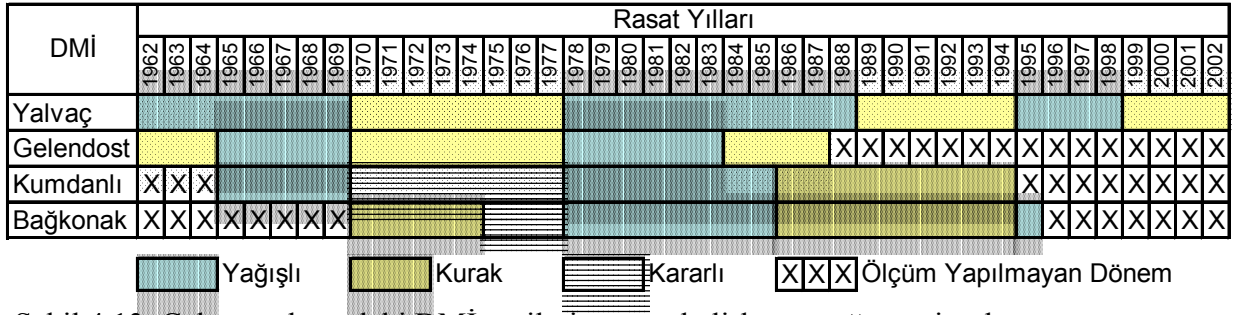
Bağkonak Devlet Meteoroloji İstasyonuna ait ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma grafiğinde 1970-1974 yıllarında kurak dönem, 1974-1977 yıllarında kararlı dönem, 1977- 1985 yıllarında yağışlı dönem, 1985-1994 yıllarında kurak dönem, 1994-1995 yıllarında yağışlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.12.).



Şekil 4.12. Bağkonak DMİ ait ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

Çalışma alanındaki DMİ için hazırlanan yıllık ortalama yağıştan eklenik sapma grafiklerine göre yağış periyotları belirlenmiştir. Gelendost (1962-1987), Kumdanlı (1965-1994) ve Bağkonak DMİ (1970-1995) yılları arasındaki veriler toplamıştır. Çalışma alanındaki DMİ içerisinde en uzun süreli (1962-2002) veriler, halen ölçüm yapılan Yalvaç DMİ aittir. Çalışma alanında bulunan Yalvaç, Gelendost, Kumdanlı ve Bağkonak DMİ verilerine göre belirlenen yağış periyotları karşılaştırılmıştır (Şekil 4.13.).

Çalışma alanında 1962-1969 yılları arası yağışlı, 1970-1977 yılları arası kurak, 1978-1985 yılları arası yağışlı 1986-1994 yılları arası kurak, 1995-1998 yılları arası yağışlı ve 1999-2002 yılları arası son 4 yıldır kuraklık dönemi sürmektedir.



Şekil 4.13. Çalışma alanındaki DMİ verilerine göre belirlenen yağış periyotları

Ortalama yağışın hesaplanmasında mümkün olduğunca istasyonların eşit rasat sürelerinin kullanılması gerekmektedir. Gelendost, Kumdanlı ve Bağkonak DMİ'lerinin sınırlı zaman aralıklarına ait ölçümleri bulunmaktadır. Yalvaç DMİ ise 1962 yılından beri aktif olarak ölçüm yapılan çalışma alanındaki tek istasyondur. Tüm istasyonların aktif ölçümlerinin bulunduğu zaman aralığı 1970-1987 yılları arasını kapsayan 18 yıllık ölçümlerin çalışma alanının genelini temsil etmemektedir. Bunun yanında bu 18 yıllık dönem için Yalvaç DMİ ile çalışma alanı ortalama değerleri uyumlu olmasından dolayı, su bilançosu hesaplamalarında Yalvaç DMİ verilerinin kullanılması uygun bulunmuştur.

Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltısu akışının temel kaynağı olan yağış miktarının tespit edilmesi, su bilançosunun yapılabilmesi için büyük bir önem taşımaktadır. Yüzey drenaj alanına düşen ortalama yağış miktarı, aritmetik ortalama, Thiessen poligon (çokgen) ve eşyağış (isohyet) eğrileri yöntemlerine göre Hoyran ve Yalvaç-Gelendost havzaları için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

4.1.1.1. Aritmetik Ortalama Yöntemi

Aritmetik ortalama yönteminde, çalışma alanı içerisinde bulunan DMİ'lerinde ölçülen yıllık ortalama yağış değerlerinin (mm) aritmetik ortalaması bulunur. Aritmetik ortalama yönteminde aşağıdaki formül kullanılır (Chow, et al., 1988).

- P_n : DMİ ait yıllık ortalama yağış değeri (mm),
 n : Çalışma alanı içerisindeki DMİ'nin sayısı,
 P_{ort} : Çalışma alanı için yıllık ortalama yağış değeri (mm),

$$P_{ort} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

Aritmetik ortalama yöntemine göre;Yalvaç-Gelendost Havzası için Yalvaç, Gelendost, ve Bağkonak DMİ verileri kullanılarak yıllık ortalama yağış 523.1 mm Hoyran Havzası için ise Kumdanlı DMİ verilerine göre yıllık ortalama yağış 442.2 mm bulunmuştur.

4.1.1.2. Thiessen Poligon (Çokgen) Yöntemi

Thiessen Poligon (Çokgen) yönteminde, çalışma alanı ve yakın dolaylarında bulunan DMİ ölçüm noktaları birleştirilerek bir üçgen ağı çizilir. Bu üçgenlerin orta dikmeleri birleştirilerek her DMİ için çokgenler elde edilir. DMİ'lerinin çalışma alanı içerisinde kalan alanları ve yıllık ortalama yağış değerleri belirlenir. Bu yöntemde aşağıdaki formül kullanılarak yıllık ortalama yağış miktarı hesaplanır (Chow, et al., 1988).

- S : DMİ'lerine ait çokgen alanları (mm^2),
 A : Çalışma alanı (mm^2),
 P_n : DMİ'lerine ait yıllık ortalama yağış değeri (mm),
 P_{ort} : Çalışma alanı için yıllık ortalama yağış değeri (mm),

$$P_{ort} = \frac{S_1 P_1 + S_2 P_2 + S_3 P_3 + \dots + S_n P_n}{A}$$

Havzaya düşen ortalama yağışın Thiessen yöntemine göre belirlenmesinde Yalvaç, Gelendost, Bağkonak, Kumdanlı, Şarkikaraağaç, Sultandağı ve Çay DMİ'leri verileri kullanılarak yıllık ortalama yağış miktarı Yalvaç-Gelendost Havzası için 520.0 mm, Hoyran Havzası için ise 447.1 mm bulunmuştur (Şekil 4.14.)

4.1.1.2. Eşyağış (İsohyet) Eğrileri Yöntemi

Eşyağış (isohyet) eğrileri yönteminde, çalışma alanı ve yakın dolaylarında bulunan DMİ ölçüm noktaları birleştirilerek bir üçgen ağı çizilir. Bu üçgenlerin arasından DMİ'lerine ait yıllık ortalama yağış değerleri kullanılarak eş yağış eğrileri (10 m aralıklı) çizilir. Bu yöntemde aşağıdaki formül kullanılarak yıllık ortalama yağış miktarı hesaplanır (Chow, et al., 1988).

a_n : İki eşyağış eğrisi arasında kalan alan (mm^2),

P_n, P_{n+1} : a_n alanını sınırlayan eşyağış eğrilerini değeri (mm),

A : Çalışma alanı (mm^2),

P_{ort} : Çalışma alanı için yıllık ortalama yağış değeri (mm),

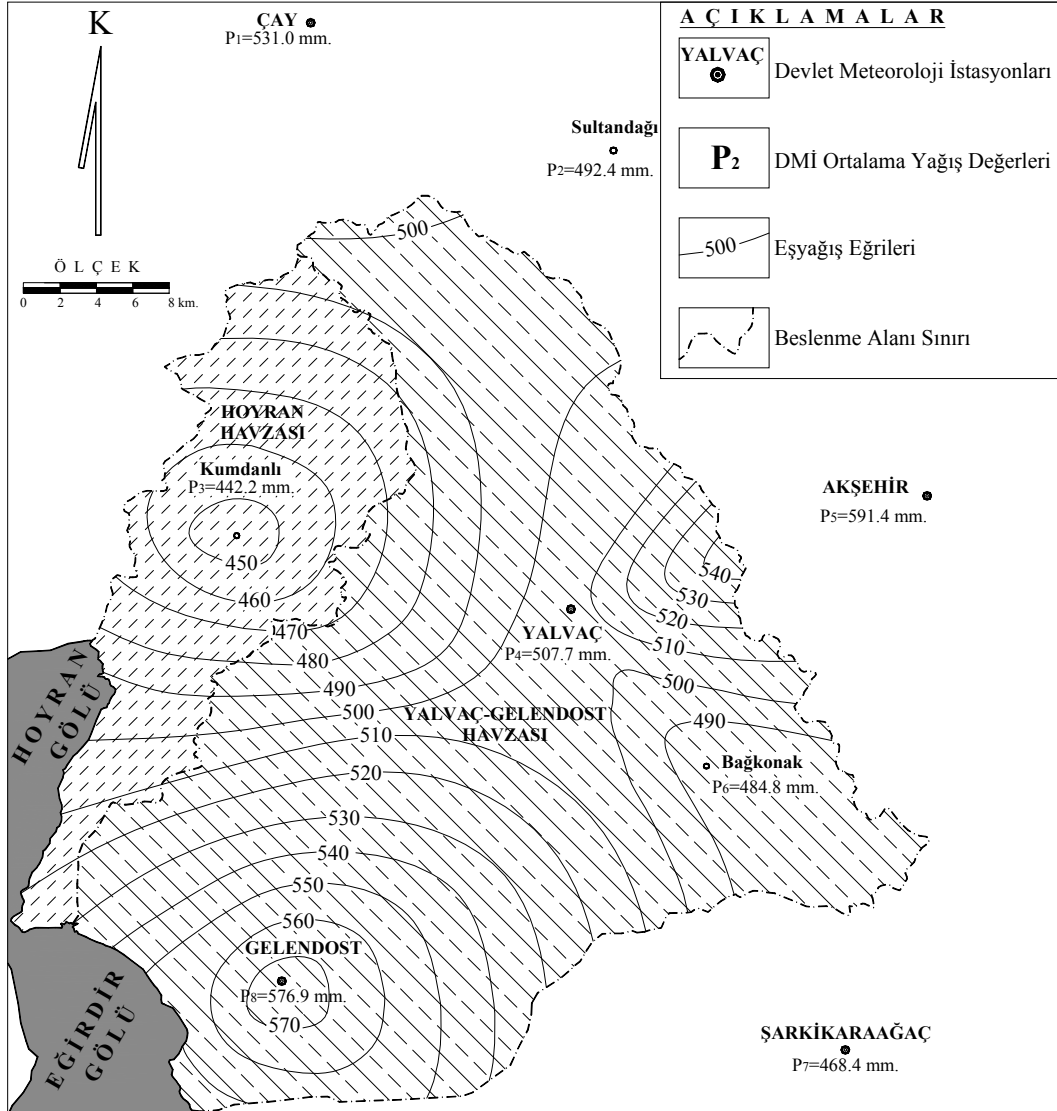
$$P_{ort} = \frac{a_1 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) + a_2 \left(\frac{P_2 + P_3}{2} \right) + a_3 \left(\frac{P_3 + P_4}{2} \right) + \dots + a_n \left(\frac{P_n + P_{n+1}}{2} \right)}{A}$$

Eşyağış (izohiyet) eğrileri yöntemi ile Yalvaç, Gelendost, Bağkonak, Kumdanlı, Şarkikaraağaç, Sultandağı ve Çay DMİ verileri kullanılarak yapılan hesaplamalarda ise Yalvaç-Gelendost Havzası için yıllık ortalama yağış miktarı 513.8 mm, Hoyran Havzası için ortalama yağış miktarı 475.2 mm bulunmuştur (Şekil 4.15.).

Thiessen yöntemi ve eşyağış yöntemi ile bulunan ortalama yıllık yağış miktarı arasında yaklaşık Yalvaç-Gelendost Havzası için % 1.7, Hoyran Havzası için % 6.94 'lük bir fark bulunmaktadır. Bundan sonraki hesaplamalarda, daha hassas olması sebebi eşyağış eğrileri yöntemi ile bulunan ortalama yağış miktarı kullanılmıştır. Çalışma alanı için hesaplanan ortalama yağış miktarlarına bakıldığında, Yalvaç DMİ verilerinin çalışma alanı ortalamalarını temsil ettiği görülmektedir.

Yüzev drenaj alanı 299.22 km² olan Hoyran Havzasına düşen ortalama yıllık yağış miktarı 142.19 x 10⁶ m³/yıl, 1159.58 km² olan Yalvaç-Gelendost Havzasına düşen ortalama yıllık yağış miktarı ise 595.79 x 10⁶ m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Her iki havza toplamında çalışma alanına düşen ortalama yıllık yağış miktarı 738.0 x 10⁶ m³/yıl olarak bulunmuştur.

Şekil 4.14. Çalışma alanında Thiessen yöntemi ile ortalama yağış uygulaması



Şekil 4.15. Çalışma alanının eşyağış eğrileri haritası

4.4.2. Buharlaşma

İklim koşullarına bağlı olarak buharlaşma ve terleme ile kaybolabilecek maksimum su miktarına potansiyel buharlaşma-terleme (Etp) denilmektedir. Etp, çeşitli parametreler kullanılarak farklı yöntemlerle hesaplanmaktadır.

Potansiyel (Etp) ve gerçek buharlaşma-terleme (Etr) değerleri, Thornthwaite (Thornthwaite, 1948), Blaney-Cridde (Blaney-Cridde, 1950) ve Schendel (Schendel, 1968) yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu üç yöntem içinde ayrı

ayrı, çalışma alanında bulunan ve Kumdanlı DMİ ölçülen yağış, sıcaklık ve nisbi nem değerleri kullanılarak Etp ve Etr değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, Yalvaç, Gelendost ve Bağkonak DMİ ölçülen yağış, sıcaklık ve nisbi nem değerlerinin ortalaması kullanılarak Yalvaç-Gelendost Havzası için ortalama Etp ve Etr değerleri hesaplanmıştır. Hoyran Havzası için ise Kumdanlı DMİ verileriyle hesaplanan ortalama Etp ve Etr değerleri kullanılmıştır.

4.4.2.1. Thornthwaite Yöntemi

Thornthwaite yöntemi kullanılarak potansiyel buharlaşma terleme değerinin hesaplanmasında aylara göre ortalama sıcaklık ve enlem düzeltme katsayıları kullanılmaktadır. Thornthwaite yönteminde kullanılan ifade ve formüller aşağıda verilmiştir (Thornthwaite, 1948).

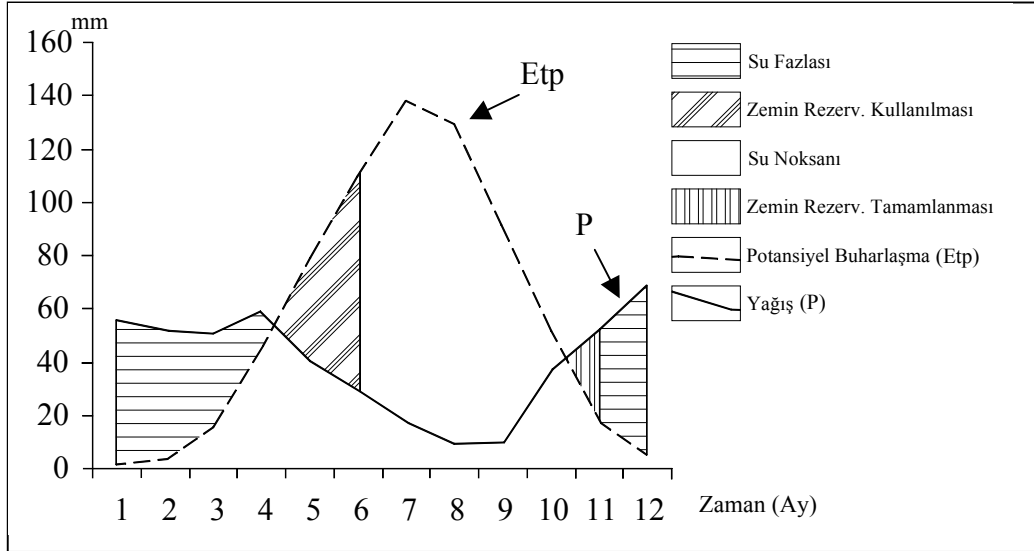
- t : Aylık ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$),
i : Aylık sıcaklık indisi,
 I : Yıllık toplam sıcaklık indisi,
 Etp : Aylık potansiyel buharlaşma-terleme miktarı (mm)
 p : Enlem düzeltme katsayısı, olmak üzere,

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514} \quad I = \sum i$$

$$a = 6.75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7.71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1.79 \times 10^{-2} \times I + 0.492$$

$$\text{Etp} = 16 \times \left(\frac{10 \times t}{I} \right)^a \times p \quad \text{formülü ile ifade edilir.}$$

Thornthwaite yöntemine göre (Thornthwaite ,1948), Yalvaç-Gelendost Havzasında bulunan toplam 3 adet DMİ'unun yağış ve sıcaklık verilerine kullanılarak ortalama yıllık Etp 678.24 mm, Etr 344.24 mm olarak hesaplanmıştır (Ek 4.a.). Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde (Şekil 4.16.), su fazlasının yıllık toplamı 172.17 mm, Haziran-Ekim ayları arasında gerçekleşen su noksanı 334.0 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 33.34'ini oluşturmaktadır. Thornthwaite (1948)'e göre ortalama değerler kullanılarak çizilen yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği Şekil 4.16.'da verilmiştir.

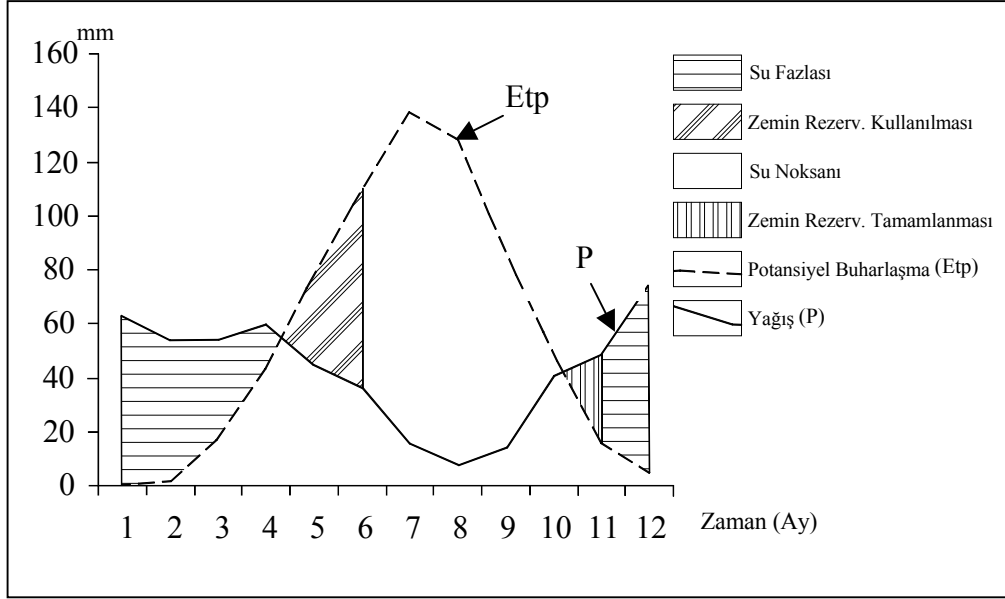


Şekil 4.16. Çalışma alanı ortalaması için Thornthwaite yöntemi ortalama yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği

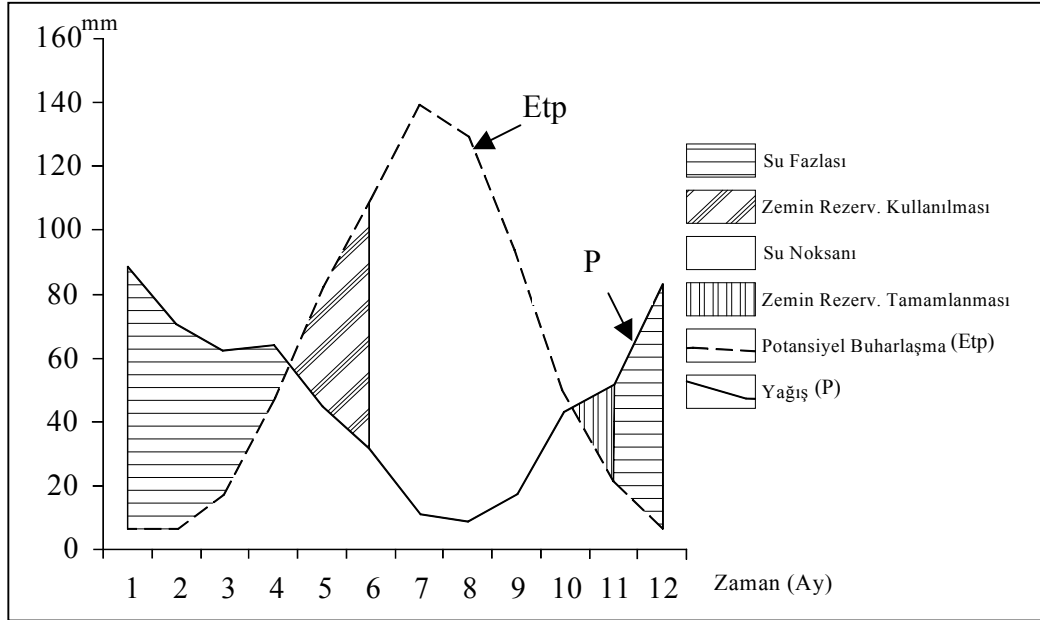
Yalvaç DMİ verilerine göre yıllık toplam Etp 672.81 mm, Etr 342.77 mm olarak hesaplanmıştır (Ek 4.b.). Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde (Şekil 4.17.), su fazlasının yıllık toplamı 171.64 mm, Haziran-Ekim ayları arasında gerçekleşen su noksanı 330.09 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 33.36'sını oluşturmaktadır. Yalvaç DMİ için Thornthwaite yöntemi yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği Şekil 4.17.'de verilmiştir.

Gelendost DMİ verilerine göre yıllık toplam Etp 706.72 mm, Etr 359.13 mm olarak hesaplanmıştır (Ek 4.c.). Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde (Şekil 4.18), su fazlasının yıllık toplamı 218.37 mm, Mayıs-Ekim ayları arasında gerçekleşen su noksanı 374.58 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 37.81'ini oluşturmaktadır. Gelendost DMİ için Thornthwaite yöntemi yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği Şekil 4.18.'de verilmiştir.

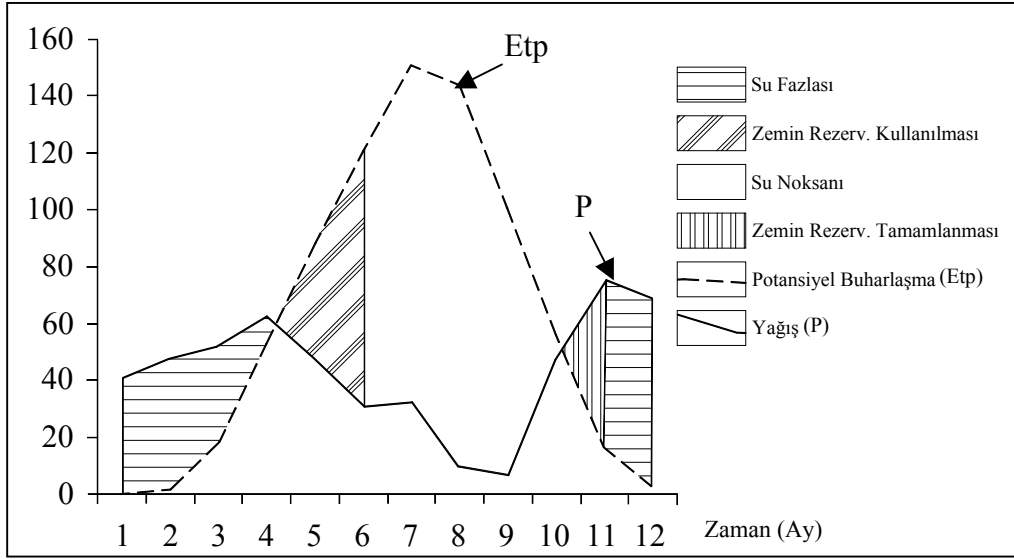
Bağkonak DMİ verilerine göre yıllık toplam Etp 658.48 mm, Etr 332.81 mm olarak hesaplanmıştır (Ek 4.d.). Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde (Şekil 4.19.), su fazlasının yıllık toplamı 124.49 mm, Haziran-Ekim ayları arasında gerçekleşen su noksanı 325.66 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 27.22'sini oluşturmaktadır. Bağkonak DMİ için Thornthwaite yöntemi yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği Şekil 4.19.'da verilmiştir.



Şekil 4.17. Yalvaç DMİ için Thornthwaite yöntemi yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği

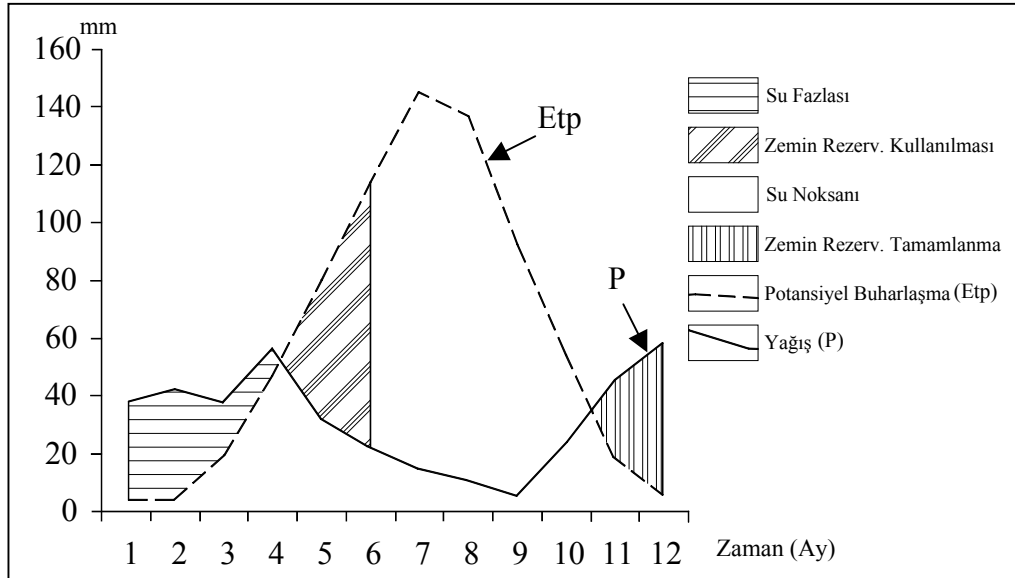


Şekil 4.18. Gelendost DMİ için Thornthwaite yöntemi yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği



Şekil 4.19. Bağkonak DMİ için Thornthwaite yöntemi yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği

Kumdanlı DMİ verilerine göre yıllık toplam Etp 727.65 mm, Etr 304.43 mm olarak hesaplanmıştır (Ek 4.e.). Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde (Şekil 4.18), su fazlasının yıllık toplamı 104.36 mm, Haziran-Ekim ayları arasında gerçekleşen su noksanı 423.22 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 26.68'ini oluşturmaktadır. Kumdanlı DMİ için Thornthwaite yöntemi yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği Şekil 4.18.'de verilmiştir.



Şekil 4.20. Kumdanlı DMİ için Thornthwaite yöntemi yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği

4.4.2.2. *Blaney-Criddle Yöntemi*

Blaney-Criddle yöntemi kullanılarak potansiyel buharlaşma terleme değerinin hesaplanmasında aylara göre ortalama sıcaklık ve enlem düzeltme katsayıları kullanılmaktadır. Blaney-Criddle yönteminde kullanılan ifade ve formüller aşağıda verilmiştir (Blaney and Criddle, 1950).

Etp : Aylık potansiyel buharlaşma-terleme miktarı (mm),

t : Aylık sıcaklık ortalaması ($^{\circ}\text{C}$),

p : Enlem düzeltme katsayısı, olmak üzere,

Etp = $25.4 \times t \times p$ formülü ile ifade edilir.

Toplam 3 adet DMİ ortalama verileri baz alınarak Blaney-Criddle yöntemine (Blaney-Criddle, 1950) göre Yalvaç-Gelendost Havzası için yıllık toplam Etp 384.45 mm, Etr 307.89 mm olarak hesaplanmıştır (Ek 5.a.). Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde, Nisan ayı sonuna kadar ve Aralık ayındaki su fazlasının yıllık toplamı 208.50 mm, Ağustos-Eylül ayları arasında su noksanı 76.56 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 40.37'sini oluşturmaktadır.

Yalvaç DMİ verilerine göre yıllık toplam Etp 378.69 mm, Etr 307.57 mm olarak hesaplanmıştır (Ek 5.b.). Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde, su fazlasının yıllık toplamı 206.83 mm, Ağustos-Eylül ayları arasında gerçekleşen su noksanı 71.21 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 40.20'sini oluşturmaktadır.

Gelendost DMİ verilerine göre yıllık toplam Etp 411.40 mm, Etr 323.36 mm olarak hesaplanmıştır (Ek 5.c.). Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde, su fazlasının yıllık toplamı 254.15 mm, Ağustos-Eylül ayları arasında gerçekleşen su noksanı 88.06 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 44.00'ünü oluşturmaktadır.

Bağkonak DMİ verilerine göre yıllık toplam Etp 366.48 mm, Etr 295.35 mm olarak hesaplanmıştır (Ek 5.d.). Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde, su fazlasının yıllık toplamı 161.94 mm, Ağustos-Eylül ayları arasında gerçekleşen su noksanı 71.13 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 35.41'ini oluşturmaktadır.

Kumdanlı DMİ verilerine göre yıllık toplam Etp 424.74 mm, Etr 285.76 mm olarak hesaplanmıştır (Ek 5.e.). Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde, yıllık toplamı 120.16 mm, Temmuz-Ekim ayları arasında gerçekleşen su noksanı 138.98 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 30.73'ünü oluşturmaktadır.

4.4.2.3. Schendel Yöntemi

Schendel yöntemi kullanılarak potansiyel buharlaşma terleme değerinin hesaplanmasında aylara göre ortalama sıcaklık ve ortalama nispi nem değerleri kullanılmaktadır. Schendel yönteminde kullanılan ifade ve formüller aşağıda verilmiştir.

Etp : Aylık potansiyel buharlaşma-terleme miktarı (mm),

t : Aylık sıcaklık ortalaması ($^{\circ}$ C),

H : Ortalama aylık nispi nem (%) olmak üzere,

Etp = $t / H \times 480$ formülü ile ifade edilir.

Yalvaç-Gelendost Havzasındaki 4 adet DMİ ortalama verileri baz alarak Schendel yöntemine kullanılarak (Schendel, 1968) yıllık toplam Etp 1307.22 mm, Etr 430.06 mm olarak hesaplanmıştır (Ek 6.a.). Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde, su fazlasının yıllık toplamı 116.24 mm, Mayıs-Ekim ayları arasında gerçekleşen su noksanı 877.14 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 22.50'sini oluşturmaktadır.

Yalvaç DMİ verilerine göre yıllık toplam Etp 1207.87 mm, Etr 414.72 mm olarak hesaplanmıştır (Ek 6.b.). Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde, su fazlasının yıllık toplamı 127.03 mm, Haziran-Ekim ayları arasında gerçekleşen su noksanı 793.14 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 24.69'unu oluşturmaktadır.

Gelendost DMİ verilerine göre yıllık toplam Etp 1558.07 mm, Etr 489.77 mm olarak hesaplanmıştır (Ek 6.c.). Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde, su fazlasının yıllık toplamı 129.71 mm, Mayıs-Kasım ayları arasında gerçekleşen su noksanı 1068.31 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 22.46'sini oluşturmaktadır.

Bağkonak DMİ verilerine göre yıllık toplam Etp 1203.57 mm, Etr 390.62 mm olarak hesaplanmıştır (Ek 6.d.). Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde, su fazlasının yıllık toplamı 82.91 mm, Mayıs-Ekim ayları arasında gerçekleşen su noksanı 803.40 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 18.13'ünü oluşturmaktadır.

Kumdanlı DMİ verilerine göre yıllık toplam Etp 1740.32 mm, Etr 397.71 mm olarak hesaplanmıştır (Ek 6.e.). Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde, su fazlasının yıllık toplamı 51.95 mm, Mayıs-Kasım ayları arasında gerçekleşen su noksanı 1342.61 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 13.28'ini oluşturmaktadır.

Potansiyel (Etp) ve gerçek (Etr) buharlaşma terleme değerleri hesaplanmasında Thornthwaite (Thornthwaite ,1948), Blaney-Criddle (Blaney-Criddle, 1950) ve Schendel (Schendel, 1968) yöntemleri kullanılmıştır. Hoyran Havzası için Kumdanlı, Yalvaç-Gelendost Havzası için ise Yalvaç, Gelendost, Bağkonak ve bu istasyonların ortalaması için ayrı ayrı meteorolojik su bilançosu hesaplanmıştır. Bu üç yöntemin sonuçları karşılaştırıldığında Blaney-Criddle yönteminde minimum değerler, Schendel yönteminde maksimum değerler elde edilmiştir (Çizelge 4.2.).

Thornthwaite, Blaney-Criddle ve Schendel yöntemleri kullanılarak elde edilen gerçek buharlaşma değerleri karşılaştırıldığında bölge için ölçülmüş tava buharlaşma değerlerine en yakın sonuçların Thornthwaite yöntemi ile elde edildiği görülmüştür. Bu nedenle Thornthwaite yöntemi ile bulunan gerçek buharlaşma değerlerinin kullanılmasının daha uygun olacağına karar verilmiştir. Su bilançosu hesaplamalarında Thornthwaite yöntemi bulunan, Yalvaç-Gelendost Havzası için 344.24 mm'lik, Hoyran Havzası için ise 304.43 mm'lik gerçek buharlaşma değerleri kullanılmıştır. Sonuçta Yalvaç-Gelendost Havzası'nda $399.17 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve Hoyran Havzası için $91.09 \times 10^6 \text{ m}^3$ olmak üzere çalışma alanından bir yıldaki ortalama buharlaşma miktarı $478.67 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2. Farklı yöntemlerle bulunan buharlaşma parametreleri

| Kullanılan Yöntem | Buharlaşma Elemanları | Devlet Meteoroloji İstasyonları | | | | |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------|----------|---------------------------|---------------------------|
| | | Yalvaç | Gelendost | Bağkonak | Ortalama (Yalvaç Havzası) | Kumdanlı (Hoyran Havzası) |
| Thornthwaite Yöntemi | Yağış (mm.) | 514.40 | 577.50 | 457.30 | 516.40 | 391.00 |
| | Etp (mm.) | 672.81 | 706.72 | 658.48 | 678.24 | 727.65 |
| | Etr (mm.) | 342.77 | 359.13 | 332.81 | 344.24 | 304.43 |
| | Su Noksanı (mm.) | 330.03 | 347.58 | 325.66 | 334.00 | 423.22 |
| | Su Fazlası (mm.) | 171.64 | 218.37 | 124.49 | 172.17 | 104.36 |
| Blaney-Cridde Yöntemi | Yağış (mm.) | 514.40 | 577.50 | 457.30 | 516.40 | 391.00 |
| | Etp (mm.) | 378.69 | 411.40 | 366.48 | 384.45 | 424.74 |
| | Etr (mm.) | 307.57 | 323.36 | 295.35 | 307.89 | 285.76 |
| | Su Noksanı (mm.) | 71.12 | 88.06 | 71.13 | 76.56 | 138.98 |
| | Su Fazlası (mm.) | 206.83 | 254.15 | 161.94 | 208.50 | 120.16 |
| Schendel Yöntemi | Yağış (mm.) | 514.40 | 577.50 | 457.30 | 516.40 | 391.00 |
| | Etp (mm.) | 1207.87 | 1558.07 | 1203.57 | 1307.22 | 1740.32 |
| | Etr (mm.) | 414.72 | 489.77 | 390.62 | 430.06 | 397.71 |
| | Su Noksanı (mm.) | 793.14 | 1068.31 | 803.40 | 877.14 | 1342.61 |
| | Su Fazlası (mm.) | 127.03 | 129.71 | 82.91 | 116.24 | 51.95 |

4.4.3. Yüzeysel Akış

Yüzeysel akış bölümünde çalışma alanındaki akarsu akışları dikkate alınmıştır. Havzaya dışarıdan gelen bir akarsu akış yoktur. Havzadaki kaynak boşalımından ve yağıştan beslenen akarsuların tamamı Eğirdir Gölü'ne dökülmektedir. Çalışma alanındaki en önemli akarsular Yalvaç ve Hoyran Dereleri'dir. Yalvaç Deresinin drenaj alanı $1159.58 \times 10^6 \text{ m}^2$ ortalama yıllık akarsu akımı $63.40 \times 10^6 \text{ m}^3$, akış katsayısı 0.11 ve özgül debi 1.73 l/s/km^2 'dir. Hoyran Deresinin drenaj alanı $299.22 \times 10^6 \text{ m}^2$ ortalama yıllık akarsu akımı $10.65 \times 10^6 \text{ m}^3$, akış katsayısı 0.07 ve özgül debi 1.13 l/s/km^2 'dir. (Çizelge 4.3.).

Çalışma alanındaki akarsulardan Eğirdir Gölü'ne Yalvaç-Gelendost Havzasından $63.40 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve Hoyran Havzasından $10.65 \times 10^6 \text{ m}^3$ olmak üzere yıllık ortalama akım miktarı $74.05 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak gerçekleşmektedir. Ancak, ölçümü yapılan Yalvaç ve Hoyran dereleri dışında havzadan Eğirdir Gölü'ne boşalan mevsimlik akışı olan ve akış ölçümü yapılmayan sel yatakları ve serbest araziden olan akış değerleri de dikkate alındığında havzadan Eğirdir Gölü'ne yüzeysel akış yoluyla yukarıda verilen değer üzerinde bir boşalımın olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki DSİ akım rasat istasyonlarına ait verileri

| İstasyon Adı | Yalvaç Deresi Avşar Köprüsü | Hoyran Deresi Gökçeali |
|---|--------------------------------|---------------------------|
| İstasyon No | 9 - 75 | 9 - 57 |
| Toplam Rasat Yılı | 23 | 10 |
| Drenaj Alanı (10 ⁶ m ²) | 1159,58 | 299,22 |
| Ortalama Yıllık Yağış (mm.) | 513,8 | 475,2 |
| Drenaj Alanı Ort. Yağış Mik. (10 ⁶ m ³) | 595,79 | 142,19 |
| Yıllık Ort. Akarsu Akımı (10 ⁶ m ³) | 63,4 | 10,65 |
| Akış Katsayısı | 0,11 | 0,07 |
| Özgül Debi (l/s/km ²) | 1,73 | 1,13 |

4.4.4. Su Bilançosu

Bu bölümde, çalışma alanı için önceki bölümlerde belirlenen su bilanço parametrelerinden yararlanılarak Yalvaç-Gelendost ve Hoyran havzaları için ayrı ayrı su bilançosu hazırlanmıştır (Çizelge 4.4.). 1159.58 km² alana sahip Yalvaç-Gelendost Havzası ve 299.22 km²'lik Hoyran Havzasından oluşan çalışma alanının en önemli beslenme elemanı yağış ve Eğirdir Gölü'nden ovaya verilen sulama suyudur. Eşyağış yöntemi kullanılarak beslenme alanına düşen ortalama yağış Yalvaç-Gelendost Havzası için 595.79 x 10⁶ m³/yıl ve Hoyran Havzası için ise 142.19 x 10⁶ m³/yıl olmak üzere çalışma alanı için ortalama yıllık yağış miktarı 738.0 x 10⁶ m³/yıl olarak bulunmuştur.

DSİ tarafından Hoyran, Gelendost ve Yalvaç sulama projeleri kapsamında, çalışma alanındaki toplam 8935 ha'lık tarım alanı sulanmaktadır. Bu verilere göre, havzadaki tarım alanlarının yaklaşık % 55'i sulanmaktadır. Çalışma alanındaki Köy Hizmetleri

Isparta İl müdürlüğüne ait çalışmalar kapsamındaki Yalvaç-Tokmacık Sulama tesisinin ihale hazırlıkları ise halen devam etmektedir.

Çizelge 4.4. Su bilançosu

| Beslenme Elemanları (10 ⁶ m ³ /yıl) | | | Boşalım Elemanları (10 ⁶ m ³ /yıl) | | |
|---|--------------------------|--------------------|--|--------------------------|--------------------|
| | Yalvaç Gelendost Havzası | Hoyran Havzası | | Yalvaç Gelendost Havzası | Hoyran Havzası |
| Yağış | 595,79 | 142,20 | Buharlaşma | 399,17 | 91,09 |
| Suni Beslenme (Sulama Suyu) | 1,97 | 1,10 | Yüzeysel Akış | 63,40 | 10,65 |
| Kireçtaşlarından Yeraltısuyu Beslenimi | Qybe | Qhbe | Yeraltısuyu Üretimi | 29,00 | 5,50 |
| | | | Kireçtaşlarından Yeraltısuyu Boşalımı | Qybo | Qhbo |
| Toplam | 597.76+Qybe | 143.30+Qhbe | Toplam | 491.57+Qybo | 107.24+Qhbo |

Havzaya Eğirdir Gölü'nden DSİ Gelendost ve Hoyran pompa istasyonları ile sulama suyu verilmektedir. Gelendost pompa istasyonundan 2002 yılında Haziran (2.50 x 10⁶ m³), Temmuz (6.08 x 10⁶ m³), Ağustos (7.98 x 10⁶ m³) ve Eylül (2.79 x 10⁶ m³) aylarında ovaya verilen toplam su miktarı 19.35 x 10⁶ m³ 'dür. Bu miktarın % 32'si (6.19 x 10⁶ m³) bitkiler tarafından kullanılmakta, geriye kalan % 68'i (13.16 x 10⁶ m³) yeraltına süzülme ve buharlaşmaktadır. Alüvyon akiferde sulama suyundan süzülme miktarı % 15 kabul edilmiştir (Davraz, 1998). Yalvaç-Gelendost Havzasına Eğirdir Gölü'nden verilen sulama suyundan, alüvyon akiferde gerçekleşen süzülme miktarı 1.97 x 10⁶ m³ 'tür. DSİ Hoyran pompa istasyonundan Hoyran ovasına verilen sulama suyu miktarı 10.87 x 10⁶ m³'tür. Bu miktarın 3.48 x 10⁶ m³ 'ü bitkiler tarafından kullanılmakta, geriye kalan 7.39 x 10⁶ m³'ü yeraltına süzülme ve buharlaşmaktadır. Hoyran Havzasında alüvyon akiferde sulama suyundan süzülme miktarı % 15 kabul edildiğinden, alüvyon akiferde gerçekleşen süzülme miktarı 1.10 x 10⁶ m³ tür. Çalışma alanında sulama suyundan süzülme yoluyla toplam beslenme miktarı 3.07 x 10⁶ m³/yıl 'tür.

Havzadaki DMI'lerinin Ortalama değerleri kullanılarak Thornthwaite yntemine göre hesaplanan gerçek buharlaşma (Etr) terleme değeri Yalvaç-Gelendost Havzası için $399.17 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve Hoyran Havzası için $91.09 \times 10^6 \text{ m}^3$ olmak üzere çalışma alanından bir yıldıki ortalama buharlaşma miktarı $478.67 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak bulunmuştur.

Çalışma alanında yüzey suları birleşerek Hoyran ve Yalvaç derelerinden Eğirdir Gölü'ne Yalvaç-Gelendost Havzasından $63.40 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ve Hoyran Havzasından $10.65 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olmak üzere yıllık ortalama akım miktarı $74.05 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak gerçekleşmektedir.

Hoyran ve Yalvaç-Gelendost havzalarında kireçtaşlarından beslenme ve boşalım değerleri eşit kabul edildiğinde, beslenme ve boşalım arasındaki fark Hoyran Ovası'nda $36.06 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$, Yalvaç-Gelendost ovalarında $106.19 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak tespit edilmiştir. Hesaplamalarda ve ölçümlerde olabilecek hatalar dikkate alınarak emniyetli kullanılabilir su miktarı beslenme ve boşalım farkının % 60'ı alınarak hesaplanmıştır (Davraz, 1998). Emniyetli yeraltısuyu rezervi Hoyran Ovası'nda $21.64 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$, Yalvaç-Gelendost ovalarında $63.71 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak bulunmuştur.

Ancak, yukarıda kireçtaşlarından beslenme ve boşalım eşit olduğu varsayımı doğru olamaz. Eğirdir Gölü'ne havzadan en önemli yeraltısuyu boşalımının kireçtaşlarından olduğu düşünülmektedir. Bu boşalımın belirlenmesi hem havzanın sağlıklı su bilançosunun hazırlanması hem de diğer hidrojeolojik problemlerin (su kirliliği ve taşınımı) zm açısından önemlidir. Bu zorluğun açılması için çalışma alanında yeraltısuyu akım modellemesinin yapılması zorunlu görülmektedir.

4.5. Hidrojeoloji

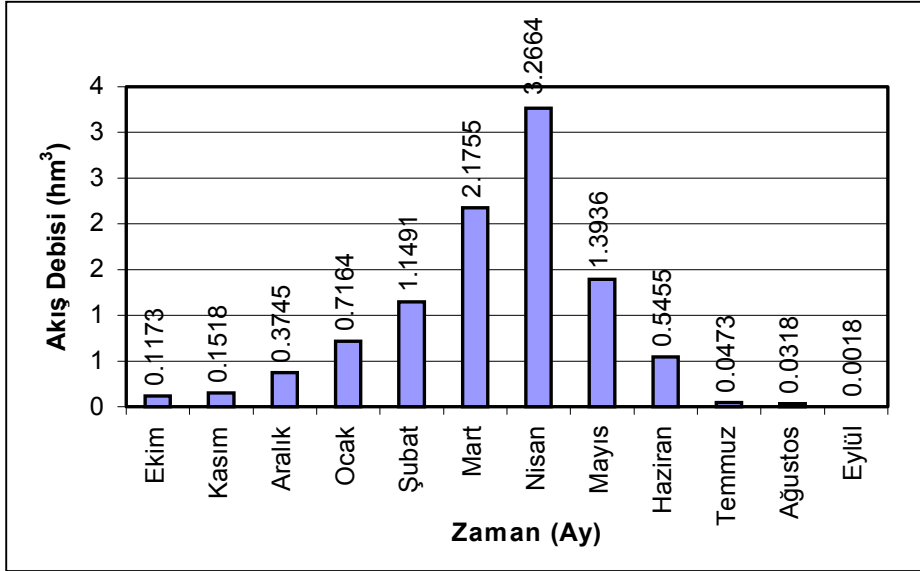
4.5.1. Su Noktaları

4.5.1.1. Akarsular

Çalışma alanının drenaj alanı kendi içerisinde Hoyran ve Yalvaç-Gelendost havzası olmak üzere iki havzaya, tali bir su bölüm hattı ile ayrılmıştır (Ek 7). Yüzey suları Hoyran Havzası'ndan Hoyran Deresi ile, Yalvaç-Gelendost Havzası'ndan ise Yalvaç Deresi ile Eğirdir Gölü'ne dökülmektedir. Çalışma alanı içerisine komşu havzadan gelen bir akarsu akış yoktur.

Hoyran Deresi; Sağır köyü kuzeyinden doğarak yan kolları ile birleşerek Ayıöldü Dere adını alarak güneye doğru akışa geçer. Körküler içinden geçerek Ova Dere adını alarak güneye doğru akışına devam eder. Sağır köyü doğusundan doğan Sorkun Dere ile Batısından doğan Samsıkız Deresinin birleşmesi ile doğan Ilgın Dere'si ise güneye doğru akışa geçerek Mısırlı güneyinde Köydere adını alır. Mısırlıdan gelen Köydere ile Körküler'den gelen Ova Dere güneyde birleşerek Hoyran Dere adını alarak Eğirdir Gölü'ne doğru akışa geçer. Yaklaşık uzunluğu 20 km dir. Hoyran Deresi akış debisi Gökçeali'de bulunan 9-57 nolu istasyondaki eşel yardımıyla ölçülmektedir. Yağışlı aylardaki maksimum akış (nisan ayında) $0.526 \text{ m}^3/\text{s}$ olup, dere Temmuz-Ağustos aylarında yağıştaki azalma ve sulama amaçlı kullanım ile kurumaktadır. DSİ'nin 9-57 nolu Gençali akım rasat istasyonu verilerine göre, Hoyran Deresi'ne ait 10 yıllık aylık ortalama akış debisi grafiği Şekil 4.21.'de verilmiştir.

Özdere; Dedeğaç Tepe kuzeyinden doğan Özdere, yan kolları ile birleşerek güneye doğru akışa geçer. Terziler güneyinde geçen Özderenin, Teknepınar Dere ile birleşiminden sonra Gökçek Dere adını alarak Eleği güneyinden geçerek Kurusarı doğusundan ovada alüvyon akifere süzülmemektedir.



Şekil 4.21. Hoyran Deresi 10 yıllık ortalama aylık akış debisi grafiği (DSİ, 18. Bölge Müd.)

Sücüllü Deresi; Yarıkkaya'nın yaklaşık 6 km kuzeybatısında yer alan Sağdöven Tepe batısındaki kaynak boşalmalarından doğan Asar Dere ve Değirmen Derenin birleşmesinden doğan Ilgın Dere, Yarıkkaya batısından güneye doğru akışa geçer.

Dere, yan kollarını oluşturan Avcaalanı Pınarı'ndan beslenen Çağlan Dere, Körpınar'dan beslenen Çaydere ile birleşerek Çamharman'ın güneyinde Okur Çayı adını alır. Okur Çayı Sücüllü içinden geçerek Sücüllü Dere adını alarak güneye doğru akar. Sücüllü Deresi üzerinde, Yalvaç ilçe merkezi ile 3 yerleşim yerinde brüt 2062 ha, net 1800 ha tarım arazisinin sulanması, yerleşim birimleri ve arazilerinin taşkınlarından korunması amacıyla DSİ tarafından Sücüllü Barajı inşa edilmiştir. Yağcılar kuzeyinde Yalvaç'tan gelen Yalvaç Deresi birleşerek güneye doğru akışına devam eder. Madenli güneyinde Bahtiyar Dere ile birleşerek Gelendost Ovası'ndan Eğirdir Gölü'ne dökülür.

Sücüllü Deresi akım rasat istasyonunun 1962-1969 yılları arasında limnigrafli ölçümlerine ait akım karakteristikleri Çizelge 4.5.'de verilmiştir.

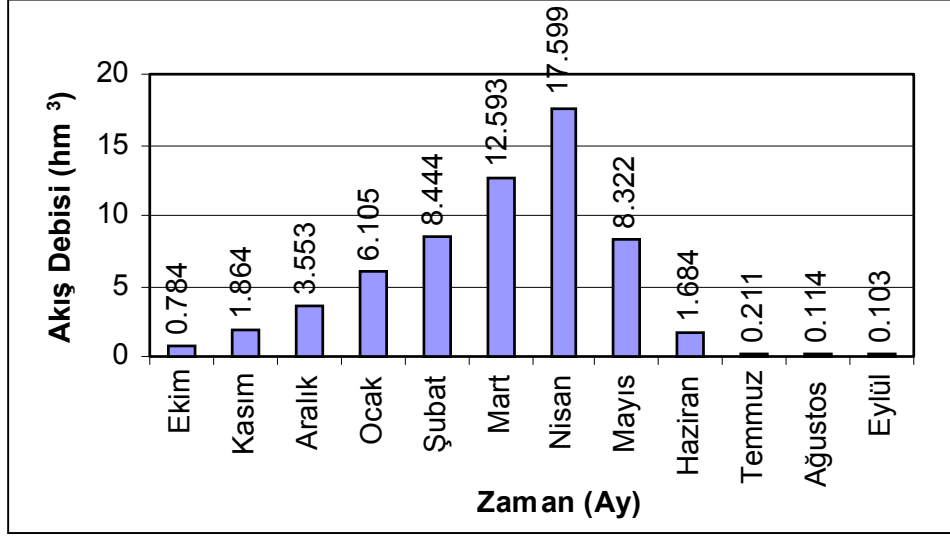
Çizelge 4.5. Sücüllü akım rasat istasyonu akım karakteristikleri (DSİ, 18. Bölge Müd.)

| | | |
|---|--|-------|
| Yeri | Yalvaç-Sücüllü Elbeni köy yolunun 10.km'si | |
| Yağış Alanı (km ²) | 134 | |
| Rakım (m) | 1155 | |
| Kullanılabilir Rasat Süresi | 01.10.1962-30.09.1969 | |
| Ortalama Akımlar (m ³ /s) | Rasat Süresinde | 0.833 |
| | 1969 Yılında | 1.169 |
| Maksimum Akım (m ³ /s) | Rasat Süresinde | 50 |
| | 1969 Yılında | 38 |
| Minimum Akım (m ³ /s) | Rasat Süresinde | 0.00 |
| | 1969 Yılında | 0.001 |
| Toplam Akım 10 ⁶ (m ³ /yıl) | 36.95 | |

Yalvaç Deresi; Yalvaç ilçesinin 10 km kuzeybatısındaki Suçikan Pınarı'ndan doğar, kuzeyden gelen Kemer Dere, Dereyolu Dere ve güneyden gelen Karakaya Dere ile birleşerek Suçikan Dere ismini alır. Yalvaç içinden geçerek Yalvaç Deresi ismini alan dere, Yağcılar kuzeyinde Sücüllü Deresi ile, Eğirler kuzeyinde ise Germen Çayı ve Karayer Dere ile birleşerek güneye doğru akışına devam eder.

Eğirdir Gölü'ne dökülen Yalvaç Deresi'nin uzunluğu yaklaşık 55 km'dir. Yalvaç Dere'sinin yaz aylarında debisi azalmakta, Madenli ile Eğirler arasında Kötürnekteşi Tepe doğusunda taban alüvyonlarından yeraltına süzülmemektedir. Buradan tabanda bulunan Hacılabaz Formasyonu'na ait karstik sisteme boşaldığı tahmin edilmektedir. Bu noktadan öncesinde bir eşel kurulmasının, karstik sisteme boşalan su miktarının belirlenmesi ve kirlilik yayılımı açısından yararlı olacağı düşünülmektedir.

DSİ'nin 9-75 nolu Avşar akım rasat istasyonu verilerine göre, Yalvaç Deresi'ne ait 23 yıllık rasatlar sonucunda aylık ortalama akış debi grafiği çizilmiştir (Şekil 4.22). Bu grafiklerde derenin debisinin nisan ayında maksimum, eylül ayında ise minimum olduğu görülmektedir. Çalışma alanından Eğirdir Gölü'ne ortalama yıllık $74.05 \times 10^6 \text{ m}^3$ su yüzeysel akış yoluyla boşalmaktadır.



Şekil 4.22. Yalvaç deresi 23 yıllık ortalama aylık akış debisi grafiği (DSİ, 18. Bölge Müd.)

Bahtiyar Deresi; Çalışma alanının güneydoğusundaki Kaplangı Dere, Kayapınarı Dere, Martlıca Dere, Yukarıçamlıca Dere isimleri altında dört ayrı sel yatağının birleşmesinden meydana gelir. Martlıca Dere ve Yukarıçamlıca Dere Dedeçam'ın batısında birleşerek batıya doğru akışa geçerken, bu dere önce Kayapınarı Dere sonrada Kaplangı Dere'nin kolları ile birleşerek Bahtiyar Dere ismini alır. 17 Haziran 2003 tarihindeki meydana gelen şiddetli yağışla birlikte Bahtiyar köyü yakınlarındaki Bahtiyar Dere'nin kollarından birini oluşturan Karadere üzerinde inşa edilmiş setlerin yıkılması sonucu meydana gelen selde iki kişi hayatını kaybetmiştir.

Çetince'den Akçaşar Deresi ve Bahtiyar'ın kuzeyinden Karadere ile birleşerek Bahtiyar Dere ismini alır ve batıya doğru akışa geçer, Madenli güneyinde Yalvaç Dere'si ile birleşerek Gelendost ovasından Eğirdir Gölü'ne dökülür. Bahtiyar deresi üzerinde akım rasat istasyonu bulunmamaktadır.

4.5.1.2. Kaynaklar

Çalışma alanında bulunan kaynaklar Ek 8'te verilen hidrojeoloji haritasında ve debileri, koordinatları ve çıktıkları formasyonlar Çizelge 4.6.'da gösterilmiştir. Topçam vd.

(1977) tarafından kaynaklar ayrıntılı olarak incelenmiştir. Kaynaklara ait veriler, bu çalışma kapsamında yapılan arazi çalışmalarıyla güncelleştirilerek aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kaynaklara ait özellikler (Topçam vd., 1977. den değiştirilerek alınmıştır.)

| No | Kaynak İsmi | Bölge | Lokasyon | Koordinatlar | | Çıktığı Formasyon | Debi (l/s) |
|----|---------------------|-----------|-----------------------|--------------|---------|-------------------|------------|
| | | | | Doğu | Kuzey | | |
| 1 | Kırkbaş Pınarı | Hoyran | Kırkbaş'ın 2 km . KD | 328715 | 4250482 | Tyk | 15-20 |
| 2 | Körküler Pınarı | Hoyran | Körküler'in 2 km K | 329315 | 4253609 | Tyk | 40-50 |
| 3 | Harmanaltı Pınarı | Yalvaç | Bağkonağın 2 km GB | 347360 | 4230415 | Tb | 20-25 |
| 4 | Sugözü Pınarı | Yalvaç | Bağkonağın 2.5 km KD | 351070 | 4232740 | Jh-Kos dokanağı | 50-73 |
| 5 | Suçikan Pınarı | Yalvaç | Özbayat 5 km D. | 349880 | 4237220 | Jh-Kos dokanağı | 75-110 |
| 6 | Suçikan Pınarı | Yalvaç | Yalvaç'ın 10 km KD | 348120 | 4243600 | Jh-Kos dokanağı | 70-85 |
| 7 | Çaylak Pınarı | Yalvaç | Eyüpler köyü 800 m D | 330760 | 4240340 | Jb | 1.0 |
| 8 | Köpek Pınarı | Yalvaç | Eyüpler'in 1.5 km KD | 330925 | 4241240 | Ty | 0.8 |
| 9 | Havuzlu Pınar | Yalvaç | Akçaşar'ın içinde | 329225 | 4236458 | Qal | 5-7 |
| 10 | Kaya Pınarı | Yalvaç | Akçaşar'ın 1 km K | 329525 | 4237200 | Tyk | 2 |
| 11 | Kurbanlı Pınarı | Yalvaç | Akçaşar'ın 1.5 km KB | 328200 | 4237440 | Tyk | 5-12 |
| 12 | Çekmez Pınarı | Yalvaç | Kurusarı 2 km KD | 333950 | 4238700 | Tyk | 3 |
| 13 | Suludere Menbaları | Yalvaç | Çamharman 10 km KD | 337800 | 4259000 | Jh-Kos dokanağı | 1.2 |
| 14 | Beloluk Menbaları | Yalvaç | Çamharman 13 km KD | 341020 | 4258980 | Jh-Kos dokanağı | 70-85 |
| 15 | Akpınar Pınarı | Yalvaç | Bahtiyar 4 km G | 338800 | 4224400 | Tg | 1.0 |
| 16 | Aşağı Çeşme Pınar | Yalvaç | Altıkapı 700 m G | 340860 | 4233160 | Tg | 12-20 |
| 17 | Körpınar 1 Pınarı | Yalvaç | Çakırcal 1.5 km D | 337060 | 4258640 | Jh-Kos dokanağı | 3-5 |
| 18 | Körpınar 2 Pınarı | Yalvaç | Çakırcal 1.5 km D | 337110 | 4258700 | Jh-Kos dokanağı | 3-5 |
| 19 | Avcaalanı Pınarı | Yalvaç | Çakırcal 2.5 km KD | 337190 | 4259900 | Jh-Kos dokanağı | 5-12 |
| 20 | Sarıca Pınar | Yalvaç | Çakırcal 3 km KD | 337480 | 4260750 | Jh | 10.0 |
| 21 | Geyikli P.(Aknaz I) | Gelendost | Gelendost'un 6 km GB | 323560 | 4214340 | Kta | 5-13 |
| 22 | Domuz P.(Aknaz II) | Gelendost | Gelendost'un 6 km GB | 323130 | 4214760 | Kta | 10-15 |
| 23 | Pınarocağı Pınarı | Gelendost | Avşar'ın 1.5 km K | 322580 | 4225100 | Qal | 1-3 |
| 24 | Kaynarca Pınarı | Gelendost | Yenice'nin 3.5 km GB | 316400 | 4223340 | Jh | 25 |
| 25 | Kızılkaya Pınarı | Gelendost | Tokmacık'ın 2.5 km KB | 322975 | 4235980 | Jh | 5-10 |

Eos: Sultandede Formasyonu

Jh: Hacılabaz Formasyonu

Tb: Bağkonak Formasyonu

Tg : Göksöğüt Formasyonu

Tyk: Yarıkkaya Kireçtaşı

Qal : Alüvyon

Kırkbaş Pınarı: Kırkbaş köyünün 2 km kuzeydoğusunda bulunan kaynak yöre halkı tarafından Delikli Çeşme olarak isimlendirilir. Yarıkkaya Formasyona ait kireçtaşı ile kilitli dokanağından boşalan kaynağın debisi 15-20 l/s'dir.

Körküler Pınarı: Körküler köyünün 2 km . kuzeyinde Yarıkkaya Formasyona ait kireçtaşı kilitli dokanağından çıkan kaynağın debisi 40-50 l/s'dir.

Bağkonak Harımalı Pınarı: Bağkonak'ın 2 km güneybatısında Bağkonak Formasyonu'nun alt seviyelerindeki çakıltası düzeylerinden boşalır. Yaz aylarında suyu çok azalan kaynağın debisi 25 l/s'ye kadar yükselir.

Bağkonak Su Gözü Pınarı: Bağkonak'ın 2.5 km kuzeydoğusunda, Sultandede Formasyonu'na ait metamorfik seri ve üzerindeki Hacılıbaz Formasyonu dokanağında üç ayrı noktadan boşalmaktadır. Bu üç göz birleşerek güneybatıya doğru akarlar. Suları mevsimsel değişiklik göstermesine rağmen yaz kış sürekli akan kaynağın debisi 50-73 l/s'dir.

Özbayat Suçıkan Pınarı: Özbayat Köyü'nün 5 km doğusunda Sultandede Formasyonu'na ait metamorfik seriden çıkar. Batıya doğru akarak Suçıkan Dereyi oluşturan kaynağın debisi 75-110 l/s'dir.

Suçıkan Pınarı: Yalvaç'ın 10 km kuzeydoğusunda Sultandede Formasyonu'na ait metamorfik seriden çıkarak batıya doğru akan kaynağın debisi 70-85 l/s'dir. Yalvaç ilçesinin yaklaşık 1 km kuzeyinde ve Sultandağları'nın güney yamaçları boyunca uzanan arazide kurulmuş Pisidia antik kentinin su ihtiyacı, Suçıkan Pınarı'ndan alınarak yaklaşık 10 km . uzunluktaki tarihi su yolu ile karşılanmıştır.

Çaylak Pınarı: Eyüpler Köyü'nün 800 m doğusunda geçirimsiz Hoyran Ofiyoliti içerisinde olistrostrom olarak bulunan Babageçidi Kireçtaşları'ndan boşalan kaynağın debisi yaklaşık 1.0 l/s'dir.

Köpek Pınarı: Eyüpler Köyü'nün 1.5 km kuzeydoğusunda Yarıkkaya Formasyonu'na ait kireçtaşı, kıltaşı dokanağından boşalan kaynağın debisi 0.8 l/s'dir. Yaz aylarında kaynağın suyu, kanallarla alınarak sulamada kullanılır.

Havuzlu Pınarı: Babageçidi Kireçtaşları'ndan çıkan kaynak, Akçaşar'ın sulama ve içme suyu ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılır. Kaynağın debisi 5-7 l/s'dir.

Kaya Pınarı: Akçaşar'ın 1 km kuzeyinde Yarıkkaya Formasyonu'ndan çıkar, Akçaşar'da sulama ve içme suyu olarak kullanılan kaynağın debisi yaklaşık 2 l/s'dir.

Kurbanlı Pınarı: Akçaşar'ın 1.5 km kuzeybatısında Yarıkkaya Formasyonu'na ait kireçtaşı-kiltaşı dokanağından boşalır. Kurbanlı Dere adı altında doğuya doğru akarak Kaya Pınarı suyu ile birleşir. Yaz aylarında suyu oldukça azalan kaynağın debisi yaklaşık 5-12 l/s arasında değişmektedir.

Çekmez Pınarı: Kurusarı'nın 2 km kuzeydoğusunda (1095 m rakımda) Yarıkkaya Formasyonu'ndan boşalan kaynağın debisi yaklaşık 3 l/s'dir. Tabaka kaynağı özelliğindeki kaynak halen Kurusarı Köyü'nün içme suyu ihtiyacını karşılamaktadır.

Suludere Menbaları: Çamharman'ın 10 km kuzeydoğusunda 1700 m kotunda Sultandede Formasyonu'na ait metamorfik seriden çıkan kaynağın debisi 1.2 l/s'dir.

Beloluk Menbaları: Çamharman'ın 13 km kuzeydoğusunda 1900 m kotunda Sultandede Formasyonu'na ait metamorfiklerden boşalan kaynağın debisi 70-85 l/s'dir.

Akpınar Pınarı: Bahtiyar'ın 4 km güneyinde, 1072 m kotunda Göksöğüt Formasyonu'ndan boşalan ve Bahtiyar'ın içme ve kullanma suyu olarak kullanılan kaynağın debisi 1.0 l/s'dir.

Altıkapı Aşağı Çeşme Pınarı: Altıkapı'nın 700 m güneyinden 1290 m kotunda Göksöğüt Formasyonu'ndan boşalan ve Altıkapı'nın içme ve kullanma suyu ihtiyacında kullanılan kaynağın debisi 12-20 l/s'dir.

Körpınar Pınarı: Çakırçal'ın 1.5 km doğusunda birbirine çok yakın mesafede Sultandede Formasyonu'na ait metamorfiklerden çıkan 1660 m kotundaki Körpınar I ve Körpınar II kaynaklarının debisi 3.0-5.0 l/s'dir. Çakırçal'ın içme ve kullanma suyu ihtiyacının karşılanmasında kullanılmaktadır.

Avcaalan Pınarı: Çakırçal'ın 2.5 km kuzeydoğusunda 1740 m kotunda Sultandede Formasyonu'na ait metamorfiklerden boşalan kaynağın debisi 5.0-12.0 l/s'dir.

Sarıca Pınar: Çakırçal'ın 3 km kuzeydoğusunda 1920 m kotunda Hacılabaz Formasyonu'nu oluşturan karstik kireçtaşlarından boşalan kaynağın debisi yaklaşık 10.0 l/s'dir.

Geyikli (Aknaz I) Pınarı: Gelendost'un 6 km güneyinde Anamas Formasyonu'nu oluşturan kireçtaşlarından boşalan kaynağın debisi 5.0-13.0 l/s'dir.

Domuz (Aknaz II) Pınarı: Aknaz I Pınarı ile yan yanadır. Anamas Formasyonu'ndan boşalan kaynağın debisi 10.0-15.0 l/s'dir.

Pınarocağı Pınarı: Avşar'ın 1.5 km kuzeyinde alüvyon'dan boşalan, yaz aylarında suyu azalmakla birlikte tahmin debisi 1-3 l/s'dir.

Kaynarca Pınarı: Yenice köyünün 3.5 km güneybatısında, Hacılabaz Formasyonu'ndan boşalan kaynak, Akdağ ve Yenice yerleşimlerinin içme suyu ihtiyacını karşılanmaktadır. Kaynağın yaklaşık debisininin 25.0 l/s olduğu tahmin edilmektedir. Kaynarca Pınarı ve Eğirdir Gölü kıyısındaki diğer küçük pınarlar Eğirdir Gölü su seviyesinin yükselmesi ile mevsimsel olarak göl seviyesi altında kalmaktadır.

Tokmacık Kızılkaya Pınarı: Kaynak, Tokmacık Kasabası'nın 2.5 km kuzeybatısında, Hacılabaz Formasyonu'na ait karstik kireçtaşları ile Yarıkkaya Formasyonu'na ait az geçirimli birim dokanağından boşalmaktadır. Ergenli Deresi'ne boşalan kaynak, Tokmacık-Aşağıturtar yolu üzerindeki Ergenli mevkiinde kaptajlanarak kullanılmaktadır.

Çalışma alanında haritalanan kaynakların toplam boşalım debileri yaklaşık olarak 1100 l/s'dir. Bu haritalanan kaynakların genel özellikleri Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

4.5.1.3. Göller ve Göletler

Çalışma alanının batı sınırını oluşturan Eğirdir Gölü'nün derinliği yıllara ve mevsimlere göre değişmekle birlikte, ortalama derinlik 7 ile 15 m'dir. En derin yeri Barla kasabası önlerinde 15 m'yi bulmaktadır. Eğirdir Gölü, 917 m yüksekliğinde 470 km²'lik bir yüzey alanına sahiptir. En derin yeri 15 m civarında olan gölün yağış alanı 3321 km²'dir ve maksimum su kotunda (918.84 m) göl alanı 479.77 km², göl hacmi 4360.62 hm³'tür. Göl alanına düşen yıllık ortalama yağıştan 277.58 hm³ ve yüzeysel akıştan 838.82 hm³ olmak üzere toplam yıllık beslenimi 1116.4 hm³ olan gölün suyu yaklaşık her dört yılda bir yenilenmektedir (Karagüzel vd., 1995).

Eğirdir Gölü'nün beslenimi; göl alanına düşen yağıştan, drenaj alanı yüzeysel akışından ve yeraltısuyu akışından olmaktadır. Boşalımı ise; güney ucundaki Kovada kanalı, buharlaşma, düdenler ve suni boşalım (sulama, enerji üretimi ve içme-kullanma suyu temini) yoluyla olmaktadır. Gölü besleyen en önemli akarsular Uluborlu'dan gelen Pupa Çayı, Aksu'dan gelen Çaydere, Hoyran Ovası'ndan Hoyran Deresi ve Yalvaç-Gelendost'tan gelen Yalvaç Deresi'dir. Geçtikleri yerlerde sulamada kullanıldığı için, bu akarsuların suları yaz aylarında göle ulaşmaz. Eğirdir Gölü Neojen'de tektonik olarak meydana gelmiş büyük bir çöküntü alanıdır. Ancak, göl çanağının biçimlenmesinde karstik olaylar da etkili olmuştur. Çalışma alanının batısını çevreleyen Eğirdir Gölü Kel Tepe eşiği ile Kemer Boğazı'ndan kuzey kısmı Hoyran Gölü, güney kısmı Eğirdir Gölü olmak üzere ikiye ayrılır. Göl, doğudaki Gelendost kıyıları ile kuzeybatıdaki Gençali ve kuzeydeki Hoyran Ovası'nın kıyı düzlükleri dışında genellikle dik yamaçlarla inen dağlarla çevrilidir.

Çalışma alanı içerisinde tarım arazilerinde, DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından inşa edilen Gelendost, Hoyran ve Tokmacık-Çaltı sulama projeleri ile pompajlı sulama yapılmaktadır (Ek 9) .

Gelendost I. Kademe Pompaj Sulaması: Proje alanı Isparta il sınırları içinde Isparta-Konya yolu üzerinde ve il merkezinin kuzeydoğusunda yer almaktadır. Projede çalışma

alanı içerisinde yer alan Gelendost İlçe merkezi, Yaka, Yenice, Köke, Avşar, Bağlılı Kasabası ve çalışma alanı dışında yer alan, Esinyurt, Hacılar yerleşim birimleri arazilerini kapsayan brüt 4.966 ha, net 4335 ha tarım arazisinin sulanması ve drenaj sorunlarının çözümlenmesi amaçlanmıştır. 1983 yılında işletmeye açılan proje alanı tamamı iki kademeli pompa istasyonu, 6 ünite ve sulama şebekesinden oluşmaktadır (Çizelge 4.7.). İşletmeye açıldığı 1983 yılından bu yana istenilen hızda gelişme gösteren projede, Eğirdir Gölünden şebekede planlı su dağıtımı esas alınarak pompajlı sulama yapılmaktadır (DSİ, 2000).

Çizelge 4.7. Gelendost I ve II. kademe pompaj sulamasına ait teknik bilgiler (DSİ, 18. Bölge Müd.)

| Sulama Projesinin Adı | Gelendost | | Gelendost II. Kademe | |
|-----------------------------------|-------------------|-------------|----------------------|------|
| İnşaataın başlama yılı | 1977 | | 1993 | |
| İnşaataın bitiş yılı | 1982 | | - | |
| İşletmeye açıldığı yıl | 1983 | | - | |
| Su kaynağı | Eğirdir Gölü | | Eğirdir Gölü | |
| Kademe no | I | II | I | II |
| Ünite adedi | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Ünite gücü (kW.) | 1x110+2x200 | 1x250+2x500 | - | - |
| Kurulu güç (kW.) | 1760 (I + II) | | 538 | 658 |
| 1991 Yılı elektrik tüketimi (kW.) | 2500000 (6 ünite) | | - | - |
| Ünite debisi (m ³ /s) | 1.98 | 1.75 | 1.040 | 0.92 |
| Basma yüksekliği (m) | 17.5 | 49 | 40.5 | 48.5 |
| Ana kanal uzunluğu (km) | 59 | 639 | 27.5 | |
| Yedek ve tersiye uzunluğu (km.) | 114 | 2 | 30 | |
| Sulama alanı (ha) | 4335 | | 1000 | |
| Sulanan alan (ha) | 1632 | | - | - |
| Sulama oranı | 38% | | - | - |
| Sulama randımanı | 48% | | - | - |

Gelendost II. Kademe pompaj sulaması: Bu projede, 1983 yılında işletmeye açılmış bulunan Gelendost I. Kademe pompaj sulaması dışında kalan tarım alanının, Eğirdir Gölü'nden iki kademeli pompajla sulanması amaçlanmıştır (Çizelge 4.8). Ovada halen 4966 ha'lık Gelendost sulama sahası dışında kalan 1000 ha'lık sahanın sulanması yöre halkından yoğun talebi nedeniyle 1983 yılında teklif edilmiştir. 1993 yılında inşaatı başlayan projede, 41 km isale kanalı, yedek kanal ve ana kanal palye hafriyatı, 12165 m duvarlı ve trapez kanal beton imali, 618 m B.A. sifon imali ve Yaka Kasabası içinden geçen 875 m tünel imalatı yapılmış ve P2 pompa istasyonu inşaatı bitirilmiştir. Pompa istasyonunun yaklaşım kanalı, Enerji nakil hattı ve karayolu yol geçişi inşaatı devam etmektedir (DSİ, 2000).

Hoyran Pompaj Sulaması: Proje alanı Eğirdir Gölünün kuzey doğusunda, Yalvaç-Senirkent yolu üzerinde ve Yalvaç İlçe Merkezinin 25 km batısında bulunmaktadır. Projede, Kumdanlı, Taşevi, Gökçeali, Yukarıtırtar, Aşağıtırtar ve çalışma alanı dışında yer alan Aşağıkaşıkara, Yukarıkaşıkara, arazilerini kapsayan brüt 3269 ha ve net 2800 ha tarım arazisinin sulanması yanı sıra 449 ha proje drenaj ile 50 ha çiftlik drenaj sorununun çözümlenmesi amaçlanmıştır (Çizelge 4.8.). Proje alanının büyük bir kısmı I. Kademe kalan araziler ise II. Kademe pompaj tesisleri ile sulanmaktadır. 1989 yılında işletmeye açılan sulama projesinde, planlı su dağıtımının uygulandığı proje alanının tamamı 2 pompa istasyonu ve 5 üniteden oluşan iki kademeli sistem ile sulanmaktadır. Eğirdir-Hoyran rehabilitasyon projesi kapsamında pompaj kapasitesi 1.64 m³/s, terfi yüksekliği 51.50 m, cebri boru uzunluğu 125 m ve sulama alanı 1372 ha olan Aşağıtırtar pompajı planlanmıştır (DSİ, 2000).

Çizelge 4.8. Hoyran pompaj sulamasına ait teknik bilgiler (DSİ, 18. Bölge Müd.)

| Sulama Projesinin Adı | Hoyran | | |
|-----------------------------------|--------------|--------|-------|
| İnşaatın başlama yılı | 1986 | | |
| İnşaatın bitiş yılı | 1988 | | |
| İşletmeye açıldığı yıl | 1089 | | |
| Su kaynağı | Eğirdir Gölü | | |
| Kademe no | I | II | III |
| Ünite adedi | 3 | 2 | 3 |
| Ünite gücü (kW) | 3x500 | 2x110 | - |
| Kurulu güç (kW) | 1500 | 220 | 0.99 |
| 1991 Yılı elektrik tüketimi (kW.) | 2515691 | 130168 | - |
| Ünite debisi (m ³ /s) | 1.875 | 0.44 | 1.64 |
| Basma yüksekliği (m.) | 54 | 36.1 | 49.25 |
| Ana kanal uzunluğu (km.) | 36 | 359 | 12.8 |
| Yedek ve tersiye uzunluğu (km) | 77 | 280 | 0.125 |
| Sulama alanı (ha.) | 2400 | 400 | 1372 |
| Sulanan alan (ha.) | 832 | | 336 |
| Sulama oranı | 30% | | - |
| Sulama randımanı | 38% | | - |

Tokmacık-Çaltı Pompaj Sulaması: Proje alanı, Yalvaç ilçesinin güneybatısında Tokmacık-Çaltı ovasında yer almaktadır. Bu proje ile Eğirdir Gölünden pompajla Tokmacık ve Höyükli kasabaları ile Çaltı, Akçaşar, Kurusarı, Köke, Akdağ, Eğirler köylerine ait 4350 ha tarım arazisinin sulanması amaçlanmıştır (Çizelge 4.9.). Proje kapsamında 3 adet pompa istasyonu, 16000 m iletim kanalı, 1036 m tünel, 62 km ana kanal, 115 km AÇB boru döşenmesi işleri yer almaktadır. PIII pompa istasyonu ve iletim kanalı inşaatları halen devam etmektedir. PI ve PII pompa istasyonları ile PI iletim kanalı çalışmaları sürdürülmektedir (DSİ, 2000).

Çizelge 4.9. Tokmacık-Çaltı pompaj sulamasına ait teknik bilgiler (DSİ, 18. Bölge Müd.)

| | | | |
|----------------------------------|----------------|---------|-------|
| Sulama Projesinin Adı | Tokmacık-Çaltı | | |
| İnşaatın başlama yılı | 1995 | | |
| İnşaatın bitiş yılı | - | | |
| İşletmeye açıldığı yıl | - | | |
| Su kaynağı | Eğirdir Gölü | | |
| Kademe No | I | II | III |
| Ünite adedi | 4 | 4 | 3+2 |
| Ünite gücü (kW) | 4000+50 | 7500+30 | 630 |
| Ünite debisi (m ³ /s) | 4.24 | 4.24 | 0.835 |
| Basma yüksekliği (m) | 50 | 102 | 34 |
| Ana kanal uzunluğu (km) | 4440 | 12525 | 12000 |
| Sulama alanı (ha) | 4350 | | |

Çalışma alanında sulama amaçlı olarak yapılan DSİ tarafından 8, Köy Hizmetleri tarafından 3 adet olmak üzere toplam 11 tane gölet bulunmaktadır (Ek 7). Hoyran Deresinin kollarından Ayıöldü Dere üzerinde Körkülerin 500 m kuzeyinde DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından inşa edilmiş Körküler Göleti bulunmaktadır (Çizelge 4.10.).

Hoyran Derenin kollarını oluşturan İnekli Dere üzerinde Mısırlı'nın 1.7 km güneyinde DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından inşa edilmiş Mısırlı Göleti bulunmaktadır (Çizelge 4.11.).

Çizelge 4.10. Körküler Göleti'ne ait teknik bilgiler (DSİ, 18. Bölge Müd.)

| | |
|---------------------|--|
| Proje Adı | Körküler Göleti ve Sulaması İsaatı |
| Yeri | Körküler kasabasının 500 m kuzeyinde |
| Amacı | Körküler kasabası tarım arazilerinin sulanması |
| Su Kaynağı | Ayıöldü deresi |
| Tipi | Homojen toprak dolgu |
| Kret Kotu | 1 250 m |
| Kret Uzunluğu | 262 m |
| Ykseklіđi (Talveg) | 30 m |
| Ykseklіđi (Temel) | 43 m |
| Gövde Dolgusu | 764 613 m ³ |
| Yağış Alanı | 17.5 km ² |
| Yıllık Ortalama Su | 2.767 hm ³ |
| Depolama Hacmi | 1.575 hm ³ |
| Aktif Hacim | 1.315 hm ³ |
| Sulama Alanı | 215 ha |

Çizelge 4.11. Mısırlı Göleti'ne ait teknik bilgiler (DSİ, 18. Bölge Müd.)

| | |
|----------------------|---|
| Proje Adı | Mısırlı Göleti ve Sulaması İsaatı |
| Yeri | Mısırlı Kasabası 2 km . güneyinde |
| Amacı | Mısırlı kasabası tarım arazilerinin sulanması |
| Su Kaynağı | İnekli dere |
| Tipi | Homojen toprak dolgu |
| Kret Kotu | 1067.25 m |
| Ykseklіđi (Talveg) | 19.75 m |
| Gövde Dolgusu | 274 540 m ³ |
| Depolama Hacmi | 1.25 hm ³ |
| Maksimum Su Seviyesi | 1066.22 m ³ |
| Yıllık Ortalama Su | 1.260 hm ³ |
| Depolama Hacmi | 1.250 hm ³ |
| Aktif Hacim | 1.160 hm ³ |
| Sulama Alanı | 155 ha |

Terziler güneyinde geçen zderenin, Teknepınar Dere ile birleşiminden sonra Krklerin 7 km kuzeyinde Köy Hizmetleri tarafından inşa edilen Kurusarı Göleti bulunmaktadır (Çizelge 4.12.).

Çizelge 4.12. Kurusarı Göleti'ne ait teknik bilgiler (Köy-Hizmetleri, Isparta İl Müd.)

| | |
|--------------------|--|
| Proje Adı | Kurusarı Göleti ve Sulaması İnşaatı |
| Yeri | Kurusarı Kasabası 7 km . kuzeyinde |
| Amacı | Kurusarı kasabası tarım arazilerinin sulanması |
| Su Kaynağı | Özdere |
| Tipi | Homojen toprak dolgu |
| Kret Kotu | 11.69 m |
| Kret Uzunluğu | 4.90 m |
| Kret Genişliği | 7 m |
| Kret Yüksekliği | 19.20 m |
| Gövde Dolgusu | 280 000 m |
| Yağış Alanı | 34 650 km ² |
| Yıllık Ortalama Su | 2.767 hm ³ |
| Depolama Hacmi | 4 200 000 m ³ /yıl |
| Max. Su Seviyesi | 1161 m |

Sücüllü Deresi üzerinde, Yalvaç ilçe merkezi ile 3 yerleşim yerinde brüt 2062 ha, net 1800 ha tarım arazisinin sulanması, yerleşim birimleri ve arazilerinin taşkınlarından korunması amacıyla DSİ tarafından Sücüllü Barajı inşa edilmiştir (Çizelge 4.13.).

Çizelge 4.13. Sücüllü Barajı'na ait teknik bilgiler (DSİ, 18. Bölge Müd.)

| | |
|---------------------|--|
| Proje Adı | Sücüllü Barajı ve Sulaması İnşaatı |
| Yeri | Isparta ili Yalvaç ilçesi Sücüllü kasabası |
| Amacı | Sulama ve taşkın koruma |
| Su kaynağının adı | Sücüllü deresi |
| Tipi | Homojen dolgu |
| Kret Kotu | 1184,80 m |
| Kret Uzunluğu | 485.00 m |
| Yüksekliği (Talveg) | 31.80 m |
| Yüksekliği (Temel) | 41.57 m |
| Gövde Dolgusu | 950 000 m ³ |
| Yağış Alanı | 137.1 km ² |
| Yıllık Ortalama Su | 17.74 hm ³ |
| Depolama Hacmi | 8.9 hm ³ |
| Aktif Hacim | 7.68 hm ³ |
| Aktif Sulama Alanı | 537 ha |

Suçıkan Dere'nin kollarından Killet Dere üzerinde Yalvaç ilçesinin 3 km kuzeydoğusunda DSİ tarafından sulama amacıyla inşa edilen Hisarardı Göleti bulunmaktadır (Çizelge 4.14.).

Çizelge 4.14. Hisarardı Göleti'ne ait teknik bilgiler (DSİ, 18. Bölge Müd.)

| | |
|----------------|---|
| Proje Adı | Hisarardı Göleti ve Sulaması İnşaatı |
| Yeri | Yalvaç ilçesinin 3 km . kuzeybatısında |
| Amacı | Yalvaç ilçesi kasabası tarım arazilerinin sulanması |
| Su Kaynağı | Killet Deresi |
| Tipi | Homojen toprak dolgu |
| Kret Kotu | 1250 m |
| Gövde Dolgusu | 301 000 m ³ |
| Depolama Hacmi | 1.0 hm ³ |
| Sulama Alanı | 179 ha |

Şeytan Dere'sinin kollarından olan Tokat Dere üzerinde Balcı'nın 4 km güney doğusunda DSİ tarafından inşa edilmiş Balcı Göleti bulunmaktadır (Çizelge 4.15.).

Çizelge 4.15. Balcı Göleti'ne ait teknik bilgiler (DSİ, 18. Bölge Müd.)

| | |
|---------------------|--|
| Proje Adı | Balcı Göleti ve Sulaması İnşaatı |
| Yeri | Balcı köyünün 4.5 km doğusunda |
| Amacı | Balcı ve Keçili köylerine ait tarım arazilerinin sulanması |
| Su Kaynağı | Tokat dere |
| Tipi | Homojen toprak dolgu |
| Kret Kotu | 1 465 m |
| Kret Uzunluğu | 177 m |
| Yüksekliği (Talveg) | 25 m |
| Yüksekliği (Temel) | 33 m |
| Yağış Alanı | 18.800 km ² |
| Yıllık Ortalama Su | 1.200 hm ³ |
| Depolama Hacmi | 1.345 hm ³ |
| Aktif Hacim | 1.110 hm ³ |
| Sulama Alanı | 139 ha |

Kozluçay'ın 2.5 km kuzeydoğusunda Bahtiyar Dere'nin kollarından Kayapınarı Dere üzerinde DSİ tarafından Kozluçay Göleti (Çizelge 4.16.), Yukarıçamlıca Dere'nin kollarından Çevik Dere ve Kazıkboğazı Dere birleşiminde yine DSİ tarafından Dedeçam Göleti inşa edilmiştir (Çizelge 4.17.).

Çizelge 4.16. Kozluçay Göleti'ne ait teknik bilgiler (DSİ, 18. Bölge Müd.)

| | |
|---------------------|--|
| Proje Adı | Kozluçay Göleti ve Sulaması İnşaatı |
| Yeri | Kozluçay Kasabasının 2.5 km . kuzeydoğusunda |
| Amacı | Kozluçay Kasabası tarım arazilerinin sulanması |
| Su Kaynağı | Kayapınarı deresi |
| Tipi | Kil Çekirdekli Kaya dolgu |
| Kret Kotu | 1 320 m |
| Kret Uzunluğu | 285 m |
| Yüksekliği (Talveg) | 50 m |
| Yüksekliği (Temel) | 57 m |
| Yağış Alanı | 9.6 km ² . |
| Yıllık Ortalama Su | 4.261 hm ³ . |
| Depolama Hacmi | 2.335 hm ³ . |
| Sulama Alanı | 450 ha |

Çizelge 4.17. Dedeçam Göleti'ne ait teknik bilgiler (DSİ, 18. Bölge Müd.)

| | |
|---------------------|---|
| Proje Adı | Dedeçam Göleti ve Sulaması İnşaatı |
| Yeri | Dedeçam kasabasının 2.5 km . doğusunda |
| Amacı | Dedeçam kasabası tarım arazilerinin sulanması |
| Su Kaynağı | Yukarıçamlıca Dere |
| Tipi | Homojen toprak dolgu |
| Yüksekliği (Talveg) | 24.3 m |
| Yüksekliği (Temel) | 28.8 m |
| Gövde Dolgusu | 143 000 m ³ |
| Yağış Alanı | 19.6 km ² |
| Yıllık Ortalama Su | 1.1 hm ³ |
| Depolama Hacmi | 1 hm ³ |
| Aktif Hacim | 0.700 hm ³ |
| Aktif Sulama Alanı | 143 ha |

Bağkonak'ın 1 km doğusunda Kaplangı Dere üzerinde Köy Hizmetleri tarafından sulama ve taşkın koruma amaçlı Bağkonak Göleti inşa edilmektedir (Çizelge 4.18.).

Çizelge 4.18. Bağkonak Göleti'ne ait teknik bilgiler (Köy Hizmetleri, Isparta İl Müd.)

| | |
|--------------------|--|
| Proje Adı | Bağkonak Göleti ve Sulaması İnşaatı |
| Yeri | Bağkonak Kasabasının 500 m kuzeydoğusunda. |
| Amacı | Bağkonak Kasabası tarım arazilerinin sulanması |
| Su Kaynağı | Kaplangı Deresi |
| Tipi | Zonlu Gövde Kil Çekirdek |
| Gövde Dolgu Hacmi | 585 000 m ³ |
| Depolama Hacmi | 2.2 hm ³ |
| Su Toplama Havzası | 14 km ² |
| Talveg Kotu | 1169.30 m |
| Kret Kotu | 1190.30 m |
| Maksimum Su Kotu | 1197.42 m |
| Aks Uzunluğu | 350.00 m |
| Kret Uzunluğu | 400 m |
| Kret Genişliği | 7.00 m |

Kuyucak Göleti, Kuyucak'ın yaklaşık 3.5 km kuzey doğusunda Kocaçay'ın kollarından olan Eğri Dere üzerinde Köy Hizmetleri tarafından inşa edilmiştir (Çizelge 4.19.).

Çizelge 4.19. Kuyucak Göleti'ne ait teknik bilgiler (Köy Hizmetleri, Isparta İl Müd.)

| | |
|--------------------|---|
| Proje Adı | Kuyucak Göleti ve Sulama İnşaatı |
| Yeri | Kuyucak kasabasının 3.5 km . kuzeydoğusunda |
| Amacı | Kuyucak kasabası tarım arazilerinin sulanması |
| Su Kaynağı | Kocaçay (Eğri dere) |
| Tipi | Zonlu gövde kil çekirdek |
| Kret Uzunluğu | 175 m |
| Kret Genişliği | 7 m |
| Kret Yüksekliği | 31 m |
| Yağış Alanı | 14.025 km ² |
| Yıllık Ortalama Su | 1.402 hm ³ |
| Depolama Hacmi | 1.037 hm ³ |
| Aktif Hacim | 1.011 hm ³ |
| Aktif Sulama Alanı | 143 ha |

Bahtiyar Dere'nin kollarından Akçaşar Dere üzerinde, Çetince'nin yaklaşık 2.5 km güneyinde DSİ tarafından inşa edilmiş Çetince Göleti bulunmaktadır (Çizelge 4.20.).

Çizelge 4.20. Çetince Göleti'ne ait teknik bilgiler (DSİ, 18. Bölge Müd.)

| | |
|---------------------|---|
| Proje Adı | Çetince Göleti ve Sulaması İnşaatı |
| Yeri | Çetince Kasabası güneyinde |
| Amacı | Çetince Kasabası tarım arazilerinin sulanması |
| Su Kaynağı | Akçaşar deresi |
| Tipi | Homojen toprak dolgu |
| Kret Kotu | 1 202.60 m |
| Kret Uzunluğu | 245 m |
| Yüksekliği (Talveg) | 28.30 m |
| Yüksekliği (Temel) | 30.30 m |
| Yağış Alanı | 16.310 km ² |
| Yıllık Ortalama Su | 2.105 hm ³ |
| Depolama Hacmi | 1.105 hm ³ |
| Aktif Hacim | 0.942 hm ³ |
| Sulama Alanı | 230 ha |

Sonuç olarak, çalışma alanındaki göletlerden 3'ü inşa halinde bulunmakta diğer 8 adet gölette aktif hacimler dikkate alındığında 17.251 hm³/yıl su depolanmakta ve toplam 2191 ha (21.91 km²) tarım alanı sulanmaktadır.

4.5.1.4. Sığ Kuyular

Çalışma alanında alüvyon ortam içerisinde açılmış yaklaşık 90 adet sığ ve keson kuyu bulunmakta, bu kuyulardan 60 tanesinde yeraltısuyu seviye ölçümleri yapılmıştır. Bu kuyuların derinlikleri 5-15 m arasında, su seviyesinin yüzeyden derinliği ise 1.0-11.0 m arasında değişmektedir. Yöre halkı tarafından açılmış olan bu kuyular daha çok içme, sulama ve kullanma ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla kullanılmaktadır. Bunlara ilave olarak özellikler yeraltısuyu seviyesinin yüzeye yakın olduğu tarım alanlarında sulama amaçlı açılmış yaklaşık 200 civarında tulumba ile su çekilen sığ kuyular bulunmaktadır.

4.5.1.5. Sondaj Kuyuları

Çalışma alanında Köy Hizmetleri tarafından Yalvaç Ovası'nda 10 adet, Gelendost Ovası'nda 10 adet ve Hoyran Ovası'nda 2 adet olmak üzere 22 sondaj kuyusu açılmıştır (Çizelge 4.21.). Devlet Su İşleri 18. Bölge Müdürlüğü tarafından ise yeraltısuyu araştırma ve üretim amacıyla Yalvaç Ovası'nda 10 adet, Gelendost Ovası'nda 18 adet ve Hoyran Ovası'nda 10 adet olmak üzere 38 sondaj kuyusu açılmıştır (Çizelge 4.22.). Çalışma alanında toplam olarak 60 adet sondaj kuyusu bulunmaktadır.

Yalvaç ovasında bulunan sondaj kuyuların derinlikleri 14-199.5 m, statik su seviyelerinin yüzeyden derinlikleri 1.0-21.60 m, debileri ise 1-20 l/s arasında değişmektedir. Gelendost ovasında bulunan sondaj kuyuların derinlikleri 21-225 m, statik su seviyelerinin yüzeyden derinlikleri 0.15-51.2 m, debileri ise 0.2-63.2 l/s arasında değişmektedir. Hoyran ovasında bulunan sondaj kuyuların derinlikleri 44-225 m, statik su seviyelerinin yüzeyden derinlikleri 2.6-38.7 m, debileri ise 3.0-62.32 l/s arasında değişmektedir. Çalışma alanında bulunan DSİ'ye ait sondaj kuyularının logları Ek 10'da, Köy Hizmetlerine ait kuyuların logları ise Ek 11'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Köy Hizmetlerine ait sondaj kuyularının karakteristik parametreleri

| Bölge | Sıra No | Kuyu Adı | Lokasyon | Rakım (m.) | Derinlik (m.) | Statik Seviye (m.) | Dinamik Seviye (m.) | Verim (Qp) l/s |
|-----------|---------|----------|-----------|------------|---------------|--------------------|---------------------|----------------|
| YALVAÇ | 1 | KH1 | Altıkapı | 1062 | 24.00 | 3.50 | 18.00 | 4.00 |
| | 2 | KH2 | Bahtiyar | 1085 | 40.00 | 4.00 | 20.00 | 6.00 |
| | 3 | KH3 | Eğirler | 1078 | 30.50 | 3.60 | 9.60 | 5.00 |
| | 4 | KH4 | Eleği | 1080 | 76.00 | 0.00 | 14.00 | 6.00 |
| | 5 | KH5 | Eyüpler | 1128 | 24.00 | 4.00 | 12.00 | 6.00 |
| | 6 | KH6 | Yağcılar | 1042 | 104.7 | 3.80 | 6.00 | 7.00 |
| | 7 | KH7 | Kurusarı | 1074 | 75.00 | 10.00 | 41.50 | 3.30 |
| | 8 | KH8 | Madenli | 975 | 24.00 | 2.30 | 19.00 | 7.00 |
| | 9 | KH9 | Çakırcal | 1263 | 40.00 | 2.00 | 24.00 | 10.00 |
| | 10 | KH10 | Mısırlı* | 1066 | 44.00 | 2.60 | 11.60 | 5.00 |
| | 11 | KH11 | Ayvalı* | 1296 | 62.00 | 20.00 | 40.00 | 3.00 |
| | 12 | KH12 | Çamharman | 1233 | 44.00 | 7.00 | 10.00 | 7.00 |
| GELENDOST | 13 | KH13 | Afşar | 940 | 21.00 | 10.50 | 11.50 | 12.00 |
| | 14 | KH14 | Akdağ | 928 | 200.00 | 34.00 | 39.00 | 15.00 |
| | 15 | KH15 | Bağlılı | 965 | 71.00 | - | - | - |
| | 16 | KH16 | Çaltı1 | 1105 | 160.00 | 2.30 | 69.00 | 3.00 |
| | 17 | KH17 | Çaltı2 | 1028 | 135.00 | 24.00 | 72.00 | 6.00 |
| | 18 | KH18 | Köke1 | 930 | 80.00 | 2.50 | 7.50 | 15.00 |
| | 19 | KH19 | Köke2 | 920 | 31.00 | 3.20 | 3.22 | 8.00 |
| | 20 | KH20 | Yenice1 | 997 | 38.00 | 2.75 | 5.00 | 16.50 |
| | 21 | KH21 | Yenice2 | 965 | 39.00 | 2.10 | 6.50 | 16.00 |
| | 22 | KH22 | Yenice3 | 925 | 51.00 | 3.75 | 4.30 | 8.00 |

* : Hoyran bölgesinde bulunan kuyular

Çizelge 4.22. DSİ'ye ait sondaj kuyularının karakteristik parametreleri

| Bölge | Sıra No | Kuyu Adı | Lokasyon | Rakım (m.) | Derinlik (m.) | Statik Seviye (m.) | Dinamik Seviye (m.) | Verim (Qp) (l/s) |
|-----------|---------|----------|-------------|------------|---------------|--------------------|---------------------|------------------|
| YALVAÇ | 1 | 3861 | Yalvaç | 1072 | 199.75 | 1.00 | 37.76 | 3.60 |
| | 2 | 4115 | Hüyükü | 1045 | 218.00 | 1.80 | 23.10 | 10.00 |
| | 3 | 4160 | Kurusarı | 1038 | 99.05 | 2.80 | 3.10 | 0.02 |
| | 4 | 4161/A | Altıkapı | 1073 | 159.40 | KUYU KURU | | |
| | 5 | 4161/B | Altıkapı | 1073 | 14.00 | 2.40 | 9.08 | 8.00 |
| | 6 | 4359/A | Eğirler | 1018 | 200.00 | 21.60 | 72.45 | 7.20 |
| | 7 | 4359/B | Eğirler | 1018 | 140.00 | 5.15 | 50.20 | 0.50 |
| | 8 | 38557 | Bağkonak | 1135 | 100.00 | 1.47 | 56.25 | 3.00 |
| | 9 | 43831 | Kuyucak | 1115 | 140.00 | 11.16 | 72.00 | 1.00 |
| | 10 | 54939 | Madenli | 1010 | 155.00 | 3.95 | 49.00 | 20.00 |
| GELENDOST | 11 | 1613 | Avşar | 928 | 29.00 | 5.40 | 7.10 | 5.00 |
| | 12 | 1614 | Yenice Köy | 923 | 84.00 | 4.50 | 8.75 | 11.00 |
| | 13 | 3860/A | Gelendost | 945 | 197.50 | 7.75 | 29.85 | 17.30 |
| | 14 | 3860/B | Gelendost | 945 | 65.00 | 5.00 | 27.75 | 13.50 |
| | 15 | 4231/A | Yenice | 923 | 210.00 | 4.90 | 10.73 | 25.30 |
| | 16 | 4231/B | Yenice | 923 | 77.50 | 4.94 | 29.88 | 8.00 |
| | 17 | 4360/A | Pınar Ocağı | 926 | 211.00 | 4.65 | 29.45 | 8.50 |
| | 18 | 4360/B | Pınar Ocağı | 924 | 73.40 | 3.00 | 30.26 | 7.60 |
| | 19 | 17235/A | Gelendost | 925 | 110.00 | 7.00 | 14.46 | 25.00 |
| | 20 | 17235/B | Gelendost | 927 | 141.00 | 7.30 | 12.56 | 25.00 |
| | 21 | 27075 | Tokmacık | 1066 | 135.00 | 8.67 | 46.47 | 31.22 |
| | 22 | 33139 | Tokmacık | 1068 | 200.00 | 6.00 | 51.14 | 21.13 |
| | 23 | 33140 | Tokmacık | 1221 | 225.00 | 13.50 | 33.34 | 38.35 |
| | 24 | 36774 | Çaltı | 1135 | 150.00 | 51.20 | 82.00 | 0.20 |
| | 25 | 46387 | Tokmacık | 1041 | 150.00 | 0.15 | 6.20 | 63.20 |
| | 26 | 47635 | Çaltı | 1033 | 140.00 | 84.15 | 99.45 | 14.13 |
| | 27 | 50845 | Tokmacık | 1040 | 153.00 | 4.76 | 8.32 | 62.32 |
| | 28 | 55464 | Tokmacık | 1100 | 60.00 | 30.00 | 55.00 | 4.00 |
| HOYRAN | 29 | 22235 | Hoyran | 997 | 225.00 | 4.55 | 13.82 | 60.62 |
| | 30 | 22236 | Hoyran | 957 | 220.00 | 4.15 | 30.31 | 49.26 |
| | 31 | 22237 | Hoyran | 938 | 117.00 | 16.75 | 21.85 | 61.06 |
| | 32 | 22238 | Hoyran | 956 | 220.00 | 5.45 | 27.66 | 35.32 |
| | 33 | 22239 | Hoyran | 935 | 46.00 | 12.95 | 17.31 | 62.32 |
| | 34 | 25336 | Kumdanlı | 932 | 93.00 | KUYU KURU | | |
| | 35 | 25337 | Kumdanlı | 942 | 150.00 | 6.15 | 9.34 | 58.47 |
| | 36 | 25338 | Kumdanlı | 956 | 60.00 | 16.10 | 30.74 | 40.62 |
| | 37 | 25339 | Kumdanlı | 950 | 62.50 | 34.00 | 40.00 | 34.58 |
| | 38 | 25340 | Kumdanlı | 947 | 70.00 | 38.70 | 39.60 | 57.97 |

4.5.2. Jeolojik Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

Bu bölümde çalışma alanında bulunan jeolojik birimler hidrojeolojik özelliklerine göre ayrıntılı olarak incelenecektir. Jeolojik birimler fiziksel özellikleri ve ayrıntıları sondaj kuyular başlığı altında (bölüm 4.5.1.5.) verilen sondaj sonuçlarından yararlanılarak, Geçirimli (Gç), Yarı Geçirimli (Gy), Az Geçirimli (Ga) ve Geçirimsiz (Gz) olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır. Alüvyon, yamaç molozu, Yarikkaya Kireçtaşı Üyesi, Babageçidi Kireçtaşı, Anamas Formasyonu ve Hacıalabaz Formasyonu Geçirimli (Gç) birimi oluşturmaktadırlar. Farklı hidrojeolojik özelliklerinden dolayı alüvyon ve yamaç molozu Geçirimli (Gç1) birim, Kireçtaşları ise Geçirimli (Gç2) birim olarak sınıflandırılmıştır. Bağkonak Formasyonu ise Yarı Geçirimli (Gy) birimi, Yarikkaya ve Göksöğüt Formasyonları ise Az Geçirimli (Ga) birimi oluşturmaktadır. Çalışma alanında yüzeylenen Sultandede Formasyonu (Gz1) ve Hoyran Ofiyoliti (Gz2) geçirimsiz birimler olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.23.).

4.5.2.1. Geçirimli Birim (Gç1)

Alüvyon ve yamaç molozundan meydana gelen geçirimli birim (Gç1), Hoyran bölgesinde, gölün kuzey kıyılarından itibaren kuzeydoğu yönünde dere yataklarını takip eden dar bir koridor şeklinde Mısırlı'ya kadar uzanan bir yaklaşık 32 km²'lik bir alanda yayılım sunar. Birim Tokmacık-Çaltı ovasında 49 km²'lik, Gelendost Ovasında 64 km²'lik bir alanda, Yalvaç Ovası ile birlikte Sücüllü-Madenli arasında dere yatakları boyunca güneye eğimli bir topoğrafyada yaklaşık 53 km²'lik bir alanda, Bağkonak ve Dedeçam'dan Bağlılı'ya kadar uzanan dere yatağını takip eden dar bir şerit şeklindeki yaklaşık 26.5 km² olmak üzere toplam yaklaşık 224.5 km²'lik bir alanda yüzeylenmektedir.

Hoyran civarında kil ve çakıl seyrek olarak kum düzeylerinden oluşan alüvyonda, kalın kil tabakaları bulunmaktadır. Yalvaç civarında 10 m kalınlığındaki alüvyon kil katmanları arasında çakıl ve yer yerde kum tabakaları bulunmaktadır. Alüvyon altında çakıltaşı, plastik kil ve marndan oluşan Yarikkaya Formasyonu (Ga) yer alır.

Tokmacık-Çaltı ovasında 25-85 m kalınlığındaki birim genelde kil tabakalarından oluşmaktadır. Kil katmanları arasında 10 m kalınlığındaki çakıl düzeyleri birimin akifer özelliği taşımasındaki en önemli etkidir. Bu bölgedeki en belirgin özellik kil kalınlığındaki artıştır. Bu bölgedeki sondaj kuyularında, genellikle kesilen kil düzeyi arasındaki çakıl ve alüvyon altında kireçtaşlarından su alınmaktadır.

Gelendost civarında çakıl, kum ve kalın kil düzeylerinden oluşan alüvyon altında kireçtaşları yer almaktadır. Alüvyondaki kil bölümlerinin arasında bulunan kum ve çakıllar ile alttaki kireçtaşlarından üretim yapılmaktadır. Madenli civarında 25-30 m kalınlığa sahip kum, kil, çakıl seviyelerinden oluşan alüvyon altında killeşmiş serpantin ve çörtlerden oluşan ofiyolitik karmaşık yer almaktadır. Sondaj kuyularından çakıl ve ofiyolitik karmaşık içindeki kireçtaşı bloklarından su alınmaktadır.

4.5.2.2. Geçirimli Birim (Gç2)

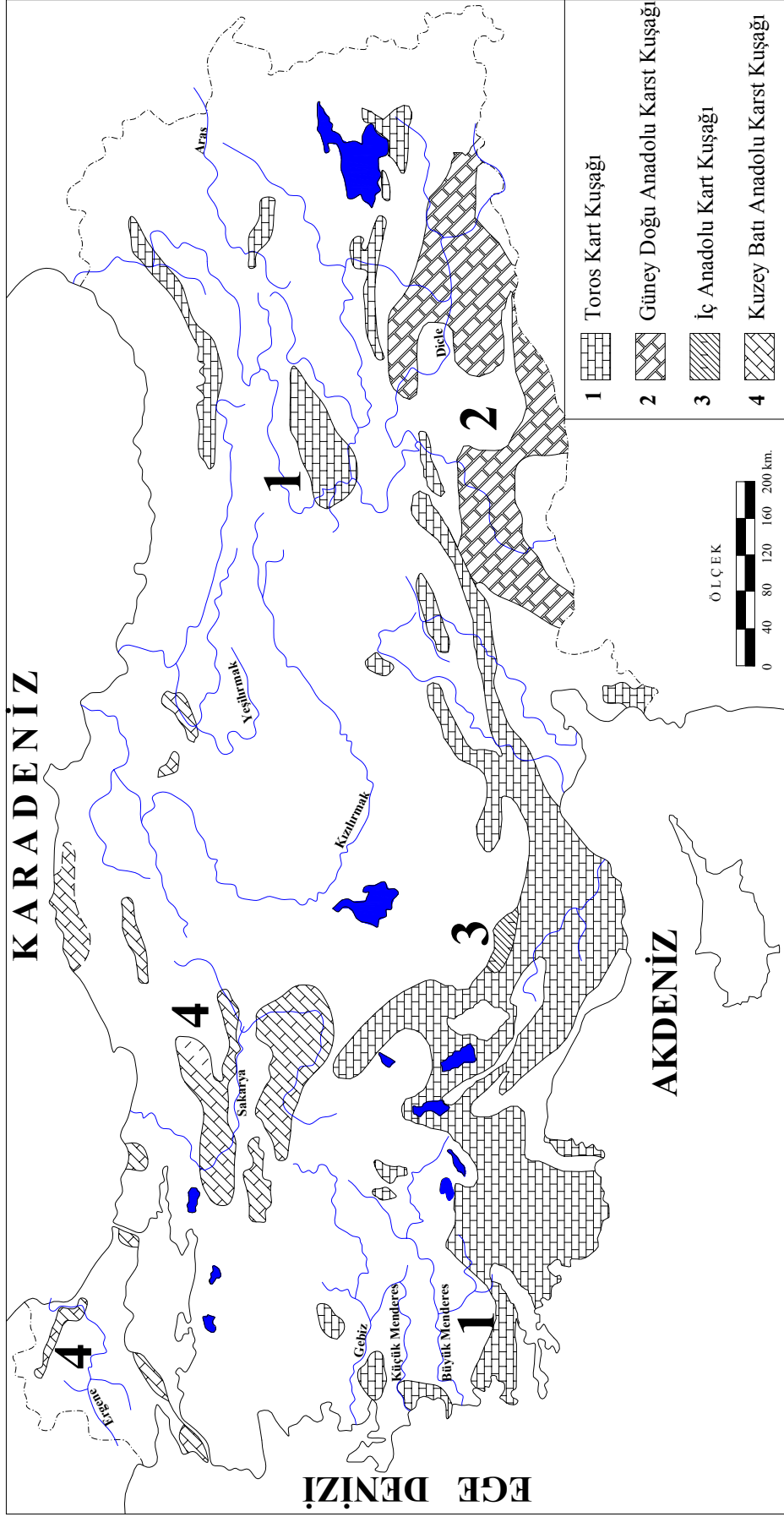
Çalışma alanında yüzeyleyen kireçtaşları kırıklı-çatlaklı ve erime boşluklu yapılarından dolayı geçirimli birim (Gç2) olarak sınıflandırılmıştır. Birim içerisinde Yarıkkaya Kireçtaşı Üyesi, Hoyran Ofiyoliti içindeki olistrostromal Babageçidi Kireçtaşı, Anamas Formasyonu ve Hacılabaz Formasyonu tanımlanmıştır. Bu birim içinde bulunan litolojilerin ortak özelliği, sahip oldukları kırık, çatlak ve erime boşluklarından dolayı karstik akifer özelliği taşımalarıdır. Bölgedeki karstik kireçtaşları da çatlak ve erime boşluklarında yeraltısuyu bulundurması bakımından büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Karstik kayalar Türkiye yüzölçümünün yaklaşık % 20'sini kaplamaktadır. Akdeniz bölgesinde Toros sıradağlarını şekillendiren kireçtaşlarından oluşan Toros Karst Kuşağı, Türkiye'nin en büyük karst kuşağıdır (Şekil 4.31). Toros Karst Kuşağı'nın batısında Eğirdir, Beyşehir, Akşehir ve Eber gölleri arasında kalan çalışma alanının yaklaşık % 35'i karstik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kireçtaşları çalışma alanının kuzey ve güney kenarlarında yüksek topoğrafya boyunca yüzeylenmektedir. Bu yüksek topoğrafyadan havza içlerindeki daha peneplen topoğrafya ya doğru gidildikçe kireçtaşlarının derinlikleri giderek artmaktadır. Havza içerisinde alüvyon, Neojen tortullar ve Ofiyolitik karmaşığın altında tabanda karstik

kireçtaşları yer almaktadır. Altıkapı 4161/A nolu kuyuda 129 m’de kireçtaşlarına girilmiş fakat kuyu kuru olduğu için üretim yapılmamıştır. Tokmacık 33140 nolu kuyuda 105 m’de kil altında kireçtaşı kesilmiş 225 m’ye kadar kireçtaşının arasında 5’er metrelik marn seviyeleri kesilen kuyunun debisi 38.35 l/s’dir. Kumdanlı 25339 nolu kuyuda 30 m kil altında 60 m’ye kadar kireçtaşı kesilmiş ve 34.58 l/s debi elde edilmiştir.

Hoyran 22239 nolu kuyuda 18 m alüvyon altında kireçtaşı kesilmiş ve 62.32 l/s debi elde edilmiştir. Hoyran 25340 nolu kuyuda 48 m alüvyon altında kireçtaşı kesilmiş ve bu kuyuda 57.97 l/s üretim yapılmıştır. Tokmacık 22075 nolu kuyuda 65 m kil altında kireçtaşı kesilmiş ve 31.22 l/s debi elde edilmiştir. Çalışma alanındaki en yüksek yeraltısuyu üretim debilerinin kireçtaşlarından elde edilmektedir, bu da kireçtaşlarının karstik bir akifer olarak tanımlanmasını doğrulamaktadır.

4.5.2.3. Yarı Geçirimli Birim (Gy)

Çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşından oluşan Bağkonak Formasyonu’nu yarı geçirimli birim (Gy) olarak sınıflandırılmıştır. Burada birimin alt kesimlerde egemen olan çakıltaşı ve kumtaşı üst kesimlere doğru yerini kumtaşı ve çamurtaşına bırakması belirleyici olmuştur. Kumtaşlarının bol kırık-çatlak içerdikleri ve ikincil gözenekliliğe sahip oldukları zaman akifer olma özelliği taşımaktadırlar. Kumtaşının düzensiz kırıklı, sert dokulu, çakıltaşının şistik temele dayalı kayalardan oluşması ve üst seviyelerde yoğun olarak çamurtaşının bulunması nedeniyle birimin akifer olma özelliği zayıftır. Kurusarı 4160 nolu sondaj kuyusunda 26 m’ye kadar kum, 50 m’ye kadar kil altında çakıltaşı kesilmiştir. Bu kuyudan 0.02 l/s debi ile üretim yapılmıştır.



Şekil 4.24. Türkiye karst bölgeleri haritası (Günay, 1981'den değiştirilerek alınmıştır.)

4.5.2.4. Az Geçirimli Birim (Ga)

Yarıkkaya ve Göksöğüt formasyonları litolojik özellikleri bakımından birbirlerine çok benzemektedirler. Göksöğüt Formasyonu çalışma alanının güneyinde, Yarıkkaya Formasyonu ise kuzeyinde yüzeilenmektedir. Her iki birimin dokanak ilişkisine rastlanmamıştır. Göksöğüt Formasyonu altta kumtaşı, silttaşı ve kiltası seviyeleri ile başlayıp üstte kiltası, marn, killi kireçtaşı seviyelerine geçer. Üst bölümü oluşturan kireçtaşı bol gözenekli travertenimsi özellikte olmasına rağmen marn seviyeleri birimin akifer olma özelliğini önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu nedenle birim az geçirimli olarak sınıflandırılmıştır. Ayrışmaya bağlı olarak çalışma alanının güneyinde tebeşirimsi kil-marn seviyeleri görülmektedir. Yarıkkaya Formasyonu kiltası, killi kireçtaşı ve marn araldanmasından oluşmaktadır. Marn ve kiltası bölümleri birimin su depolama ve iletme özelliğini kısıtlamaktadır. Bundan dolayı Kuyucak 43831 nolu kuyuda 5 m'ye kadar çakıltaşı, 5-115 m'lerde kil, 115-140 m'ler arasında kireçtaşı kesilmesine rağmen 1 l/s 'lik düşük bir debi elde edilmiştir.

4.5.2.5. Geçirimsiz Birim (Gz1)

Sultandede Formasyonu çalışma alanının tabanını yer almakta ve kuvarsit, rekristalize kireçtaşı, arakatkılı metakumtaşı, metaçakıltaşı, sleyt, fillit ve kalın katmanlı mermer'den oluşmaktadır. Metamorfik masifi oluşturan kayalar esas olarak değişik metamorfizma dereceleri gösteren şistlerdir. Metamorfik şistler, klorit, serizit, talk ve mika şistler ile yer yer mermerlerden oluşmaktadır. Birim içerisinde yapraklanma iyi gelişmiş olup, bu yapraklanma ince serizit pullarının yönelimi ile belirlenmektedir. Sultandede Formasyonu düşük yeşilşist fasiyesi üzerine çıkamayan metamorfizmanın etkisinde kalmıştır. Birim içerisinde bulunan rekristalize kireçtaşı ve mermerler düşük miktarda yeraltısuyu bulundurmalarına rağmen, birim metamorfik kökenli olması nedeniyle geçirimsiz olarak kabul edilmiştir. Çalışma alanı doğusunda bulunan kaynakların çoğu Hacıalabaz Formasyonu-Sultandede Formasyonu 'nun dokanağından çıkmaktadır. Bu kaynaklarda, Sultandede Formasyonu karstik kireçtaşının altında geçirimsiz tabanı oluşturmaktadır. Çalışma alanında açılan sondaj kuyularında bu birim kesilmemiştir.

4.5.2.6. Geçirimsiz Birim (Gz2)

Hoyran Ofiyoliti, serpantinit, çört, peridodit ve farklı boyutlardaki olistrostromal kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır. Ofiyolit içerisinde bulunan olistrostromal Babageçidi kireçtaşı karstik özellik taşımasından dolayı geçirimli birim olarak sınıflandırılmıştır. Ofiyolitik karmaşık içerisinde bulunan çört, peridodit ve serpantinitin ayrışması sonucu oluşan killer akifer özelliği taşımazlar.

Ofiyolitler içerisinde açılan sondaj kuyusu bulunmamaktadır. Ancak, Madenli 54939 nolu sondaj kuyusunda 25 m alüvyondan sonra ofiyolit karmaşığa girilmiş ve 20.0 l/s debi ile ofiyolit içindeki kireçtaşı bloklarından su alınmıştır. Eğirler KH-3 nolu sondaj kuyusunda 9 m kumdan sonra ofiyolit karmaşığa girilmiştir. Ofiyolit karmaşık geçirimsiz tabanı oluşturmasından dolayı kumlu bölümden 5 l/s debi ile su alınmıştır. Çaltı KH-16 nolu sondaj kuyusunda 61 m kilden sonra ofiyolite girilmiş ve 3 l/s debi ile kireçtaşı bloklarından su alınmıştır. Ofiyolit içindeki kireçtaşı bloklarından üretim yapılan sondaj kuyularında, üretim sırasındaki yeraltısuyu seviyesindeki hızlı düşüşü dikkati çekmektedir. Bunun en önemli nedeni kireçtaşı bloklarının boyutuna bağlı olarak sınırlı miktarda bulunan yeraltısuyundan kaynaklanmaktadır. Ofiyolit karmaşık bindirmeli dokanak boyunca, Hacialabaz Formasyona ait karstik kireçtaşlarını üzerinde yer almakta ve geçirimsiz bir bariyer olarak kesmemektedir.

4.5.3. Akiferler

Bu bölümde çalışma alanında akiferler tanımlanarak, geometrik konumları ve hidrojeolojik parametreleri (K, T, S) konu edilmiştir.

4.5.3.1. Gözenekli Akiferler

Pekleşmemiş blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutunda malzemelerin birikiminden oluşan, boşluklarında yeraltısuyu bulunduran ve istenildiğinde yeraltısuyunu verebilen yapıdaki birimlere gözenekli akifer denilmektedir. Hoyran Ovası'ndaki Kuvaterner yaşlı alüvyonlar zayıf akifer özelliğindedir. Ovanın Eğirdir Gölü'ne yakın orta ve güney kesimlerinde gözenekli akifer 150 m kalınlığına ulaşır. Kuzeye

doğru killi, kumlu ve çakıllı gevşek Neojen tortullar ve alüvyon kalınlığı azalmaktadır. Bu kesimdeki gözenekli akifer kalın bir istifeye sahip olmasına rağmen kalın kil tabakası arasında, çakıllı seviyelerin az oluşu, bu serinin akifer olma özelliğini zayıflatmaktadır. Nitekim 4232 (2.0 l/s) ve 4567 (0.6 l/s) nolu kuyuların debilerinin düşük olması bu durumu desteklemektedir.

Gözenekli akifer Yalvaç civarında, ilçenin kuzey ve güneyinde oldukça geniş bir yayılıma sahiptir. Topçam vd. (1977), tarafından yapılan jeofizik etütlere göre bu birimin kalınlığı 200 m'den fazladır. Açılan araştırma sondajlarında da 100 m derinliğe inildiği halde alttaki kireçtaşlarına ulaşılabilmesi, bu serinin kalın olduğunun bir göstergesidir. Gözenekli akiferi oluşturan kil, kum ve çakıllı seviyelerinin en kalın ve yaygın olduğu kesim Yalvaç Ovası'dır. Bu bölgede DSİ tarafından açılan araştırma kuyularından 3861 nolu (3.6 l/s) ve 43831 nolu (1.0 l/s) kuyulardaki düşük üretim debileri kalın kil seviyeleri ile açıklanmaktadır.

Gelendost ovasında gözenekli akifer, özellikle ovanın orta kesimlerinde en fazla kalınlığa ulaşır. Topçam vd. (1977) tarafından yapılan jeofizik ölçümlere göre 150-220 m kalınlıkta olduğu tespit edilmiştir. Bu ovanın kuzey ve kenar kesimlerine doğru ise kalınlık 50-70 m civarına kadar düşmektedir. Bu bölgede gözenekli akiferde DSİ tarafından açılan araştırma kuyularından, 17235/A ve 17235/B nolu kuyularda 25 l/s üretim debileri elde edilmiştir.

4.5.3.2. Karstik Akiferler

Çalışma alanının batısında Neojen tortulların kalınlıklarının azalması ile bu bölgelerdeki sondajlarda karstik kireçtaşlarına ulaşılmıştır. Gelendost ovasındaki 17235 (20 l/s) ve 4231 (25.30 l/s) nolu sondaj kuyuları, Tokmacık-altı ovasındaki 33140 (38.35 l/s), 46387 (63.20 l/s) ve 50845 (62.32 l/s) nolu sondaj kuyuları ile Hoyran ovasındaki 25337 (58.47 l/s), 25338 (40.62 l/s), 25339 (34.58 l/s), 25340 (57.97 l/s), 22235 (60.62 l/s), 22236 (49.26 l/s) ve 22239 (62.32 l/s) nolu sondaj kuyularında karstik akiferden yüksek debiler elde edilmiştir. Bu sonuçlarda çalışma alanındaki karstik akiferin yeraltısuyu rezervi olarak önemini ortaya koymaktadır.

4.5.4. Akiferler ve Hidrojeolojik Parametreleri

Yukarıda tanımlanan akiferlerin ekonomik kullanımına yönelik hidrolojik parametrelerinin hesaplanabilmesi için ortamı temsil eden kuyular seçilmiştir. Bu kuyuların açıldıkları tarihlerde yapılan pompaj deney sonuçları Köy Hizmetleri ve DSİ'den alınmıştır.

Hidrojeolojik parametrelerin belirlenmesinde, gözenekli akiferde, izotrop şartlarda, sabit debili pompaj için akiferin sonsuza kadar uzandığı ve kuyunun tüm akifer kalınlığını kesitiği kabul edilerek, Theis (1935), Cooper-Jacob (Zaman-Düşüm) ve Neuman (1975) yöntemleri kullanılmıştır (Theis, 1935; Cooper ve Jacob, 1946; Neuman, 1975). Sadece karstik akiferde açılmış birkaç tane sondaj kuyusuna ait pompaj deney sonuçları ilgili kurumlardan elde edilememiştir. Hem karstik akifer ve hemde gözenekli akiferde açılmış sondaj kuyuların, üretim debileri ve gözenekli akifer kalınlığı dikkate alınarak, pompaj deneylerinin sadece karstik akiferde yapıldığı kabul edilmiştir. Karstik akiferde, akiferin anizotrop ve homojen olduğu, sabit kalınlıkta yatay olarak sonsuza kadar uzandığı, blok ve fissürler arasındaki akış için Darcy kuralının geçerli olduğu, blok-çatlak ara yüzeyine dik bloklarda akışın olduğu varsayılarak Moench (Fracture Flow) yöntemi uygulanmıştır (Moench, 1984 ve Moench 1988).

Akifer parametrelerinin Theis, Cooper-Jacob, Neuman ve Moench yöntemlerine göre belirlenmesinde hazır yazılım olan Aquifer Test Pro. 3.7 kullanılmıştır. Aquifer Test Pro. 3.7 programının uygulanmasında her bir kuyu için aşağıdaki değerler girilmiştir.

- Kuyu yarıçapı (r),
- Doygun akifer kalınlığı (b),
- Statik su seviyesi kotu,
- Statik su seviyesinin yüzeyden derinliği,
- Kuyu ağız kotu,
- Kuyunun koordinatları,
- Üretim debisi,
- Zaman - düşüm değerleri,

Gözenekli akifer için Theis, Cooper-Jacob ve Neuman yöntemleri, karstik akifer için Moench yöntemi kullanılarak akifer karakteristikleri (K, T, S) belirlenmiştir (Çizelge 4.23.). Gözenekli akifer için kullanılan Theis, Cooper-Jacob ve Neuman yöntemlerinin sonuçları karşılaştırılarak, Theis yönteminde özgül verim (S) değerinin de hesaplanabilmesi dikkate alınarak bu yöntem ile bulunan sonuçların kullanılmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Yeraltısuyu akım modellemesi çalışmalarında gözenekli akifer için Theis yöntemi, karstik akifer için Moench yöntemi kullanılarak hesaplanan akifer parametreleri kullanılacaktır.

Çizelge 4.23. Akiferlerin hidrojeolojik parametreleri

| KUYU ADI | LİTOLOJİ | THEIS YÖNTEMİ | | | JACOB YÖNTEMİ | | NEUMAN YÖNTEMİ | |
|------------|------------|----------------|------------------------|----------|---------------|------------------------|----------------|------------------------|
| | | K (m/sn) | T (m ² /sn) | S (%) | K (m/sn) | T (m ² /sn) | K (m/sn) | T (m ² /sn) |
| DSİ- 3861 | Gç1-Gy | 3.64 E-7 | 7.22 E-5 | 2.81 E-1 | 3.78 E-7 | 7.52 E-5 | 1.84 E-7 | 3.65 E-5 |
| DSİ- 22236 | Gç1-Ga | 1.18 E-5 | 2.55 E-3 | 4,24 | 1.55 E-5 | 3.34 E-3 | 1.04 E-5 | 2.24 E-3 |
| DSİ- 27075 | Gç1-Ga | 5.61 E-6 | 7.08 E-4 | 2,95 | 8.09 E-6 | 1.02 E-3 | 2.44 E-6 | 3.08 E-4 |
| DSİ- 33139 | Gç1-Ga | 1.03 E-5 | 2.01 E-4 | 6,67 | 1.34 E-6 | 2.60 E-4 | 7.49 E-7 | 1.45 E-4 |
| DSİ- 43831 | Ga-Gy | 7.07 E-8 | 9.11 E-6 | 1.04 E-1 | 1.07 E-7 | 1.37 E-5 | 4.42 E-8 | 5.69 E-6 |
| DSİ- 54939 | Gç1-Gz2 | 1.90 E-6 | 2.88 E-4 | 1.26 E-1 | 2.73 E-6 | 4.14 E-5 | 1.03 E-6 | 1.56 E-4 |
| KH- 9 | Gç1-Ga | 6.47 E-6 | 2.46 E-4 | 8.16 E-1 | 6.82 E-6 | 2.59 E-4 | 4.25 E-6 | 1.62 E-4 |
| KH- 11 | Gç1-Ga | 5.60 E-7 | 6.21 E-5 | 3.74 E-1 | 7.30 E-7 | 8.10 E-5 | 3.73 E-7 | 4.14 E-5 |
| KH- 17 | Gç1-Ga | 8.45 E-7 | 3.55 E-5 | 4.28 E-1 | 1.11 E-6 | 4.68 E-5 | 8.22 E-7 | 3.45 E-5 |
| KUYU ADI | LİTOLOJİ | MOENCH YÖNTEMİ | | | | | | |
| | | K (m/sn) | T (m ² /sn) | S (%) | | | | |
| DSİ- 22237 | Gç1-Gy-Gç2 | 6,15E-02 | 6,16E+00 | 5.34 E-2 | | | | |
| DSİ- 22238 | Gç1-Gy-Gç2 | 3,93E-06 | 8,44E-04 | 5.06 E-3 | | | | |
| DSİ- 22239 | Gç1-Gç2 | 1,83E-04 | 4,96E-03 | 2.78 E-2 | | | | |
| DSİ- 25337 | Gç1-Gy-Gç2 | 1,41E-04 | 2,03E-02 | 4.86 E-2 | | | | |
| DSİ- 25338 | Gç1-Gç2 | 7,00E-05 | 3,07E-03 | 1.68 E-2 | | | | |
| DSİ- 25339 | Gç1-Gç2 | 3,00E-04 | 8,39E-03 | 3.82 E-1 | | | | |
| DSİ- 25340 | Gç1-Gç2 | 2,83E-03 | 8,86E-02 | 6.39 E-2 | | | | |
| DSİ- 33140 | Gç1-Ga-Gç2 | 4,29E-06 | 9,07E-04 | 1.37 E-3 | | | | |
| DSİ- 46387 | Gç1-Ga-Gç2 | 3,46E-05 | 5,19E-03 | 4.50 E-2 | | | | |
| DSİ- 47635 | Gç1-Ga-Gç2 | 1,61E-05 | 8,98E-04 | 2.58 E-3 | | | | |
| DSİ- 50845 | Gç1-Ga-Gç2 | 4,48E-05 | 6,64E-03 | 1.00 E-3 | | | | |

Gç1: Geçirimli Birim

Gy : Yarı Geçirimli Birim

Gz2 : Geçirimsiz Birim

Gç2: Geçirimli Birim

Ga : Az Geçirimli Birim

Çalışma alanı kuzeydoğusunda yer alan yüksek topoğrafya ya sahip bölgede alüvyon ve konglomerada açılmış kuyular bulunmaktadır. Bu kuyular alüvyon içerisinde bulunan 5-10 m kalınlığındaki kil tabakalarından dolayı 3-10 l/s arasında değişen debi değerlerine sahiptir. Bu bölgede yer alan 3861. KH-11 ve KH-9 nolu kuyuların permeabilite katsayısı 3.64×10^{-7} - 6.47×10^{-6} m/s, transmisibilite katsayısı 6.21×10^{-5} - 2.46×10^{-4} m²/s, depolama katsayısı % 2.81×10^{-1} - 8.16×10^{-1} arasında bulunmuştur. 3861 nolu kuyuda kil kalınlığındaki artışa bağlı olarak, permeabilite katsayısı $3.64 \times$

10^{-7} m/s, transmisibilite katsayısı 7.22×10^{-5} m²/s, depolama katsayısı % 2.81×10^{-1} bulunmuştur.

Serpantin ve ofiyolitik melanj kalınlığının 125 m ulaştığı toplam 151.5 m derinliğindeki 54939 nolu kuyuda permeabilite katsayısı 1.90×10^{-6} m/s, transmisibilite katsayısı 2.88×10^{-4} m²/s, depolama katsayısı % 1.26×10^{-1} olarak bulunmuştur.

Çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Hoyran bölgesinde özellikle kireçtaşlarından su alınan kuyularda yüksek debi değerleri elde edilmiştir. 22237, 22238, 22239, 25337, 25338, 25339 ve 25340 nolu kuyularda permeabilite katsayısı 3.93×10^{-6} – 6.15×10^{-2} m/s, transmisibilite katsayısı 8.44×10^{-4} – 6.16×10^{-2} m²/s, depolama katsayısı % 5.06×10^{-3} – 3.82×10^{-1} arasında bulunmuştur. 25340 nolu kuyuda kesilen kireçtaşının karstik özelliklerine bağlı olarak permeabilite katsayısı 2.83×10^{-3} m/s, transmisibilite katsayısı 8.86×10^{-2} m²/s, depolama katsayısı % 6.39×10^{-2} bulunmuştur. 25339 nolu kuyuda kesilen kireçtaşı kalınlığının artışına bağlı olarak permeabilite katsayısı 3.00×10^{-4} m/s, transmisibilite katsayısı 8.39×10^{-3} m²/s, depolama katsayısı % 3.82×10^{-1} olarak tespit edilmiştir. 22236 nolu kuyuda kalın konglomera seviyelerinden dolayı permeabilite katsayısı 1.18×10^{-5} m/s, transmisibilite katsayısı 2.55×10^{-3} m²/s, depolama katsayısı % 4.24 olarak hesaplanmıştır

Tokmacık-Çaltı bölgesinde bulunan kuyularda alüvyon, marn ve kireçtaşı birimleri kesilmiştir. 33140, 46387 ve 47635 nolu kuyularda çatlak ve kırıklı karstik karakterdeki kireçtaşı biriminden su alınmıştır. Bu kuyularda permeabilite katsayısı 4.29×10^{-6} – 3.46×10^{-5} m/s, transmisibilite katsayısı 8.98×10^{-4} – 5.19×10^{-3} m²/s, depolama katsayısı % 1.37×10^{-3} – 4.50×10^{-2} arasında değişmektedir. 43831 nolu kuyuda su alınan çakıl seviyelerinin kil düzeyleri ile ardalanmalı bulunmasından dolayı permeabilite katsayısı 7.07×10^{-8} m/s, transmisibilite katsayısı 9.11×10^{-6} m²/s, depolama katsayısı % 1.04×10^{-1} , 27075 nolu kuyuda ise killi kireçtaşı seviyelerinden su alınmış ve permeabilite katsayısı 5.61×10^{-6} m/s, transmisibilite katsayısı 7.08×10^{-4} m²/s, depolama katsayısı % 2.95'tir. 33139 nolu kuyuda artan kireçtaşı kalınlığının artışı ve çakıl seviyelerinin kesilmesinden dolayı permeabilite

katsayısı 1.03×10^{-5} m/s, transmisibilite katsayısı 2.01×10^{-4} m²/s, depolama katsayısı % 6.67 gibi bölge için yüksek değerler elde edilmiştir.

Sonuç olarak, kuyu hidroliği hesaplamalarında sadece gözenekli akiferde açılan kuyularda permeabilite katsayısı 7.07×10^{-8} – 1.18×10^{-5} m/s, transmisibilite katsayısı 9.11×10^{-6} – 2.55×10^{-3} m²/s ve depolama katsayısı % 1.04×10^{-1} –6.67 arasında değişmektedir. Gözenekli akifer altındaki karstik akiferin kesildiği bölgelerde permeabilite katsayısı 3.93×10^{-6} – 6.15×10^{-2} m/s, transmisibilite katsayısı 8.44×10^{-4} – 6.16 m²/s ve depolama katsayısı % 1.0×10^{-3} – 3.82×10^{-1} değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir. Gözenekli ve karstik akifer için belirlenen akifer karakteristikleri, çalışmanın bir sonraki aşamasını oluşturan yeraltısuyu akım modellemesinde kullanılacak hidrojeolojik parametrelerden biridir.

4.5.5 Yeraltısuyu Dinamiği

Yeraltısuyu dinamiğine açıklık getirmek amacıyla yeraltısuyu seviye haritaları hazırlanmıştır (Ek 13). DSİ ve Köy Hizmetleri tarafından araştırma ve işletme amaçlı açılan sondaj kuyularının bazılarında, dalgıç pompa bulunmasından dolayı statik su seviyeleri ölçülemediği. Çalışma alanında alüvyon akiferleri temsil eden yaklaşık 60 adet kuyu seçilmiştir. Mayıs ve Ekim 2002 dönemlerinde seviye ölçümleri yapılmıştır.

Mayıs 2002 ve Ekim 2002 dönemleri için hazırlanan yeraltısuyu seviye haritalarında, eş seviye eğrilerinin sıklık ve seyreklikleri farklı hidrojeolojik ortamları yansıtmaktadır.

Yalvaç bölgesinde düzenli sıklıkta bulunan yeraltısuyu seviye eğrilerine göre bu bölgedeki hidrolik eğim 0.005-0.013 arasında değişmektedir. Tokmacık doğusu ile Çaltı ve Yenice köyleri güneyinde kalan bölgede yeraltısuyu seviye eğrileri oldukça sıklaşmaktadır. Bu bölgedeki hidrolik eğim Çaltı güneyinde 0.025-0.036, Köke güneyinde 0.021-0.035, Tokmacık doğusunda 0.004-0.028 arasında değerler almaktadır. Kurusarı ve Akçaşar köyleri güneyinde yer alan bölgede ise yeraltısuyu seviye eğrileri güneye doğru seyrekleşmekte ve hidrolik eğim 0.004-0.007 arasında

tespit edilmiştir. Gelendost ve Yenice bölgesinde batıya Eğirdir Gölü'ne doğru yeraltısuyu seviye eğrileri seyrekleşmektedir. Hidrolik eğim Gelendost ovasında 0.004-0.090, Yenice bölgesinde ise 0.005-0.019 değerleri arasında bulunmuştur. Hoyran Bölgesinde doğudan batıya Eğirdir Gölü'ne doğru yeraltısuyu seviye eğrileri seyrekleşmekle birlikte hidrolik eğim 0.003-0.011 arasında değişmektedir.

Yalvaç Ovası'nda yeraltısuyu akım yönü, güneybatı yönünde Gelendost Ovası'na doğrudur. Tokmacık-Çaltı Ovası'nda yeraltısuyu akım yönü, Kurusarı güneyinde güneybatı, Akçaşar doğusunda güneydoğu, Tokmacık doğusunda doğu yönündedir. Tokmacık-Çaltı Ovası'ndaki hakim yeraltısuyu akım yönü topoğrafyaya uygun olarak Eğirler ve Madenli'ye, Çaltı güneyinde ise güney-güneybatı yönünde ve Hoyran Ovası'nda ovanın batı sınırını oluşturan Eğirdir Gölü'ne doğrudur.

Mayıs ve Ekim 2002 yeraltısuyu seviye haritalarına göre, alüvyon ortamda yersel olarak farklı yeraltısuyu akım yönleri olmasına karşın genel olarak çalışma alanındaki akım yönü güneybatı-batı yönünde Eğirdir Gölü'ne doğru olduğu görülmektedir. Yeraltısuyu beslenimi kuzey-kuzeydoğudan, boşalımı ise Eğirdir Gölü'ne olmaktadır.

Bölgedeki akiferlerin yeraltısuyu beslenimi genellikle yağıştan ve yüzeysel akıştan süzülme ile olmaktadır. Ovalar dar birer alüvyon şeridi halindedir. Alüvyon genellikle killi olduğundan gerek yağıştan ve gerekse yüzeysel akıştan süzülme azdır. Çalışma alanını kuzeyinde ve doğusunda yer alan metamorfik Sultandede Formasyonu, gerek yüksek topoğrafyası ve gerekse düşük geçirgenlik özelliği ile drenaj ağlarının gelişmesine imkan tanımıştır. Bu bakımdan ovalardaki beslenim daha çok kireçtaşlarından olmaktadır. Bu kireçtaşlarından süzülen suların önemli bir miktarı, yine bu kireçtaşlarından çıkan kaynaklarla boşalmaktadır.

4.5.5.1. Yeraltısuyu Seviye Değişimleri

Mayıs ve Ekim 2002 dönemleri için hazırlanan yeraltısuyu seviye haritalarından yararlanılarak bu iki dönem verileri kullanılarak seviye değişim haritası hazırlanmıştır (Ek 14). Hoyran Ovası'nda yeraltısuyu seviye değişimleri Kumdanlı

batısında 1.25-1.50 m arasında iken, Kumdanlı güneyinde Hoyran Ofiyoliti'nin (Gz2) yüzeylenmesine bağlı olarak 1.50-1.75 m'ye artış göstermekte, Eğirdir Gölü'ne doğru tekrar 1.25-1.50 m değerine ulaşarak, göl kıyısında 1.0-1.25 m aralığında değişim göstermektedir. Yalvaç Ovası'ndaki yeraltısuyu seviye değişimi Sücüllü güneyinde ve Yağcılar-Hüyükli civarında üretim kuyularının azlığı sebebiyle 0.5-0.75 m aralığında iken, Yalvaç kuzeyinde önce 0.75-1.0 m aralığında sonrada tarım alanlarının yoğunluğuna ve üretim miktarına bağlı olarak 1.0-1.25 m aralığında değişim göstermektedir. Tokmacık-Çaltı Ovası'ndaki yeraltısuyu seviye değişimi ovanın batı kenarlarında 1.50-1.75 m aralığında değişirken, topoğrafyadaki eğime bağlı olarak azalmakta ve ovanın doğusunda 0.5-0.75 m aralığına hatta bölgesel olarak <0.5m değerler almaktadır. Burada ovanın doğu kesimindeki tarım alanlarına Eğirdir Gölü'nden sulama suyu verilmesine bağlı olarak yeraltısuyu kullanımındaki azalma önemli rol oynamaktadır. Gelendost Ovası'ndaki yeraltısuyu seviye değişimi 0.5-0.75 m aralığında değişmekle birlikte, Köke güneyinde tarım alanlarının yoğunluğuna bağlı olarak artan üretim değerleri sonucu 1.75-2.00 m aralığında değişirken güney gidildikçe azalarak Avşar-Yenice arasında 0.5-0.75 m aralığında değişmektedir. Gelendost güneyinde tarım alanlarına bağlı olarak artan üretim debileri sonucunda 0.75-1.0 m aralığında, hatta Yakaköy batısında dar bir alanda 1.0-1.25 m aralığında değer elde edilmektedir.

Tokmacık-Çaltı Ovası'nda doğudan batıya doğru, Gelendost Ovası'nda ise Köke'ye doğru ovalık alandan, daha sarp topoğrafyanın egemen olduğu dağlık kesime gidildikçe yeraltısuyu seviye değişimleri dikkati çekmektedir. Bu seviye değişiminin sebebi, efektif boşluk hacminin azalmasından dolayı aynı miktardaki yeraltısuyunun daha fazla seviye değişimine neden olmasıdır.

4.5.5.2. Yeraltısuyu Üretim Debileri

Çalışma alanında DSİ ve Köy Hizmetleri tarafından açılmış sondaj kuyularının sadece üretim debileri dikkate alınarak üretim debisi haritası hazırlanmıştır (Ek 15). Çalışma alanı kuzey ve doğusunda kalan yüksek rakımlı hidrolik eğimin yüksek olduğu bölgelerde açılmış sondaj kuyularındaki debi değerleri düşüktür. Çamharman KH-12 kuyusunda 7.0 l/s, Ayvalı KH-11 kuyusunda 3.0 l/s, Mısırlı KH-10

kuyusunda 5.0 l/s, 43831 kuyusunda 1.0 l/s, Yalvaç 3861 kuyusunda 3.6 l/s, Altıkapı KH-1 kuyusunda 4.0 l/s, Bağkonak 38557 kuyusunda 3.0 l/s debi değerleri elde edilmiştir. Neojen çökellerinin ortak özelliklerinin marn, kil ve kiltası bölümlerinden dolayı düşük debili olduklarını söylemek mümkündür.

Gelendost Ovası'nda 3860/A kuyusunda 17.3 l/s, 3860/B kuyusunda 13.5 l/s, 4231/A kuyusunda 25.3 l/s, 17235/A ve 17235/B kuyularında 25.0 l/s, KH-21 kuyusunda 16.0 l/s üretim değerlerine ulaşılmıştır. Gelendost ovasında tabandaki karstik kireçtaşıdan elde edilen debi değerlerinin, alüvyon akiferdeki çakıl ve kum bölümlerinden elde edilen debi değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Hoyran, Tokmacık-Çaltı ve Gelendost ovalarında bulunan sondaj kuyularında ise daha yüksek debi değerleri elde edilmiştir. Hoyran Ovası'ndaki sondaj kuyularındaki debi değerleri 22235 kuyusunda 60.62 l/s, 25338 kuyusunda 40.62 l/s, 22238 kuyusunda 35.32 l/s, 25339 kuyusunda 34.58 l/s 'dir. Çalışma alanındaki en yüksek debi değerleri karstik akiferi oluşturan kireçtaşlarından elde edilmektedir.

Tokmacık-Çaltı Ovasında Tokmacık doğusunda yer alan 46387 kuyusunda 63.20 l/s, 50845 kuyusunda 62.32 l/s, 33140 kuyusunda 38.35 l/s, 33139 kuyusunda 21.13 l/s, 27075 kuyusunda 31.22 l/s'lik debi değerleri çalışma alanındaki en yüksek değerler olarak dikkati çekmektedir. Özellikle Tokmacı-Çaltı ovasının batısında yer alan Payamlıçatak Tepe'yi oluşturan Hacılabaz Formasyonu'na ait karstik kireçtaşlarının boşalımının ovaya doğru olması sebebiyle, ovadaki kireçtaşlarını kesen kuyulardan yüksek debi değerleri elde edilmiştir.

Çalışma alanının doğu ve kuzeyinde Neojen birimler içerisinde açılmış sondaj kuyularının üretim değerleri düşüktür. Bunun yanında çalışma alanının batısında yer alan ovalarda hidrolik eğimin düşük olduğu alanlarda açılan sondaj kuyularındaki debileri yüksektir. Bu bölgelerde açılmış sondajların sayısının çokluğu dikkati çekmektedir. Hoyran Ovası'nda Kumdanlı ile Eğirdir Gölü arasında kalan batı bölümü, Tokmacık-Çaltı Ovasının batısı ve Gelendost Ovası'nın Köke ile Yenice köyleri arasında kalan bölge yeraltısuyu üretimi için uygun alanlar olarak ayırtlanabilir.

4.6. Yalvaç-Gelendost Havzası Yeraltısuyu Akım Modeli

Günümüzde yeraltısuyu akım modelleri, birçok hidrojeolojik probleminin çözümünde etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. Yeraltısuyu akım modelleri, hidrojeolojik yapıyı etkileyen tüm parametreleri, bu parametrelerin yapı üzerindeki etkilerini ve hidrojeolojik yapının tepkilerini tahmin etmeye ve tanımlamaya yardımcı olmaktadır.

Hidrojeolojik ortamı temsil edecek bir yeraltısuyu akım modelinin kurulmasında en önemli problemlerden birisi modelde kullanılacak parametrelerin seçimi ve tahmin edilmesi oluşturmaktadır. Yeraltısuyu akım modeli, ne kadar doğru ve ayrıntılı veri kullanılarak oluşturulursa sonuçları da o kadar gerçeğe yakın olmaktadır. Model hiçbir zaman gerçek hidrojeolojik sistemin bire bir aynısı değildir, ancak çeşitli varsayımlar ile modellenebildiği ve sistemin bir temsili olduğu unutulmamalıdır. Modelin doğruluğu kabul edilen varsayımların gerçek sistemi temsil edebilme özelliğine bağlı olarak değişmektedir.

Yeraltısuyu akım modellerinde en önemli aşamayı, kavramsal model olarak tanımlanan, model sınırlarının ve işleyişinin, yeraltısuyu akım sürecinin, bu süreçlerin mekanizmasının ve ortam parametrelerinin hidrojeolojik bilgiler ışığında tanımlanması oluşturmaktadır. Doğal ortamın geometrisinin ve jeolojik yapısının son derece karmaşık olmasından dolayı kavramsal modeller belirli varsayımlara dayanmaktadır. Bu süreçler akiferi oluşturan malzemenin homojen-heterojen ve izotrop-anizotrop yapı özelliği, tabakaların tanımlanması, tabakaların alt ve üst seviye kotlarının belirlenmesi, başlangıç hidrolik seviyeler ve sınır şartlarının tanımlanması olarak sayılabilir. Kavramsal modelin, doğal ortamı temsil etme yeteneği model başarısının temelini oluşturmaktadır.

4.6.1. Yeraltısuyu Akımının Temel Matematiksel Denklemleri

Yeraltısuyu akımının fiziksel özellikleri belirlenerek, yeraltısuyu akımının matematiksel denklemlerle tanımlanması mümkündür. Yeraltısuyu akımının temel

yasası olan Darcy Yasası'nın matematiksel ifadesi olan eşitlik, iki nokta arasındaki potansiyel fark sonucu ortaya çıkan yeraltısuyu akım miktarını ifade eden basit bir matematiksel modeldir. Darcy eşitliği aşağıdaki gibi ifade edilirse;

$$q = -K i \quad i = \frac{\partial h}{\partial x} \quad (1)$$

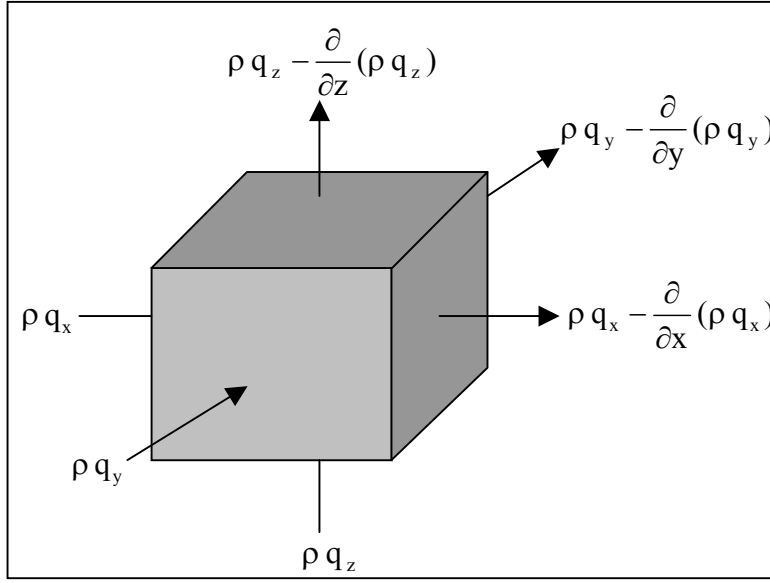
burada q darcy akımı [L/T] K hidrolik iletkenlik [L/T] katsayısını, i ise iki nokta arasındaki hidrolik eğimi[L/L] ifade eder. Darcy eşitliği ile gözenekli ortamdaki akımı meydana getiren akışkan kütleli korunumunu tanımlayan süreklilik denklemini beraber kullanıldığında, yeraltısuyu akımının kısmi diferansiyel denklemini elde edilir.

Dengeli-kararlı rejimde gözenekli ortamın birim hacmini göz önüne alarak, kütle korunumu yasasına göre, birim kontrol hacim içerisine giren su kütlesi akış oranı, birim kontrol hacimden çıkan su kütlesi akış oranına eşittir (Şekil 4.25.). Freeze ve Cherry (1979)'ye göre bu yasayı matematiksel denkleme dönüştüren süreklilik denklemini denklem 2 gibi yazılırsa;

$$-\frac{\partial(\rho q_x)}{\partial x} - \frac{\partial(\rho q_y)}{\partial y} - \frac{\partial(\rho q_z)}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

burada ρ öz kütle [M/L³], q_x , q_y ve q_z x-y ve z yönündeki darcy akımıdır. ρq , terimleri için bir boyut analizi yapılacak olursa, bunların boyutunun birim kontrol hacimdeki birim kesit alanı boyunca akış kütle oranının boyutu olduğu görülür. Eğer akışkan sıkışmaz kabul edilirse $\rho(x, y, z) = \text{sabit}$ olur ve Denklem 2'deki ρ terimleri iptal edilir. Akışkan sıkışabilir kabul edildiğinde $\rho(x, y, z) \neq \text{sabit}$ değildir ve denklem 2 aşağıdaki şekli alır.

$$-\left(q_x \frac{\partial \rho}{\partial x} + \rho \frac{\partial q_x}{\partial x} + q_y \frac{\partial \rho}{\partial y} + \rho \frac{\partial q_y}{\partial y} + q_z \frac{\partial \rho}{\partial z} + \rho \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) = 0 \quad (3)$$



Şekil 4.25. Gözenekli ortamdaki akış için birim kontrol hacmi (Freeze ve Cherry, 1979)

Denklem 3'deki akımdaki değişimi ifade eden $\partial q_x / \partial x$ 'in, suyun öz kütleindeki sıkışmadan dolayı olan değişimi ifade eden $\partial \ell / \partial x$ teriminden çok daha büyük olduğu açıktır. Bundan dolayı her iki durumda da denklem 2 aşağıdaki şekle dönüşür (Freeze ve Cherry, 1979).

$$-\frac{\partial q_x}{x} - \frac{\partial q_y}{y} - \frac{\partial q_z}{z} = 0 \quad (4)$$

Denklem 4'deki q_x , q_y ve q_z yerine denklem 1'deki Darcy yasası yerine konulursa, anizotrop ve doymuş gözenekli ortamdaki dengeli akış denklemi elde edilir (Freeze ve Cherry, 1979).

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \quad (6)$$

Denklem 5'in çözümü, üç boyutlu bir akış alanında herhangi bir noktadaki hidrolik yükün değerini tanımlayan $h(x, y, z)$ 'nin bir fonksiyonudur. Denklem 5'in çözümüyle h değerleri elde edilir ve bu değerler kullanılarak eşpotansiyel eğrilerini elde edebiliriz. Bunlara akım çizgileri eklemek suretiyle de akım ağı oluşur (Freeze ve Cherry, 1979).

Freeze ve Cherry (1979)'e göre doygun gözenekli ortamda dengesiz-kararsız rejimdeki akışta kütlenin korunumu yasasına göre, birim kontrol hacmine giren akışkan kütlesi akışının net miktarı, akışkan kütlesi depolanmasındaki değişimin zamansal miktarıdır. Süreklilik denklemi baz alınarak,

$$-\frac{\partial(\rho q_x)}{\partial x} - \frac{\partial(\rho q_y)}{\partial y} - \frac{\partial(\rho q_z)}{\partial z} = \frac{\partial(\rho n)}{\partial t} \quad (6)$$

şeklini alır ve eşitliğin sağ tarafı açılacak olursa,

$$-\frac{\partial(\rho q_x)}{\partial x} - \frac{\partial(\rho q_y)}{\partial y} - \frac{\partial(\rho q_z)}{\partial z} = n \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \frac{\partial n}{\partial t} \quad (7)$$

denklem 7'in sağ tarafındaki ilk terim, suyun genişmesi ile üretilen suyun kütle oranı, ikinci terim ise, gözenekli ortamın sıkışması ile üretilen suyun kütle oranını ifade eder. Birinci terim akışkanın sıkışabilirliği tarafından; ikinci terimde akiferin sıkışabilirliği tarafından kontrol edilir. ρ 'daki değişim ve n 'deki değişimin ikisinin de hidrolik yük h 'deki değişim ile meydana gelmektedir. Yükteki birim azalım için bu iki mekanizma ile üretilen suyun hacminin birim akifer hacmine oranına özgül verim dendiğini ve S_s ile gösterildiğine göre, üretilen suyun kütle oranı $\rho S_s \partial h / \partial t$ olur ve böylece denklem 7 şu şekle dönüşür (Freeze ve Cherry, 1979).

$$-\frac{\partial(\rho q_x)}{\partial x} - \frac{\partial(\rho q_y)}{\partial y} - \frac{\partial(\rho q_z)}{\partial z} = \rho S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (8)$$

Sol taraftaki terimleri açarak ve $\rho \partial q_x / \partial x$ formundaki terimlerinin $q_x \partial \rho / \partial x$ formundaki terimlerden çok büyük olduğunu bildiğimizden eşitliğin iki tarafındaki ρ terimleri devre dışı kalır. Darcy yasasını yerine konursa, denklem 9 elde edilir.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (9)$$

Bu denklem, doymun anizotrop gözenekli ortamdaki dengesiz akışı ifade eder.

Bu denklemde S_s özgül depolama katsayısıdır. $h(x, y, z)$ çözümü akış alanında yatay düzlem üzerinde herhangi bir noktada herhangi bir zamandaki hidrolik yük değerini verir. Çözüm için akifer parametreleri S_s ve K 'nın bilinmesi gerekir (Freeze ve Cherry, 1979).

4.6.2. Yeraltısu Akımı Kısmi Diferansiyel Denkleminin Sonlu Farklar Yöntemiyle Sayısal Çözümü

Bir yeraltısu akım ağının oluşturulmasını sağlayan hidrolik yük alanı $[h(x,y)]$ dengeli rejim sınır değeri probleminden matematiksel olarak iki şekilde oluşturulabilir. Birinci yaklaşım analitik çözümleri, ikinci yaklaşım ise sayısal yöntemleri kullanır. Freeze ve Cherry, (1979)'e göre analitik yöntemler akış bölgesi, sınır şartları ve jeolojik özelliklerin basit ve düzenli olduğu akış problemleri ile sınırlıdır ve sayısal yöntemlerden çok daha kullanışlıdır. Doğadaki jeolojik yapı heterojen ve çok karmaşık olduğu için analitik çözüm imkansızlaşır. Bunun yerine Denklem 5'deki eşitlik sayısal yöntemlerle çözülmek zorundadır.

Sayısal yöntemler sonuçları yaklaşık olarak vermektedir. Akış bölgesini oluşturan jeolojik birimlerin bölünmesi esasına dayanır. Bölünme işleminde bölge sınırlı sayıda bloklara bölünür. Blokların her birini kendine özgü hidrojeolojik özellikleri vardır. Bu bloklar kendi içinde homojen kabul edildiğinden hidrolik iletkenlik gibi parametreler tüm blok içinde sabit olarak kabul edilir (Freeze ve Cherry, 1979).

İki boyutlu sistemde sonlu farklar yönteminde iç kısımda bulunan bloklardan birindeki yeraltısuyu akımı iki boyutlu sistemde bu bloğun etrafındaki diğer komşu dört blok arasında gerçekleşirken çaprazındaki diğer bloklar ile iletişim kurulmaz. Dengeli akışta, homojen ve izotrop bir akiferde herhangi bir bloğun ortasında yer alan düğümün hidrolik yükü, o düğümü çevreleyen dört düğümdeki hidrolik yüklerin değerinin ortalamasıdır. Düğüm ağı içindeki her düğüm için bir sonlu farklar denklemi geliştirilir. N sayıda düğüm varsa N sayıda sonlu farklar denklemi olacaktır. N sayıdaki düğümde h değerleri belli olmadığından N sayıda bilinmeyen vardır. Bu nedenle de N sayıdaki bilinmeyen için N sayıda doğrusal, sayısal denklem geliştirilir. Bu lineer denklem sistemi çeşitli matris çözüm metotlarıyla çözülür (Freeze ve Cherry, 1979).

4.6.3. MODFLOW

Üç boyutlu sonlu farklar yeraltısuyu akım modeli olan MODFLOW-88 McDonald ve Harbaugh (1988) veya MODFLOW-96 Harbaugh ve McDonald (1996) tarafından geliştirilmiş ve şu anda en çok kullanılan ve güvenilir yeraltısuyu akım modellerinden biridir. MODFLOW olarak bilinen bu model, U.S. Geological Survey tarafından geliştirilmiştir. Yeraltısuyu sistemlerinin davranışını tahmin eden ve tanımlayan MODFLOW U.S. Geological Survey'in modüler üç-boyutlu sonlu farklar yeraltısuyu modeli olup son yıllarda artan kullanımına paralel olarak önemini giderek artırmıştır. MODFLOW yeraltısuyu akımı kısmi diferansiyel denklemlerini sonlu farklar yöntemiyle çözen FORTRAN dilinde yazılmış bir programdır. Windows işletim sistemi altında çalışacak şekilde düşünülen

MODFLOW modüler yapıda olup, yeraltısuyu sisteminin her bir özelliği, ayrı bir paket olarak yazılıp ana koda eklenmiştir. MODFLOW'un ilk yayınından itibaren yeni kodlar araştırmacılar tarafından geliştirilmiş ve MODFLOW'a yeni paket olarak eklenmiştir. Paket olarak adlandırılan bu kodlar, bazen basit birer alt program modüldür. Kuyular, yağış ve nehir paketleri MODFLOW'un orijinal paketlerinden bazılarıdır. Daha sonra rezervuar paketi, göl paketi gibi başka araştırmacılar tarafından MODFLOW'a eklenmiştir. Her bir paket benzetilebilen hidrolojik sistemin belirli bir özelliği ile ilgilenir. Tek başına model veya programlar data

dosyaları aracılığıyla MODFLOW ile bağlantı kurarlar. Advectif taşınım modeli PMPATH (Chiang and Kinzelbach, 1994, 1998), madde taşınım modeli MT3D (Zheng, 1990), MT3DMS (Zheng and Wang, 1998) ve parametre tahimin programları PEST (Doherty et al., 1994) ve UCODE (Poeter and Hill, 1998) bu yaklaşımda kullanılır. Kirlilik taşınım modeli MOC3D (Konikow et al., 1996) ve ters model MODFLOW (Hill, 1992), MODFLOW ile entegre edilmiştir. Her iki kodda, hesaplanmış akım alanları için bir fonksiyon gibi MODFLOW'u kullanır.

4.6.4. PMWIN Paket Programının Genel Özellikleri

Yeraltısuyu akım modellemesinde kullanılan pek çok yazılım programı bulunmakla birlikte Visual MODFLOW 3.0 ve Processing Modflow for Windows (PMWIN) 5.0. yazılım programlarından PMWIN programı tercih edilmiştir. PMWIN yazılım programı ayrıntılı verilere ihtiyaç duymaması ve kullanım kolaylığı sunmasından dolayı tercih edilmiştir. Visual MODFLOW programı, daha görsel olması, istenen satır ve sütun boyunca (yatay veya düşey) kesit alınmasına imkan tanıyarak tabaka sürekliliklerinin kontrolüne sağlamaktadır. Bu özelliğinden dolayı başlangıçta çalışma alanının üç boyutlu model geometrisinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Tabakalara ait alt ve üst seviye kotları Visual Modflow'da oluşturulduktan ve kontrolü tamamlandıktan sonra kot değerleri PMWIN programına aktarılmıştır.

Windows için Processing Modflow (PMWIN), otomatik kalibrasyon için PEST ve ters modeller için UCODE, Windows için partikül izleme modeli PMPATH, çözülmüş madde taşınım modelleri MT3D, MT3DMS ve MOC3D, üç boyutlu (3D) sonlu farklar yeraltısuyu akım modellemesi MODFLOW-88 ve MODFLOW-96, profesyonel bir ön ve son işlemci ile tamamen uyumlu olarak çalıştıran Windows tabanlı bir paket programdır.

4.6.5. Yalvaç-Gelendost Havzası Yeraltısuyu Akımının PMWIN Programı Kullanılarak Modellenmesi

Yalvaç-Gelendost havzasında yeraltısuyu akışının ve potansiyelinin belirlenmesi amacıyla PMWIN (Processing Modflow) programı kullanılarak yeraltısuyu akış

modellemesi yapılmıştır. Hidroloji bölümünde çalışma alanı için yapılan uzun zaman yağış verileri değerlendirilerek 2000 yılına ait verilerin uzun zaman ortalamalarına yakın değerler taşıdığı ve kararlı akımı temsil edeceği düşünülmüştür. Bu nedenle MODFLOW için gerekli en önemli girdi olan yeraltısuyu beslenme miktarı ve gözlem kuyularındaki ölçümler, kaynaklardaki debi ölçümleri ve yeraltısuyu kullanım miktarları için 2000 yılı verileri kullanılmıştır. Jeolojik ve hidrojeolojik yapıya bağlı olarak sınır koşulları ve hidrojeolojik parametreler belirlendikten sonra, PMWIN programında grid ağları oluşturulmuş, tabaka tipleri ve konumları ile diğer model parametreleri girilmiştir. 2000 yılında DSİ tarafından model alanındaki yeraltısuyu seviye ölçümleri kullanılarak modelin kalibrasyonu yapılmış ve modelin hidrolik parametrelere karşı davranışı ve duyarlılığı belirlenmiştir.

Çözüm Yöntemi: MODFLOW her hücre için bir sonlu farklar denklemi hazırlar ve sonlu farklar grid ağlarındaki her hücredeki seviyeler ayrı ayrı hesaplanır. Eşzamanlı sonlu farklar lineer denklem sistemi matris yazılımı ile ifade edilir. PMWIN eş zamanlı lineer denklem sistemlerinin çözümü için dört farklı paketi kullanılabilmektedir. Bu dört paket sırası ile

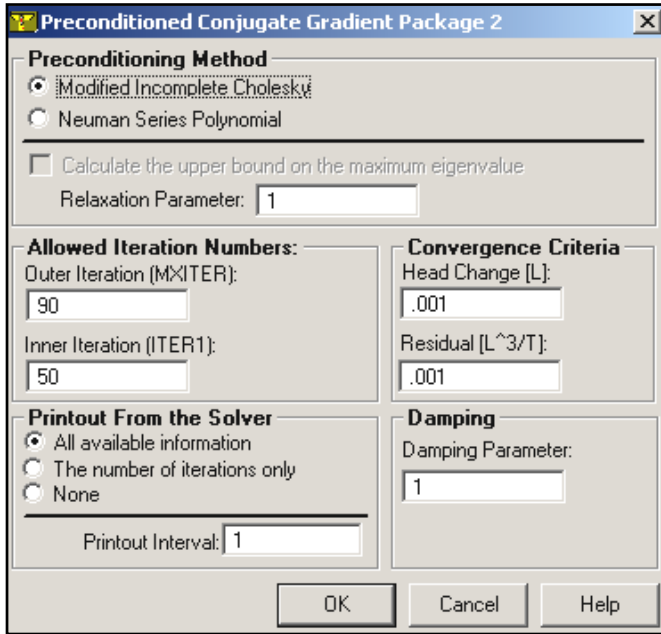
Direct Solution (DE45) package,

Preconditioned Conjugate-Gradient 2 (PCG2) package.

Strongly Implicit Procedure (SIP) package,

Slice-Successive Overrelaxation(SSOR) package.

Yeraltısuyu modellemesi sırasında PMWIN tarafından desteklenen PCG2 çözüm paketi kullanılmıştır. PCG2 çözüm paketi için gerekli olan ve modelde kullanılan parametreler Şekil 4.26.'daki Ön Koşullanma Eşlenik Gradyan Paketi 2 diyalog kutusunda belirtilmiştir. Bu parametreler aşağıda tanımlanmıştır.



Şekil 4.26. Koşullanma Eşlenik Gradyan Paketi 2 diyalog kutusu

Ön Koşullanma Metodu: PCG2 paketi iki ön koşullanma seçeneği sağlamaktadır. Bunlar Değiştirilmiş Tamamlanmamış Cholesky Ön Koşulu MICCG (Axelsson ve Lindskog, 1986) ve Neuman Serileri Polinom Ön Koşulu POLCG (Saad, 1985)'dur. Modelleme aşamasında Değiştirilmiş Tamamlanmamış Cholesky Ön Koşulu MICCG (Axelsson ve Lindskog, 1986) kullanılmıştır.

MICCG ile kullanılan Rahatlama Parametresi: Genellikle bu parametre 1'e eşittir. Ashcraft ve Grimes (1988)'e göre bazı problemlerde yakınsama için iterasyonların ihtiyaç duyduğu bu sayı azaltılarak 0.99, 0.98 veya 0.97 değerlerini alabilir. Modelimizde rahatlama parametresi 1 alınmıştır.

İzin Verilmiş İterasyon Sayısı: MXITER, dıştaki iterasyonların maksimum sayısıdır. Lineer bir problem için, MXITER 50 iç iterasyondan daha fazlasına ihtiyaç duyulmadıkça 1 olabilir. Nonlinear problemler için genellikle 1 ile 100 arasında değerler alabilir. Modelimizde iterasyon sayısı 90 alınmıştır.

Yakınsama Kriteri: Ardışık iki iterasyon arasındaki maksimum hidrolik seviye değişimi [L], verilen yakınsama kriterinden daha küçük olunca iterasyon durur. Modelimizde yakınsama kriterine 0.01 değeri verilmiştir.

Çözümün Bilgisayar Çıktısı: Bilgisayar çıktısı tarafından pozitif bir tamsayıya ihtiyaç duyulur. Eğer mevcut tüm bilgiler seçilirse, maksimum seviye değişimi ve negatif veya pozitif olan bilen artık değer her bir zaman aralığının iterasyonu için OUTPUT.DAT dosyasına kaydedilir. Eğer sadece iterasyonların sayısı kontrol et seçilirse, maksimum seviye değişimi ve artık değer bilgisayar çıktısı yazdırılmaz. Hiçbiri seçeneği seçilirse, çözüme ait bilgilerin hiçbiri yazdırılmaz. Modelde çözümden çıktı alma seçeneği de kullanılabilir, tüm bilgiler seçeneği işaretlenerek çıktı dosyasına yazdırılmıştır.

İndirim Parametresi: Her bir iterasyon için tüm aktif hücrelerin seviye değişim değerleri hesaplanır. Aktif hücrelere bu değerler eklenmeden önce, indirim parametresiyle çarpılır. Modelde indirim parametresi 1 olarak alınmıştır.

4.6.6. Sınır Koşulları ve Grid Ağlarının Oluşturulması

PMWIN programında akifer sistemi sınır koşulları modeli güney batısında Eğirdir Gölü sabit seviyeli hidrolik yük ve diğer sınırların tamamı ise akım olmayan (sıfır akım) sınır koşulları olarak modellenmiştir. Yeraltısuyu akım denklemi yalnızca aktif olarak modellenen akifer sistemi için kullanılmaktadır. Sabit seviye hidrolik yük olarak modellenen Eğirdir Gölü ise, akifer sistemindeki aktif bölgenin su seviyelerine bağlı olarak akiferden beslenen veya akiferi besleyen bir alan olarak tanımlanmıştır. Beslenme havzası sınırları dışındaki hücreler aktif olmayan hücreler olarak isimlendirilmekte ve yeraltısuyu akım denklemine katılmamaktadır.

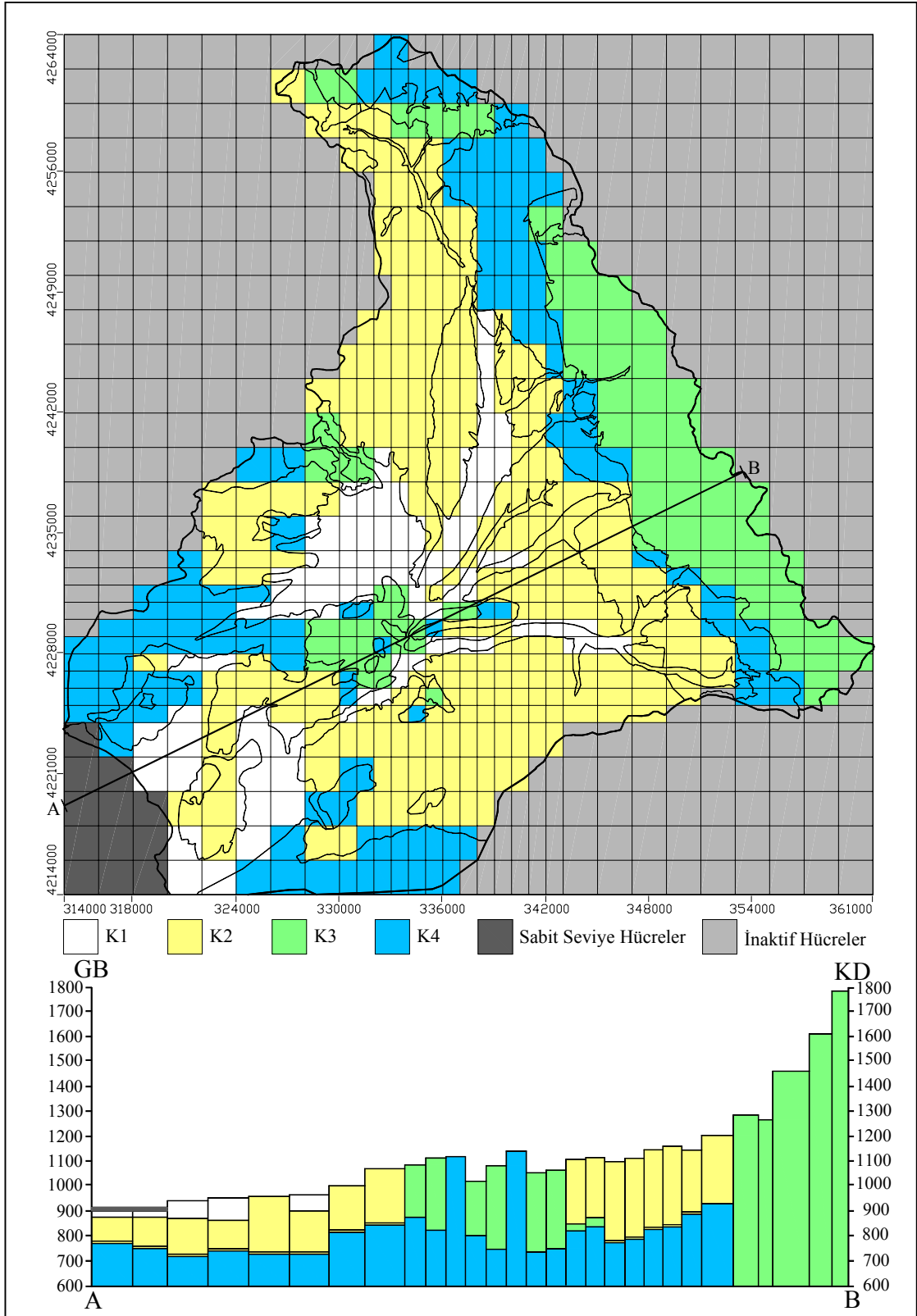
MODFLOW akım modelinde IBOUND düzeni olarak isimlendirilen sınır şartlarının girilmesi gerekmektedir. IBOUND düzeninde her bir model ve modeldeki her bir hücrenin modelde sabit yük, aktif veya aktif olmayan hücre olduğunu belirten kodları içinde bulunduran bir matris vardır. IBOUND düzeninde aktif hücreler pozitif bir değer, sabit seviye hücreler negatif bir değer, akışın olmadığı inaktif hücreler ise sıfır

(0) değeri ile tanımlanmaktadır. Eğer alttaki 4 nolu (K4) tabaka yüzeyde bulunuyorsa, üzerinde bulunması gereken tabakalara ait kalınlıklar çok ince (1 cm) girilmiş ve bu üç tabaka inaktif olarak modellenmiştir. Sabit seviye hücrelerin aynı benzetim içerisinde başlangıç hidrolik seviyeleri değişmemektedir. Bir akifer ne zaman göl, nehir veya bir rezervuar ile doğrudan bir hidrolik ilişki içinde olursa o zaman sabit seviye sınırlar söz konusu olmaktadır. Model alanı güney batısında yer alan Eğirdir Gölü sabit seviye sınırlara örnek olarak verilebilir. Eğirdir Gölü başlangıç seviye değeri modellemenin baz alındığı 2000 yılı için 917 m olarak alınmıştır.

Çalışma alanı 36. UTM bölgesine karşılık gelen 314000E, 4214000N (30.52.48,10E/38.03.16.73N) ve 361000E, 4264000N (31.24.20,42E/38.30.48,74N) koordinatları arasında kalan x yönünde 47 km, y yönünde 50 km olmak üzere 2350 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Modelin güney batı köşesi orijin olarak alınarak x=y=0 noktası yerine x=314000E ve y=4214000N UTM başlangıç koordinatları kabul edilerek, tüm veriler UTM koordinatları kullanılarak girilmiştir. Model alanı 1142 km²'lik alanı temsil eden inaktif hücreler çıktıktan sonra akifer sisteminin aktif model alanı 1160 km², Eğirdir Gölü sabit seviye alanı ise 48 km²'dir. Çalışma alanı sonlu farklar modeline göre değişken büyüklükte 30 x 30 olmak üzere 900 hücreden oluşan grid ağına bölünmüştür (Şekil 4.27.). Çalışma alanında jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerin çok karmaşık ve değişken olmasından dolayı farklı boyutlarda grid hücreleri kullanılmıştır. Jeolojik ve hidrojeolojik parametrelerin dar alanlarda değişim gösterdiği bölgelerde küçük hücreler, homojen dağılım gösterdiği bölgelerde büyük hücreler yerleştirilmiştir. Grid ağında kullanılan büyük hücreler (2x2) 4 km², orta büyükteki hücreler (1x2 veya 2x1) 2 km², küçük hücreler (1x1) 1 km²'dir.

4.6.7. Tabaka Tipleri ve Akifer Geometrisi

MODFLOW herhangi bir yeraltısuyu sistemini Z yönünde tabakalar halinde modellemektedir. Bu yüzden MODFLOW'da bulunan 4 temel tabaka tipinden çalışma alanımızda bulunan 3 farklı tabaka tipi kullanılarak modellenmiştir.



Şekil 4.27. Çalışma alanının sonlu farklar grid ağı ve enine kesiti

Simülasyonumuz kararlı akım (steady-state) olduğu için zamanla ilgili parametreler, depolama katsayısı ve özgül verim gibi parametrelere ihtiyaç yoktur.

Tip 0; Bu tabaka tipi, tüm simülasyon zamanı için her bir hücrenin transmisibilitesinin sabit kaldığı basınçlı akiferin simülasyonunda kullanılır. Modelimizde Tip 0 tabaka tipi kullanılmamıştır. Çünkü her bir tabaka çalışma alanımızda yüzeylemektedir.

Tip 1; Bu tabaka tipi, sadece en üstteki ilk tabaka için geçerlidir ve serbest yüzeyle akifer için uygulanır. Tabakanın transmisibilitesi, simülasyon boyunca akiferin doymuş kalınlığına bağlı olarak değişim gösterir (Kresic, 1997). Modelimizde serbest akifer olarak modellenen alüvyon (K1) birimi Tip 1 tabaka olarak modellenmiştir.

Tip 2; Bu tip tabaka, serbest yüzeyle ve basınçlı akifer tipinde olan akiferler için kullanılır. Ancak, simülasyon periyodu boyunca sabit olan transmisibilitenin tekrar hesaplanması gerekli değildir, bu yüzden tabaka kalınlığının büyük bir kısmının doymuş olduğu varsayılır. Modelimizde karstik akifer karakterindeki Hacılabaz ve Anamas formasyonları ile Babageçidi kireçtaşı (K4) Tip 2 tabaka olarak modellenmiştir.

Tip 3; Bu tip bir tabaka, basınçlı-basınçsız geçişleri içinde kullanılır. Her tekrarlama için kullanılan hidrolik iletkenlik ve yeni doymuş kalınlık tarafından tekrar hesaplanan değişen transmisibiliteye sahiptir. Bağkonak, Göksöğüt, Yarıkkaya Formasyonu (K2) ve Sultandede Formasyonu, Hoyran ofiyoliti (K3) Tip 3 tabaka olarak modellenmiştir.

Tabakalar alüvyon (K1) en üstte, onun altında Bağkonak, Göksöğüt, Yarıkkaya Formasyonu (K2) ve Sultandede formasyonu, Hoyran ofiyoliti (K3) en altta ise Hacılabaz ve Anamas formasyonları ile Babageçidi kireçtaşları (K4) yer almaktadır. Eğer tabaka K4 en üstte bulunuyorsa onun üzerinde bulunması gereken üç tabaka (K1, K2 ve K3) inaktif olarak modellenmiş ve tabaka kalınlıkları önemsenmeyecek kadar küçük (0.01 m) modellenmiştir.

Yatay anizotropi katsayısı 1, düşey anizotropi katsayısı ise parametreler seçenek listesinden düşey hidrolik iletkenlik seçilerek belirlenebilen ve tabaka için kullanılan düşey hidrolik iletkenlik VK seçilmiştir (Çizelge 4.24.).

Çizelge 4.24. Başlangıçta kullanılan tabakalara ait hidrojeolojik parametreler

| Tabaka Adı | Formasyon Adı | Tabaka Tipi | Yatay Hidrolik İletkenlik (m/g) | Düşey Hidrolik İletkenlik (m/g) |
|------------|---|-------------|---------------------------------|---------------------------------|
| K1 | Alüvyon ve Yamaç Molozu | Tip 1 | 0.5 | 0.05 |
| K2 | Bağkonak, Göksöğüt ve Yarikkaya Fm. | Tip 3 | 0.05 | 0.005 |
| K3 | Sultandede Fm. ve Hoyran Ofiyoliti | Tip 3 | 0.01 | 0.001 |
| K4 | Hacıalabaz, Anamas Fm. ve Babageçidi Kçt. | Tip 2 | 10 | 5 |

Yeraltısuyu akım modeli kurulacak akifer sistemi serbest yüzeyli akifer ve basınçlı karstik akifer özelliğindedir. Yüzeyle yer alan alüvyon ve Neojene ait tortullar serbest yüzeyli akifer, temel kayayı oluşturan kireçtaşları ise karstik basınçlı akifer özelliğindedir. Çalışma alanındaki sondaj logları, enine kesitler ve jeofizik çalışmaları dayanarak tabakalara ait tavan ve taban kotları belirlenmiştir. Modellemede kullanılan maksimum taban kotu olarak 600 m olarak alınmıştır.

4.6.8. Akiferin Hidrojeolojik Parametreleri

Başlangıç Hidrolik Seviyeler: MODFLOW'da yeraltısuyu denklemini yalnız doymuş ortam içinde geçerlidir ve doymamış ortam model tarafından inaktif hücreler ile temsil edilir. Serbest akifer koşullarında başlangıç hidrolik seviye olarak, ilgili hücreye ait topoğrafik kot değerleri verilmiştir. Kararlı akımda başlangıç hidrolik seviyeleri sadece iterasyon sayısının çokluğu veya azlığını etkilemektedir. Sabit hidrolik yük olarak tanımlanmış (IBOUND matrisindeki değeri negatif) hücrelerin başlangıç hidrolik yük seviyeleri simülasyon boyunca sabit kalacaktır.

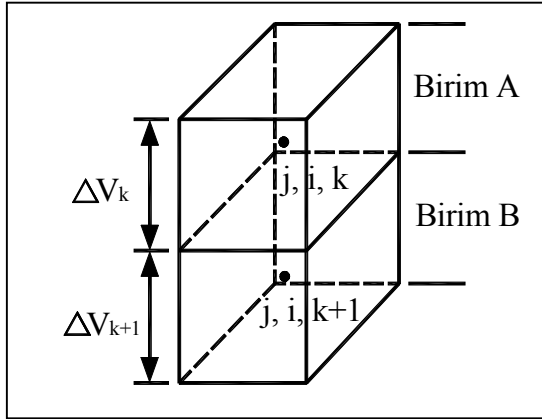
Yatay Hidrolik İletkenlik: Modellemede kullanılan 4 tabakaya ait yatay ve düşey hidrolik iletkenlik değerleri belirlenirken önemli güçlükler ile karşılaşmıştır.

Hidrojeoloji bölümünde sondaj kuyularına ait pompaj verileri değerlendirilerek akiferlerin hidrojeolojik parametreleri belirlenmiştir. Fakat bu sondajların modellemede kullanılan 4 tabakadan ikisini hatta bazen üçünü kesmesinden dolayı elde edilen parametrelerin sadece tek bir tabakayı temsil etmesinin mümkün olmadığı görülmüştür. Bundan dolayı pompaj deney sonuçlarına göre bulunan parametreler, kesilen tabaka kalınlıkları, arazi gözlemleri ve literatür bilgileri (Jumikis, 1983; Freeze ve Cherry, 1979) ile karşılaştırılarak her bir tabaka için başlangıçta kullanılacak temsili yatay ve düşey hidrolik iletkenlik değerleri belirlenmiştir. Özellikle Bağkonak, Göksöğüt, Yarıkkaya Formasyonu'na ait (K2) tabakaların gerek kendi içlerinde, gerekse birbirleriyle yatay ve düşey olarak geçişli bulunmalarından dolayı bu tabakalara ait hidrojeolojik özellikler dar aralıklarda sık sık değişim göstermektedir. Kalibrasyon öncesi başlangıçta kullanılan tabakalara ait hidrojeolojik parametreler Çizelge 4.24.'de verilmiştir.

Düşey Hidrolik İletkenlik: Yatay hidrolik iletkenlik sadece 1 ve 3 nolu tabaka tipleri (K1, K2 ve K3) için gereklidir. Transmisibilite ise 0 ve 2 nolu tabaka tipleri (K4) için gereklidir. Eğer tabaka diyalog kutusundaki transmisibilite kutucuğu “hesapla” olarak işaretlenmiş ise PMWIN tabaka kalınlığı ve yatay hidrolik iletkenliği kullanarak transmisibiliteyi hesap eder. Parametreler seçenek listesinden Transmisibilite seçilerek doğrudan transmisibilite belirtilebilir. Eğer transmisibilite kutucuğu “kullanıcı belirleyecek” olarak işaretlenmiş ise bir model tabakanın belirlenmiş transmisibilite değerleri benzetim için kullanılabilir. Modellemede kullanılan tabaka tipleri için yatay hidrolik iletkenlik değerleri ve tabaka üst ve alt seviye kotları girilerek transmisibilite değerleri program tarafından hesaplatılmıştır.

Düşey Sızma Miktarı: Yeraltısuyu akım modellemesi birden fazla tabakayı içerdiği için, MODFLOW iki tabaka arasındaki düşey sızma (VCONT) olarak bilinen değerine ihtiyaç duymaktadır. MODFLOW en alttaki tabakayı geçirimsiz olarak kabul etmesinden dolayı, VCONT değerinin en alttaki tabaka için girilmesine gerek yoktur. MODFLOW yeraltısuyu akımının yatay olduğunu varsaymaktadır. Dolayısı ile tabakalar arasındaki düşey akım sadece iki tabaka arasındaki hidrolik gradyanın etkisiyle oluşmaktadır ve düşey hidrolik iletkenlik değerleri girilerek iki tabaka arasındaki düşey akım Modflow tarafından hesaplanmaktadır.

Düsey sızma miktarı hesaplanarak hücre hücre veya bölgesel olarak girilebildiği gibi düsey hidrolik iletkenlikler girilerek (Şekil 4.28.) denklem 12’de kullanılarak PMWIN tarafından hesaplanabilir. Modelimizde ise düsey hidrolik iletkenlik değerleri kullanılarak düsey sızma katsayısı program tarafından hesaplanarak kullanılmıştır.



Şekil 4.28. Düsey sızma katsayısının hesaplamasında kullanılan grid şekli

- V_{cont} : İki tabaka arasındaki düsey sızma miktarı,
 ΔV_k : Üstteki (k) tabakanın kalınlığı (m),
 ΔV_{k+1} : Alttaki (k+1) tabakanın kalınlığı (m),
 $[K_z]_{j,i,k}$: Üstteki tabakanın düsey hidrolik iletkenliği (m/s),
 $[K_z]_{j,i,k+1}$: Alttaki tabakanın düsey hidrolik iletkenliği (m/s),

$$V_{cont_{j, i, k+1/2}} = \frac{1}{\frac{\Delta V_k / 2}{[K_z]_{j,i,k}} + \frac{\Delta V_{k+1} / 2}{[K_z]_{j,i,k+1}}} \quad (12)$$

4.6.9. Model Parametreleri

Çalışma alanı için model parametreleri yağış miktarı, kaynak debileri, kuyu üretim miktarları ve gözlem kuyularındaki yeraltısuyu seviye değerlerinin tutarlı olması için belirli bir yıla ait değerlerin seçilmesi gerekmektedir. 2000 yılına ait yağış-akış-buharlaştırma değerleri kullanılarak beslenme miktarı, göl seviyesi ve kaynak

seviyeleri programa girilmiştir. Modellemede zaman [T] birimi *gün*, uzunluk [L] *metre* olarak kullanılmıştır.

Çalışma alanı kapalı bir havza özelliği taşımasından dolayı yeraltısuyu beslenmenin temel kaynağı yağıştır. Çalışma alanından boşalım buharlaşma, kaynaklar, Yalvaç Deresi ve yaklaşık 15 km'lik kıyı şeridi boyunca yeraltısuyu akımı ile Eğirdir Gölü'ne olmaktadır. Yalvaç Dere'sinden Eğirdir Gölü'ne olan akımın mevsimsel olup yaz aylarından kurumamasından dolayı model içerisine alınmamış sadece toplam yıllık yağış miktarından çıkarılmıştır. Eğirdir Gölü'ne olan yeraltısuyu akımı ise göl seviyesi ile yeraltısuyu seviyesi arasındaki farka bağlı olarak model tarafından hesaplanmaktadır.

Yağış (Recharge): 2000 yılına ait çalışma alanındaki yağış verileri sadece Yalvaç DMİ tarafından ölçülmüştür. Hidrojeoloji bölümünde belirtildiği üzere Yalvaç DMİ verileri çalışma alanının genelini temsil etmesinden dolayı, bu istasyonun 2000 yılına ait meteorolojik verilerinin çalışma alanı geneli için kullanılması uygun görülmüştür. 2000 yılı için 497.9 mm'lik ortalama yağışın 313.87 mm'lik kısmı buharlaşarak 184.03 mm'lik net yağış değeri elde edilmiştir. 2000 yılı için Yalvaç Deresinden Eğirdir Gölüne olan akım miktarı $66.87 \times 10^6 \text{ m}^3$ çıkarılıp, DSİ sulamaları ile Eğirdir Gölü'nden çekilen $1.97 \times 10^6 \text{ m}^3$ eklendiğinde, $1160 \times 10^6 \text{ m}^2$ 'lik model alanına düşen beslenme miktarı 0.128 m/yıl olarak bulunmuştur. Model içerisinde ortalama beslenme miktarı 0.000351 m/gün olarak kullanılmıştır. Model alanı içerisindeki toplam beslenme miktarı değişmemek koşuluyla, kalibrasyon sırasında hücrelerin morfolojik ve litolojik özellikleri ile sulama yapılan alanlar göz önüne alınarak hücrelere 0-0.037 m/gün arasında değişen beslenme değerleri verilmiştir. Drenaj ağlarının çok iyi geliştiği yüksek eğimli Hoyran Ofiyoliti ve Sultandede formasyonu üzerindeki (K3) tabakasına ait hücrelerde beslenme değerleri düşürülürken, drenaj ağlarından gelen yüzeysel akımın sebep olduğu beslenme etkisi ovalık alandaki hücrelerde beslenme değerinin artırılması ile sağlanmıştır.

Kaynak (Drain): Kaynaklar, MODFLOW'da Drain paketi kullanılarak modellenir ve iki parametre ile tanımlanmaktadır. Birinci parametre kaynağın hidrolik iletkenliği (Cd) $[L^2/T]$, kaynak ile akifer arasındaki tüm enerji kayıplarını içine alan bir

katsayıdır. İkinci parametre kaynak havuzunun su yüksekliğidir (d) [L]. Her kaynak için bir parametre numarası verilebilir ve bu parametre numarası, ters modellerde otomatik kalibrasyon için Cd yerine parametre atamakta kullanılır.

Kaynağın bulunduğu hücrelerdeki hidrolik seviye, kaynak yüksekliğinden daha büyük olduğu zaman yeraltısuyu kaynağa doğru boşalır ve bu boşalım kaynak suyu olarak modelden dışarı çıkar. Bu durumda kaynak boşalımı varmış gibi modellenir. Hidrolik seviye kaynağın yüksekliğine eşit yada daha düşük olduğu zaman kaynaktaki boşalım sıfır olur. Akiferdeki hidrolik seviyeye dikkate alınmaksızın kaynaktan beslenim daima sıfır olur ve kaynak kurumuş gibi modellenir.

Hidrojeoloji bölümünde (Bölüm 4.4.) özellikleri verilen kaynakların 1977 yılına ait debileri DSİ tarafından belirlenmiştir. 1977 yılındaki yıllık ortalama yağış miktarı (390.8 mm), 2000 yılı ortalama yağış miktarından (497.9 mm) %27 daha azdır. Kaynakların beslenimi doğrudan yağış miktarına bağlı olduğundan 1977 yılındaki debi değerleri yıllık ortalama yağışa bağlı olarak %27 artırılarak modelde kullanılacak 2000 yılı ortalama debileri bulunmuştur. Kaynakların bulunduğu hücrelerdeki hidrolik seviyenin, kaynak yüksekliğinden daha yüksek olmasından dolayı dren boşalımı olmaktadır. Bu durum için kaynakların hidrolik iletkenliği (Cd) $[L^2/T]$ ve yükseklikleri (d) girilmiştir. Kaynakların debisinin 2000 yılı değerlerine eş değer hale gelmesi için Cd ve kaynağın etrafındaki bölgenin yatay ve düşey hidrolik iletkenlik katsayıları kalibre edilmiştir. Her bir tabakada yer alan kaynakların konumları ayrı ayrı Şekil 4.29-4.32.'de gösterilmiştir.

Kuyular (Well): Bir pompaj yada enjeksiyon kuyusu, MODFLOW'un Well paketi ile iki parametreyle tanımlanmaktadır. Bu değerler kuyudan su çekilme ve enjeksiyon oranı (Q) $[L^3/T]$ ve parametre numarasıdır. Kuyunun su çekilme oranı negatif, enjeksiyon oranı pozitif değerler ile belirlenir. Parametre numarası, ters modellerde otomatik kalibrasyon için Q yerine parametre atamakta kullanılır.

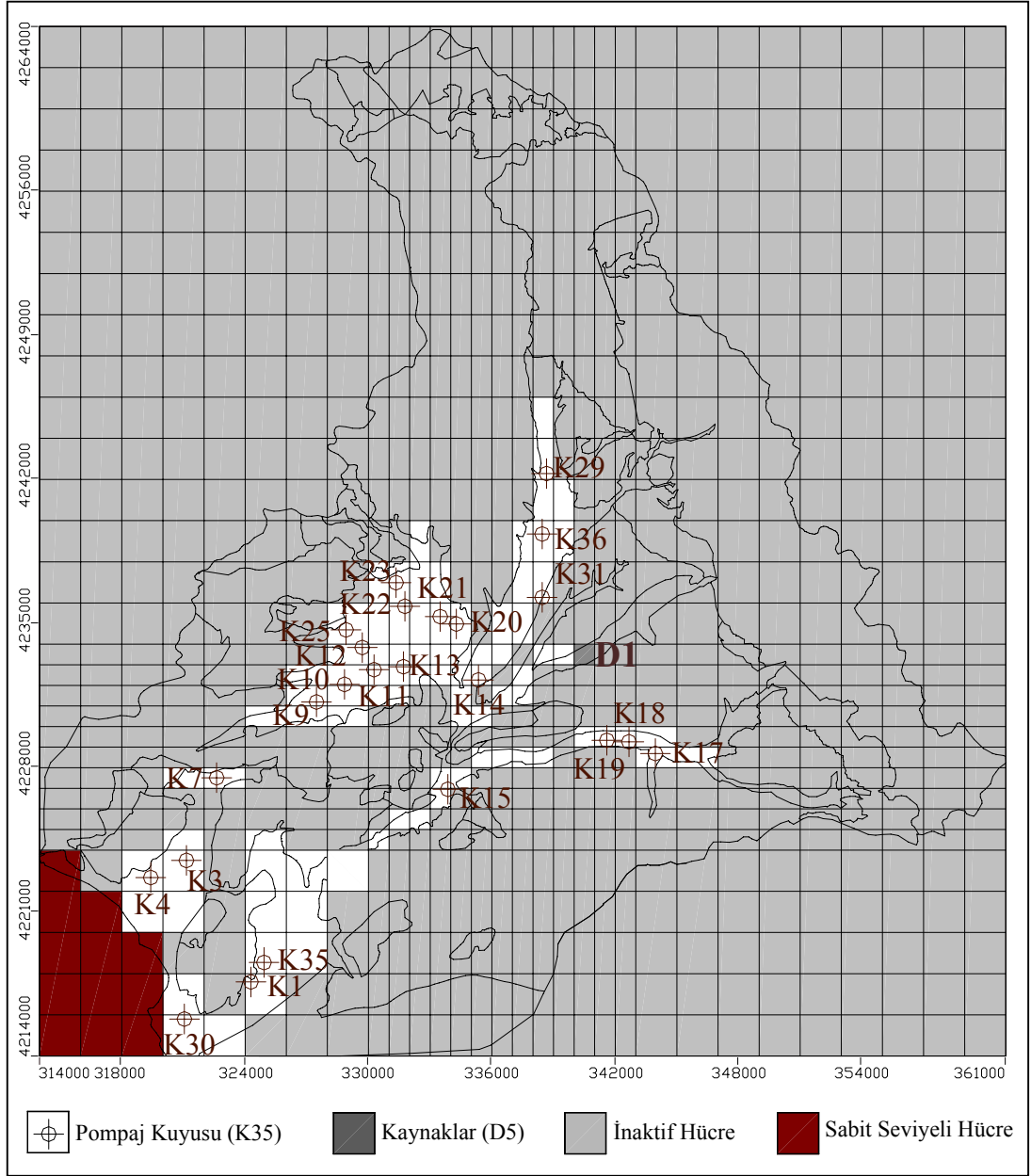
Kararlı akım simülasyonunda bir kuyunun enjeksiyon yada pompaj oranı simülasyon boyunca sabittir ve hücredeki hidrolik seviye ile hücre alanına bağlıdır. MODFLOW, hücrenin tüm kalınlığının kuyu tarafından kesildiğini dolaylı olarak kabul eder.

MODFLOW bir model tabakasından daha fazlasını kesen kuyuların benzetimini yapabilir. Bu durumda her bir tabaka için enjeksiyon ve pompaj oranı belirtilebilir. Çok tabakayı kesen kuyular için enjeksiyon ve pompaj oranı toplamı, her bir tabakadan yapılan pompaj değerlerinin toplamına eşittir (McDonald and Harbaugh, 1988).

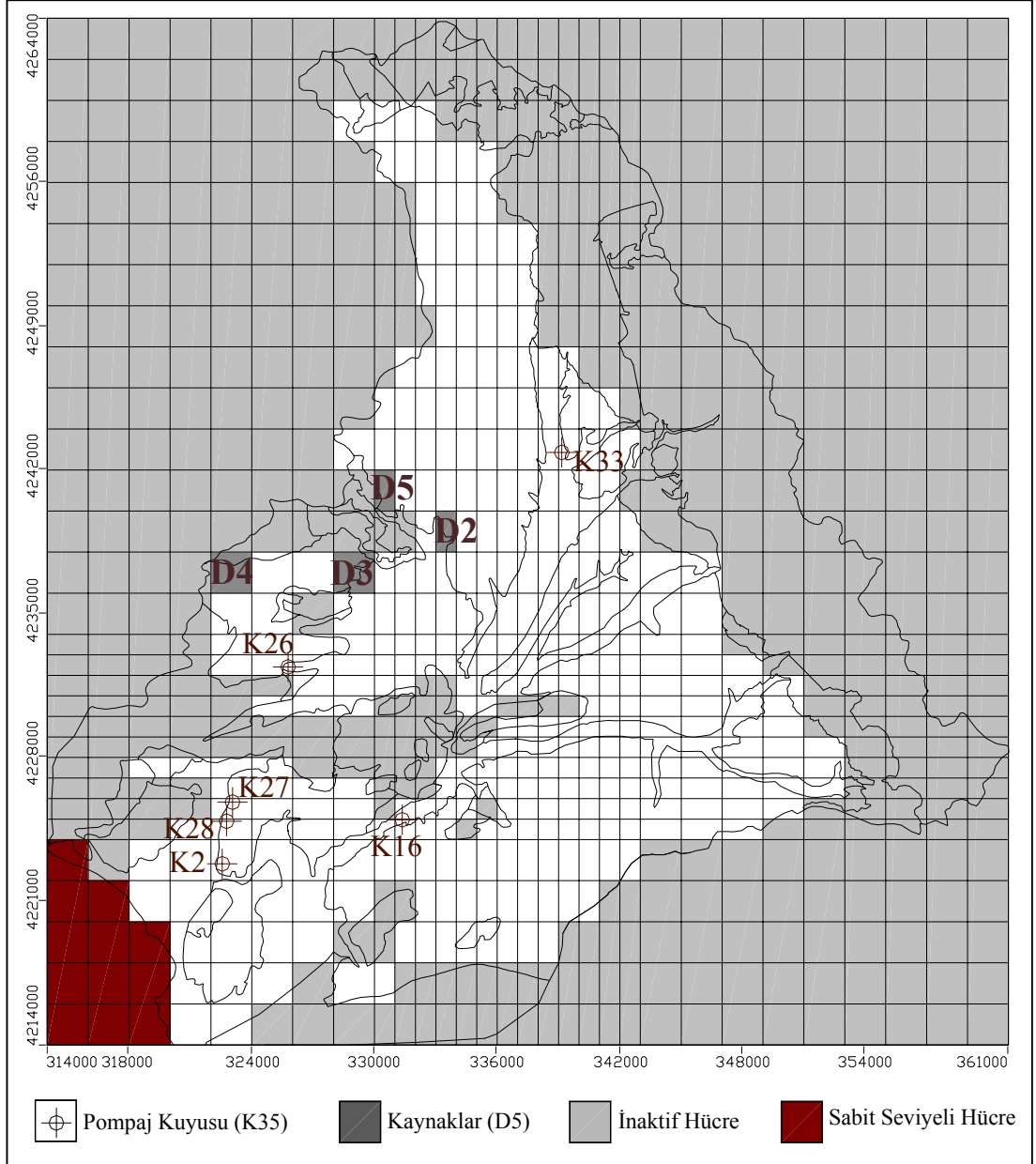
Çalışma alanındaki üretim kuyularından DSİ ile Köy Hizmetlerine ait sondaj kuyuları değerlendirilmiştir. 2000 yılı için ilgili kurumların kendi kuyularının ve özel kuyuların tahmini üretim miktarları alınmıştır. Bu verilere ilave olarak arazi çalışmaları sırasında ruhsatı bulunmayan çok sayıda üretim kuyusunun bulunduğu gözlenmiştir. Üretim miktarları belirlenirken, tarım alanlarının dağılımı ve tarım alanlarındaki su açıkları dikkate alınarak ruhsatsız kuyuların üretim miktarları tahmin edilmiştir. Bu tahmini üretim miktarları diğer kuyular üzerine eklenerek, modellemede kullanılan üretim kuyularının çalışma alanının genelini temsil etmesi sağlanmıştır. Bazı üretim kuyularının farklı tabakaları kestiği durumlarda sondaj logları dikkate alınarak toplam üretim miktarı kesilen tabakalar arasında oransal olarak paylaştırılmıştır.

Seviye Gözlem Kuyuları (Head Observation): Gözlem kuyularının isimleri, koordinatları (doğu [x], kuzey [y]), kesilen tabaka oranları ve yeraltısuyu seviyeleri girilmiştir. Yeraltısuyu seviyeleri kullanılarak hesaplanan hidrolik seviyeler, gözlenen değerlere en uygun hale gelinceye kadar kalibrasyon yapılmıştır.

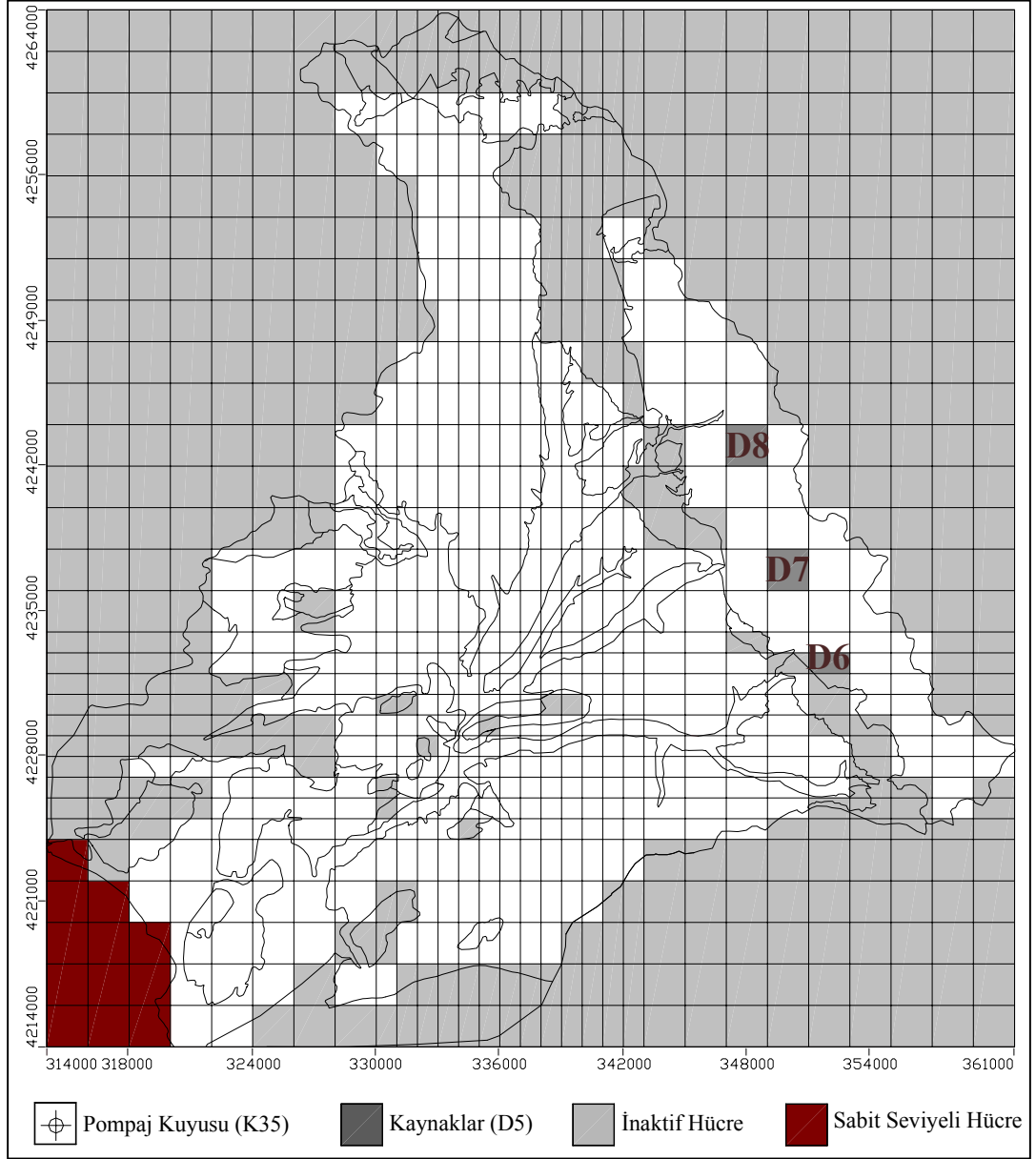
Hidrojeoloji bölümünde belirtildiği üzere 2002 yılı için çalışma alanında mayıs ve ekim aylarında yeraltısuyu seviyeleri ölçülmüştür. Modelde kullanılan tüm parametreler 2000 yılı için seçildiğinden 2000 yılına ait yeraltısuyu seviyelerinin kullanılması gerekmektedir. Çalışma alanında DSİ tarafından düzenli olarak yeraltısuyu seviye ölçümleri yapılan 3861, 4115, 3860A ve 3860B nolu sondaj kuyularının 2000 ve 2002 yılları ait yeraltısuyu seviye ölçümlerinin bulunması kalibrasyon çalışmalarını kolaylaştırmıştır. Her bir tabakada yer alan gözlem kuyularının konumları ayrı ayrı Şekil 4.29-4.32.'de gösterilmiştir.



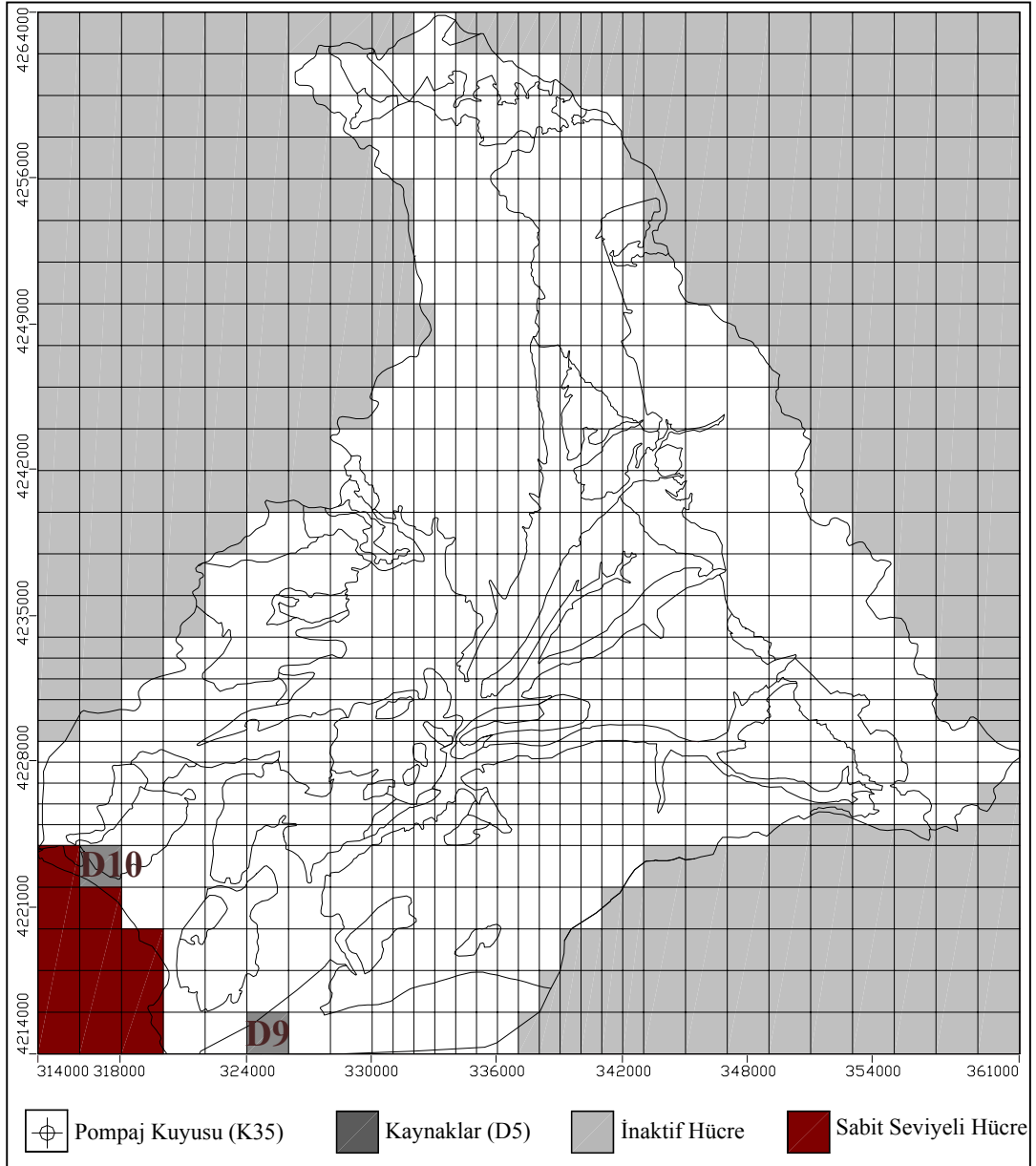
Şekil 4.29. Birinci tabakaya (K1) ait pompaj kuyuları ve kaynak lokasyon haritası



Şekil 4.30. İkinci tabakaya (K2) ait pompaj kuyuları ve kaynak yerlerinin haritası



Şekil 4.31. Üçüncü tabakaya (K3) ait pompaj kuyuları ve kaynak yerlerinin haritası



Şekil 4.32. Dördüncü tabakaya (K4) ait pompaj kuyuları ve kaynak yerlerinin haritası

DSİ tarafından ölçülmüş 4 adet gözlem kuyusundaki yeraltısuyu seviyelerinin tüm model alanını temsil etmesi mümkün değildir. Olabilecek hata oranını düşürmek amacıyla 3861 ve 4115 nolu kuyuların Yalvaç bölgesini, 3860A ve 3860B kuyularının Gelendost bölgesini temsil ettiği kabul edilmiştir. Bu yüzden DSİ ait gözlem kuyusunda ölçülmüş 2000 ve 2002 yılları mayıs ve ekim aylarına ait yeraltısuyu seviyeleri arasındaki orantı, 2002 yılında sığ kuyularda ölçülmüş yeraltısuyu seviyelerine yansıtılarak 2000 yılı için tüm model alanını temsil edecek yeraltısuyu seviyeleri elde edilmiştir. 3861 ve 4115 nolu kuyuların 2000 ve 2002 yılları mayıs ve ekim aylarındaki yeraltısuyu seviye farkları, Yalvaç bölgesindeki kuyulara yansıtılarak 2000 yılı için Yalvaç bölgesindeki gözlem kuyularının seviyeleri belirlenmiştir. Aynı işlem 3860A ve 3860B kuyuları için yapılarak 2000 yılı için Gelendost bölgesindeki gözlem kuyularının seviyeleri belirlenmiş ve bu belirlenen değerler kalibrasyon çalışmalarında kullanılmıştır.

4.6.10. Yeraltısuyu Akım Modelinin Kalibrasyonu

Çalışma alanında alüvyon ve Neojene ait tortullardan oluşan serbest akifer ve temel kayayı oluşturan karstik kireçtaşı akiferi bulunmaktadır. DSİ ve Köy Hizmetlerine ait pompaj verileri bulunan sondaj kuyularının büyük bölümü gözenekli serbest akiferi temsil etmekte çok az bir kısmı ise her iki akiferi birden temsil etmektedir. Kalibrasyonda kullandığımız gözlem kuyularındaki yeraltısuyu seviyelerine dayanarak, yeraltısuyu akım modelinin kalibrasyonu serbest akifer için daha hassas yapılmıştır. Karstik akiferin kalibrasyonu için sadece dört gözlem kuyusu kullanılmıştır.

Model içerisinde kullanılmadan kalibrasyon çalışmalarında modelin tutarlılığını kontrol eden tek parametre arazide ölçülmüş yeraltısuyu statik seviyeleridir. Bu sebeple kalibrasyonda kullanılacak gözlem kuyularının bölgedeki yeraltısuyu seviyelerini temsil etmesi, kalibrasyon ve modelin başarısı açısından son derece önemlidir. Birbirine çok yakın bulunan gözlem kuyularından, bölgenin hidrojeolojik yapısına uygun değerlere sahip olmadığı için bölgeyi temsil etmediği veya hatalı ölçüm yapıldığı düşünülen altı adet kuyu kalibrasyona dahil edilmemiştir. Çünkü Çaltı-Tokmacık ovasında Bağkonak-Göksöğüt-Yarıkkaya formasyonları (K2) ve

Hoyran Ofiyoliti'nin (K3) kalınlıklarının çok değişken olması, yatay ve dūşey olarak girift bulunmaları sebebiyle kalibrasyon parametreleri bölgesel olarak farklar göstermiştir.

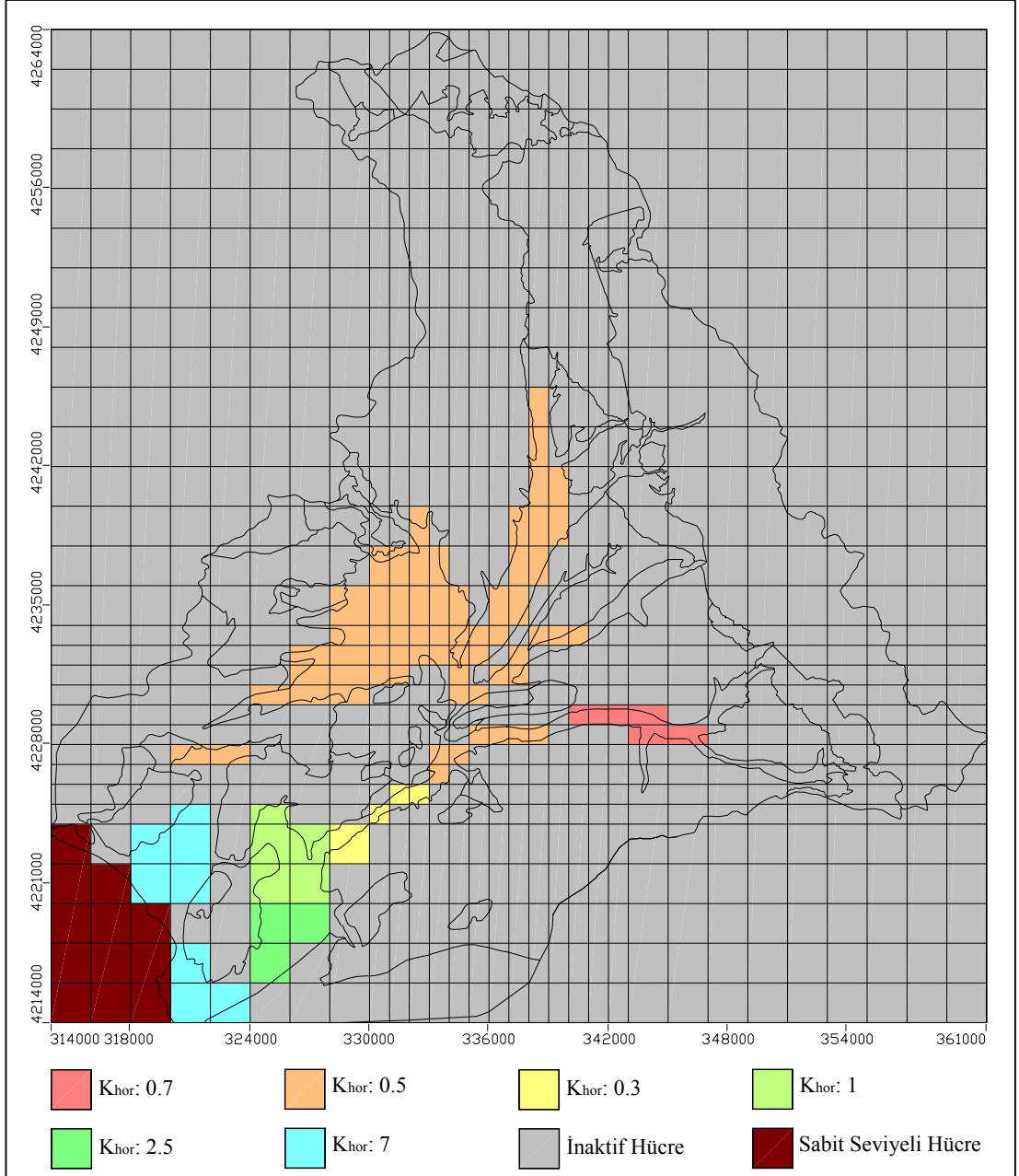
Yeraltısu akımının çalışma alanından Eğirdir Gölü'ne doğru olması sebebiyle uzun zaman periyodunda hidrolik yük eğiminin etkisi ile yeraltısu akımı kendine giderek genişleyen bir yol bulmaktadır. Bu sebepten dolayı model alanından Eğirdir Gölü sahil şeridine doğru yatay iletkenlik değeri giderek artmaktadır. Yenice ve Gelendost ovalarındaki yüksek debili yeraltısu üretimi bunun bir göstergesidir.

Kalibrasyon çalışmalarında kuyuların bulunduğu hücrelerde gözlenen yeraltısu seviyeleri ile model tarafından hesaplanan yeraltısu seviye değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Gözlenen ve hesaplanan yeraltısu seviyeleri arasındaki yaklaşımlı sağlayabilmek için kalibrasyon parametresi olarak yatay ve dūşey hidrolik iletkenlik değeri kullanılmıştır (Çizelge 4.25.).

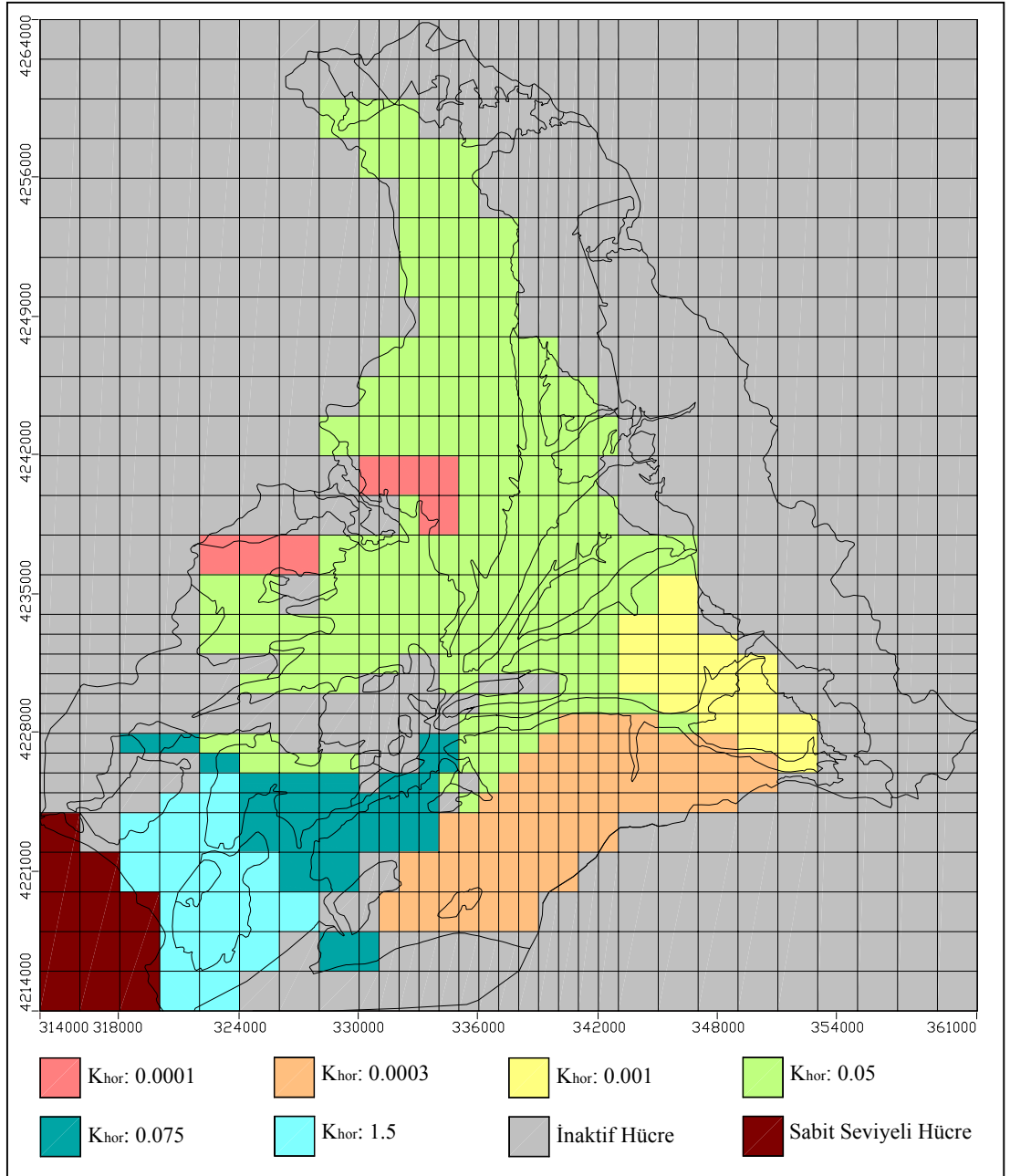
Çizelge 4.25. Kalibrasyon sonucu elde edilen yatay ve dūşey hidrolik iletkenlikler

| Tabaka Adı | Formasyon Adı | Tabaka Tipi | Yatay Hidrolik İletkenlik (m/g) | Dūşey Hidrolik İletkenlik (m/g) |
|------------|--------------------------------------|-------------|---------------------------------|---------------------------------|
| K1 | Alüvyon ve Yamaç Molozu | Tip 1 | 0.07 - 7 | 0.00013 - 2 |
| K2 | Bağkonak, Göksöğüt ve Yarikkaya Fm. | Tip 3 | 0.0001 - 1.5 | 0.0001 - 0.2 |
| K3 | Sultandede Fm. ve Hoyran Ofiyoliti | Tip 3 | 0.005 - 0.1 | 0.0001 - 0.001 |
| K4 | Hacıalabaz, Anamas Fm. ve Babageçidi | Tip 2 | 1 - 38 | 5 |

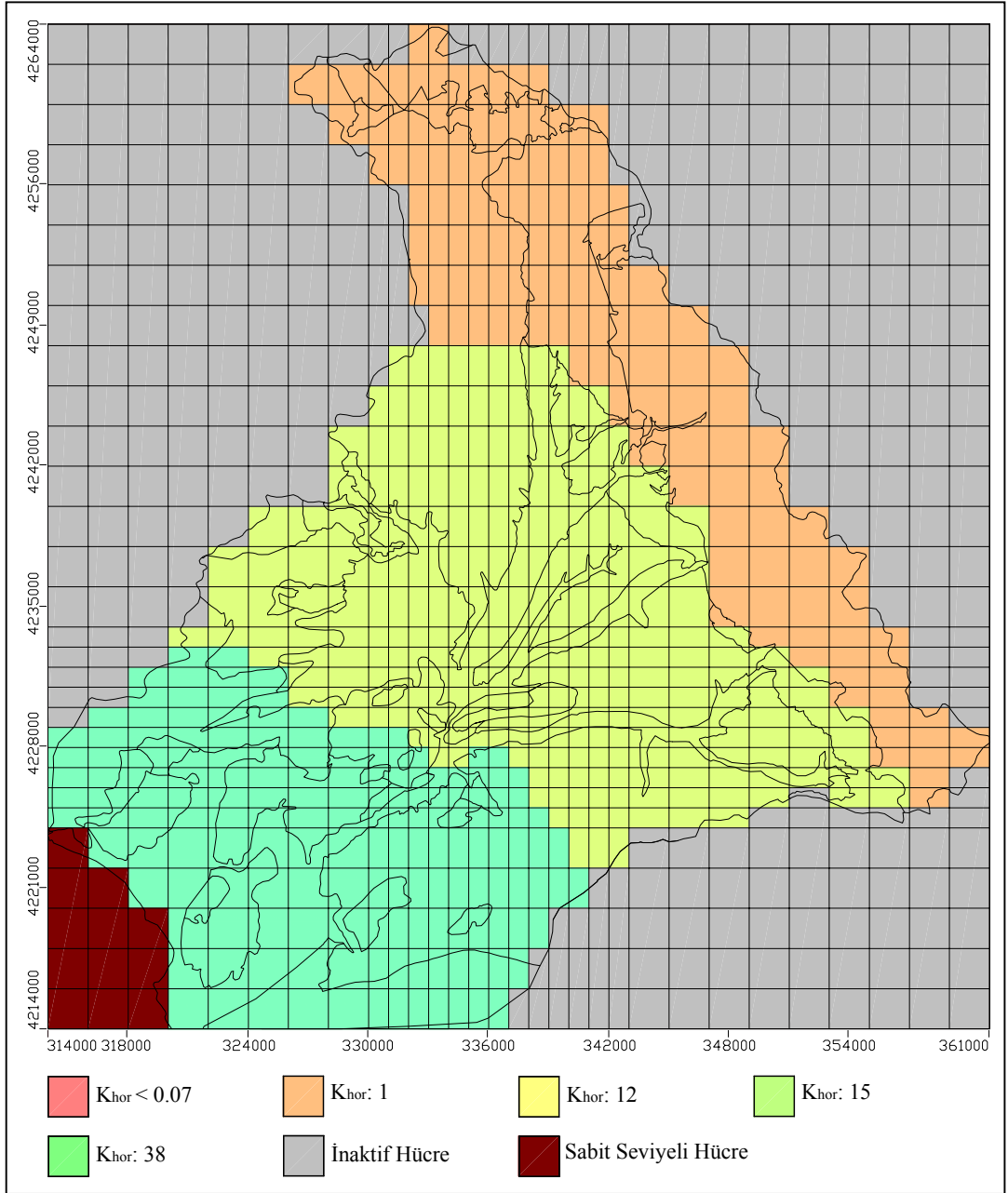
Kalibrasyon sonucunda oluşan model tabakalarına ait yatay hidrolik iletkenlik haritası Şekil 4.33.- 4.35.'de, dūşey hidrolik iletkenlik haritaları ise Şekil 4.36.- 4.38.'de verilmiştir. Gözlenen ve hesaplanan değerler arasındaki fark en aza indirildiğinde kalibrasyon işlemi tamamlanmıştır. Gözlem kuyularının büyük bölümün çalışma alanının batı-güneybatısında toplanması, kuzey ve doğuda hesaplanan yeraltısu seviyelerinin kontrolünün yapılamamasına sebep olmuştur.



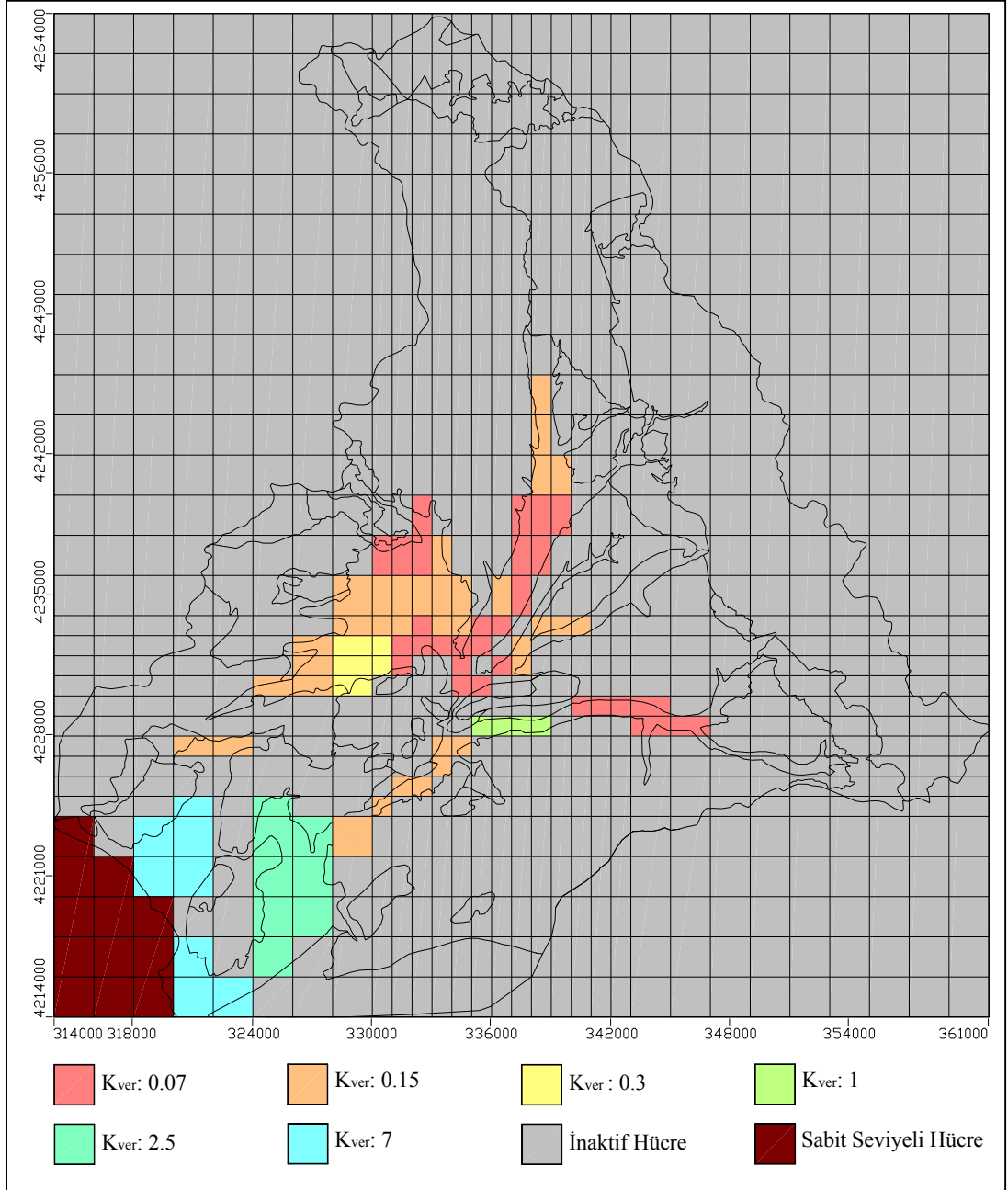
Şekil 4.33. Birinci tabakada (K1) için kalibre edilmiş yatay hidrolik iletkenlik (m/gün) haritası



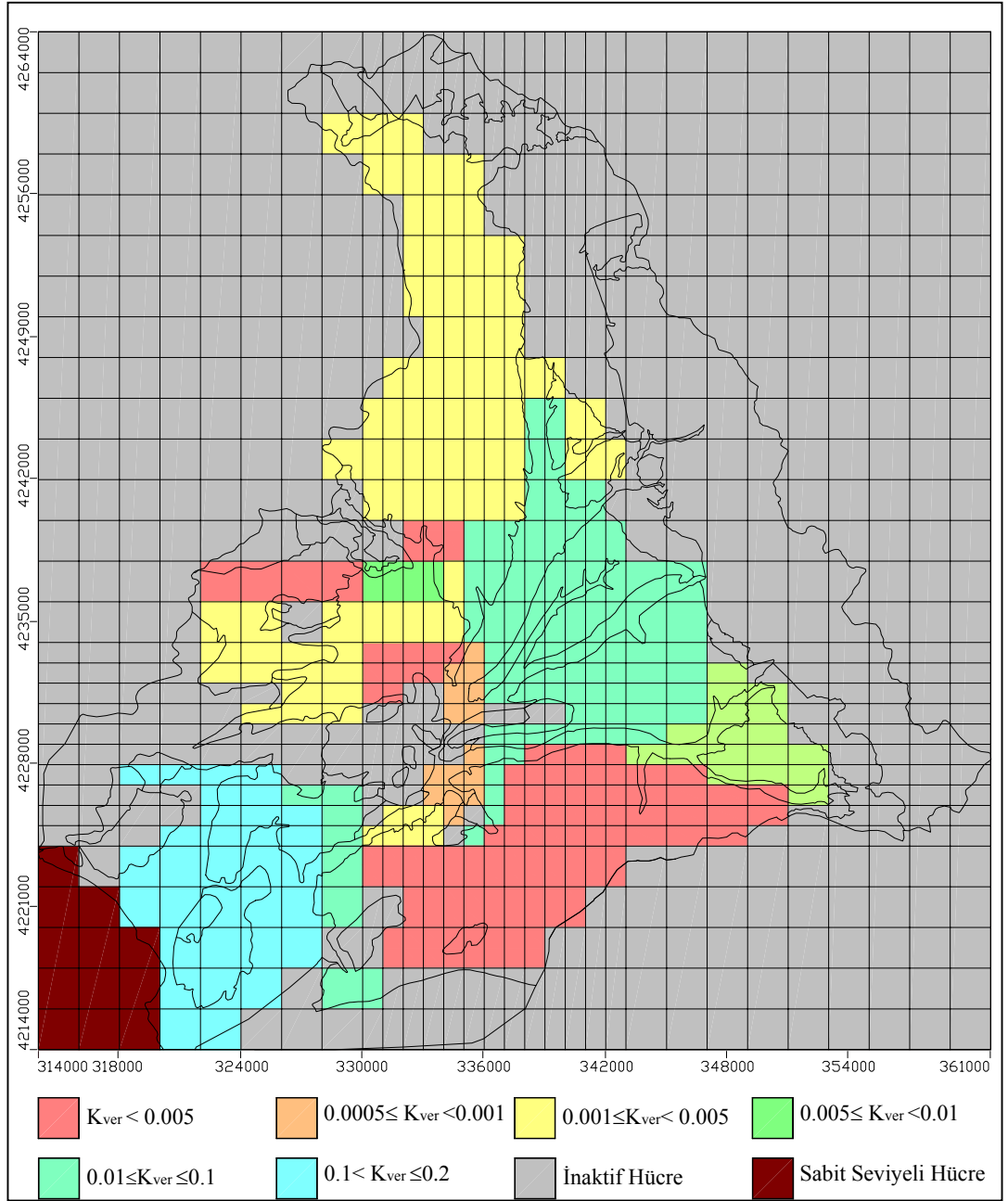
Şekil 4.34. İkinci tabaka (K2) için kalibre edilmiş yatay hidrolik iletkenlik (m/gün) haritası



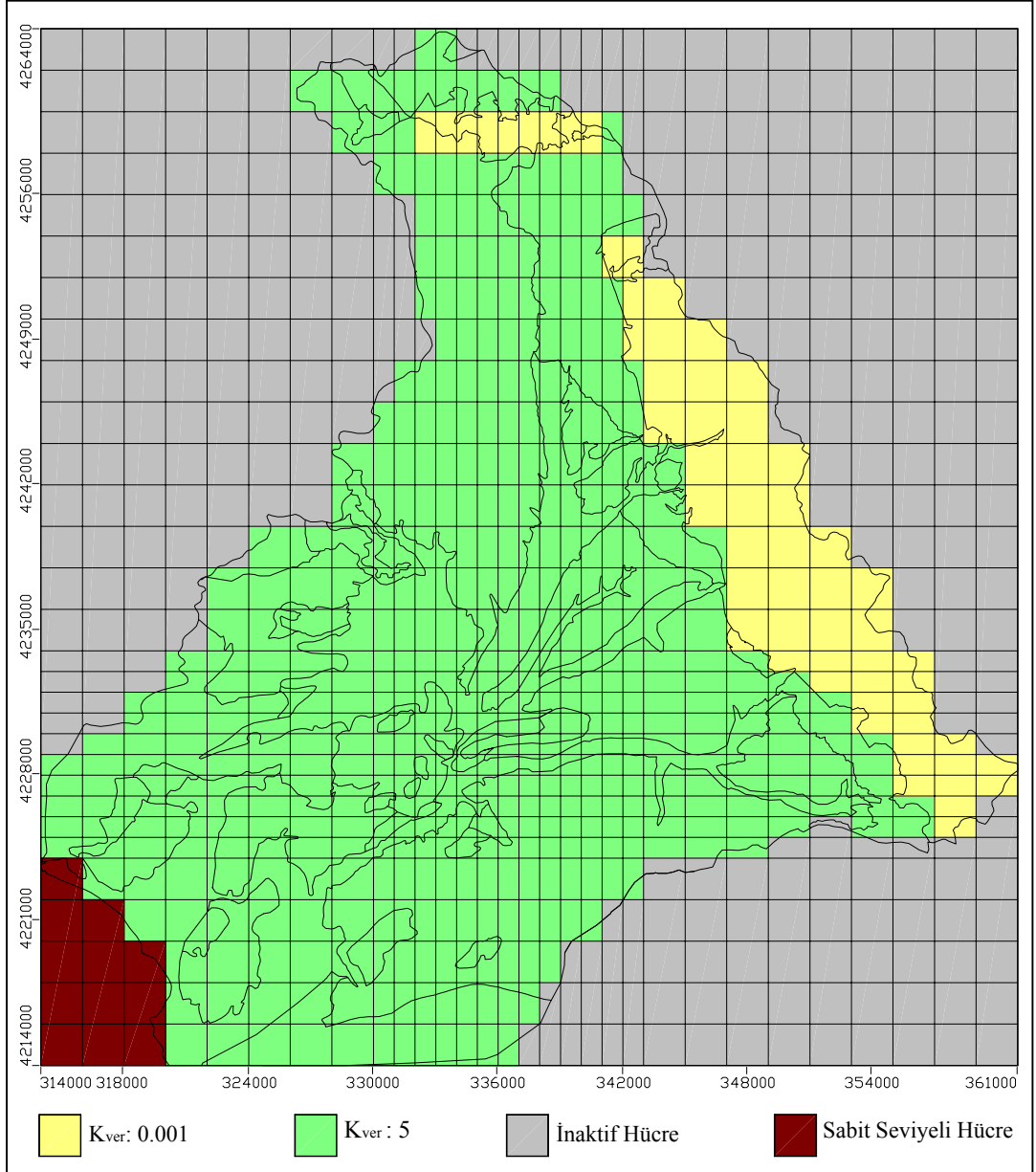
Şekil 4.35. Dördüncü tabaka (K4) için kalibre edilmiş yatay hidrolik iletkenlik (m/gün) haritası



Şekil 4.36. Birinci tabaka (K1) için kalibre edilmiş düşey hidrolik iletkenlik (m/gün) haritası

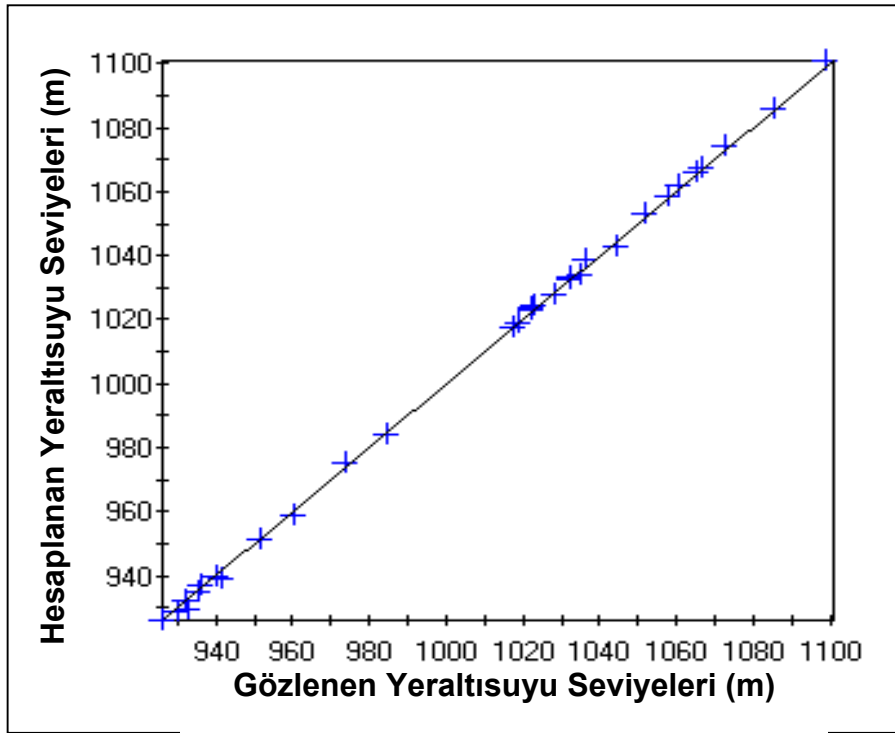


Şekil 4.37. İkinci tabaka (K2) için kalibre edilmiş düşey hidrolik iletkenlik (m/gün) haritası



Şekil 4.38. Dördüncü tabaka (K4) için kalibre edilmiş düşey hidrolik iletkenlik (m/gün) haritası

PMWIN, gözlem kuyularına ait gözlenen ve model tarafından hesaplanan yeraltısuyu seviye değerlerini karşılaştırarak grafiksel olarak aralarındaki istatistiksel ilişkiyi göstermektedir (Şekil 4.39.). Kalibrasyonun sonucunda hesaplanan ve gözlenen yeraltısuyu seviyeleri arasındaki ilişkiyi temsil eden grafik üzerindeki noktaların konumlarının, gözlenen ve hesaplanan değerlerin eşit olduğu doğruya yakın olduğu görülmektedir. Hesaplanan ve gözlenen yeraltısuyu seviyeleri 926.05 m ile 1100.88 m değerleri arasında değişmektedir.

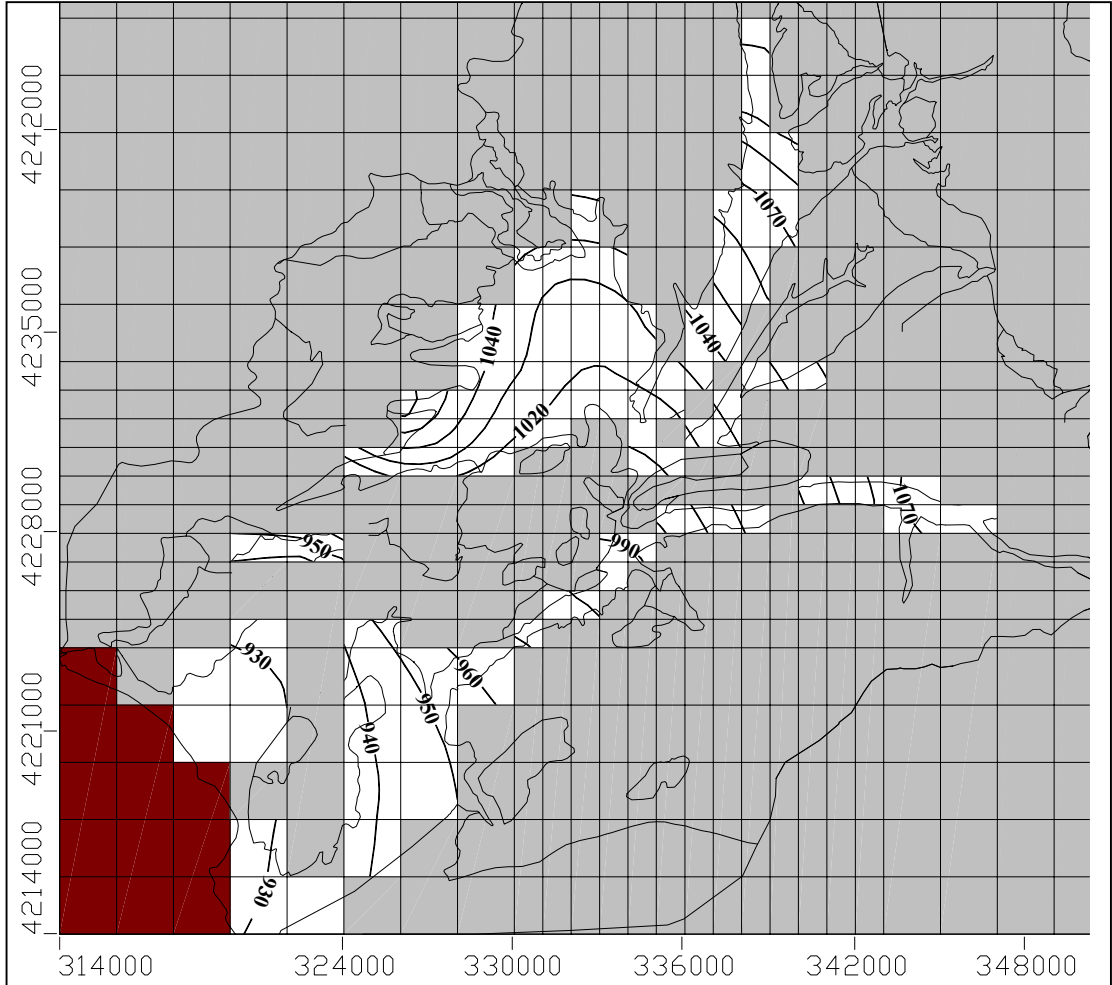


Şekil 4.39. Kalibrasyon sonucunda gözlenen ve hesaplanan yeraltısuyu seviyelerinin karşılaştırma grafiği

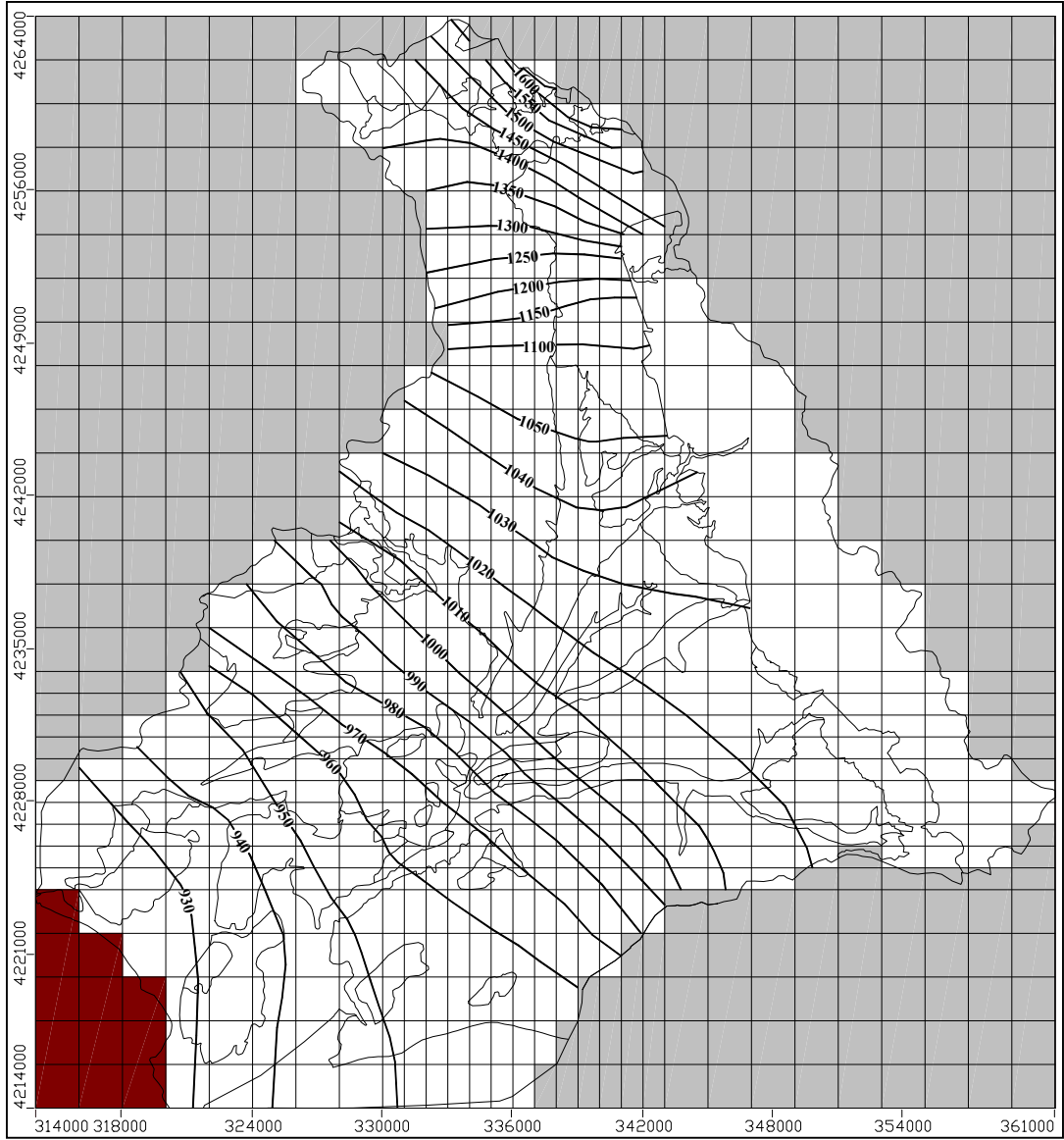
Serbest akifer için model tarafından hesaplanan yeraltısuyu seviyeleri ile gözlenen yeraltısuyu seviyeleri arasındaki fark +2.5 m ile -3.5 m arasında değişmektedir. Gözlenen ve hesaplanan hidrolik seviyelere ait standart sapma değeri 1.22 m olarak bulunmuştur. Serbest akifer için hesaplanan değerden gözlenen değer çıkarılmasıyla oluşan farka ait kontur haritası Şekil 4. 40.'da verilmiştir.

Bunun yanında Yalvaç ve Gelendost ovalarının arasında çalışma alanının ortasında yer alan Tokmacık-Çaltı ovasında, gözlem kuyularının sayılarındaki artışa bağlı olarak fark ideal olan -0.5 m ile $+0.5$ m değerleri arasında değişmektedir. Buda gösteriyor ki, modelleme ile benzetimin başarısı elde bulunan verilerin sayısı ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Benzetimde ve kalibrasyonda kullanılacak ne kadar çok veri olursa benzetimde o kadar gerçeğe yakın olarak yapılabilmektedir.

Çalışma alanındaki gözlem kuyularının 2000 yılına ait seviyelerine göre alüvyondan oluşan serbest akifer (Şekil 4.41.) ve karstik kireçtaşı akiferi (Şekil 4.42.) için kalibre edilmiş yeraltısuyu seviye haritaları hazırlanmıştır. Her iki akifer içinde hazırlanan yeraltısuyu seviye haritasında, yeraltısuyu akım yönü Güney-Güneybatı yönünde Eğirdir Gölü'ne olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.41. Serbest akifer (K1) için kalibre edilmiş yeraltısuyu seviye haritası



Şekil 4.42. Karstik akifer (K4) için kalibre edilmiş yeraltısuyu seviye haritası

Karstik kireçtaşı akiferi için 2000 yılı verilerine göre hazırlanan kalibre edilmiş yeraltısuyu seviye haritasında, üç nolu tabakanın altında (K3) kireçtaşı (K4) inaktif olmasından dolayı çalışma alanının batı kesimlerinde yeraltısuyu seviye konturları çizilmemiştir. Bu bölgedeki kireçtaşı kalınlığı minimum (0.01 m) olarak alınmış ve üç nolu tabakaya (K3) ait hidrojeolojik değerler kullanılmıştır.

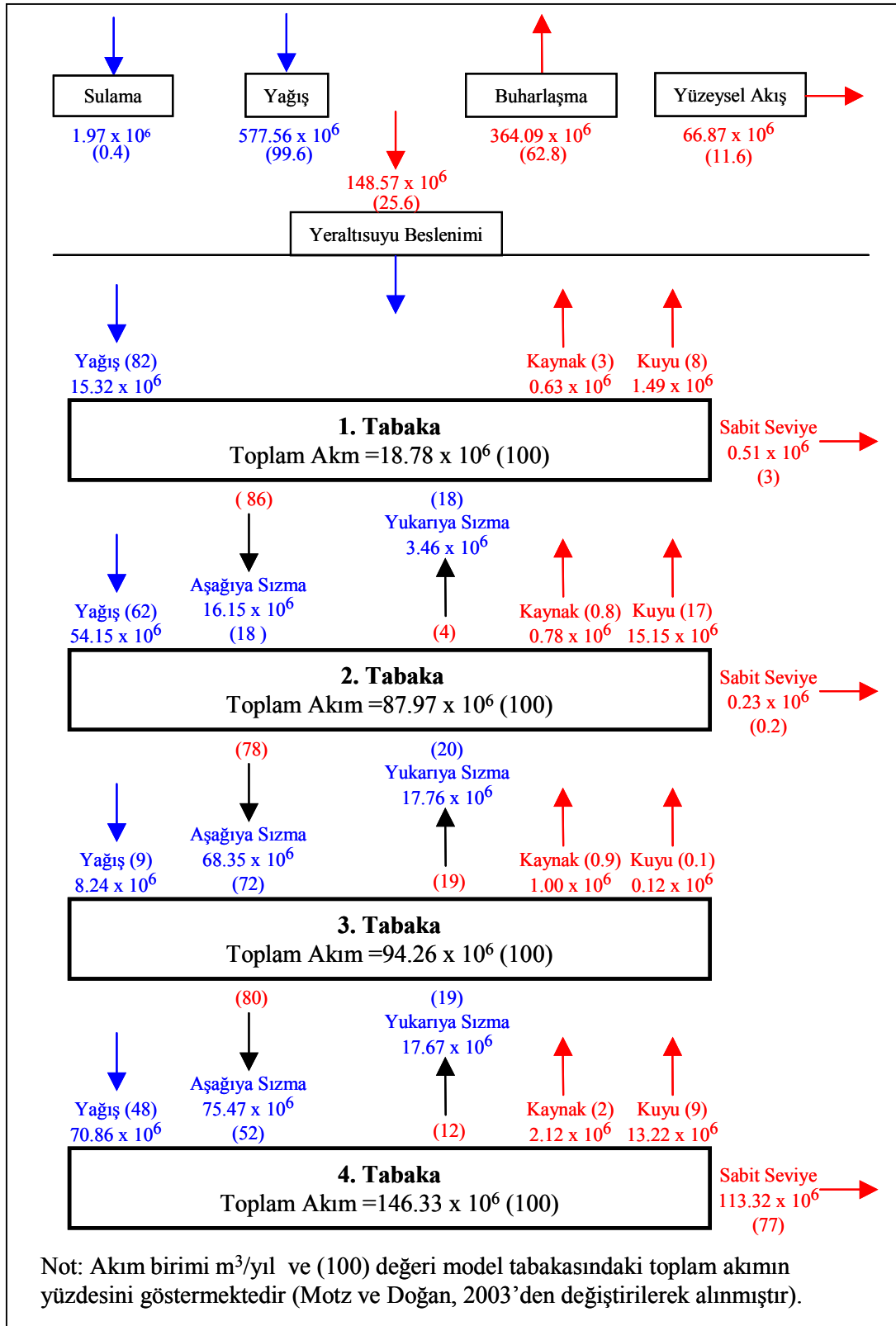
4.6.11. Yeraltısuyu Akım Modellemesiyle Hazırlanan Su Bütçesi ve Sonuçları

2000 yılına ait su bütçesi Yalvaç-Gelendost havzasında yeraltısuyu akım modellemesinden yararlanarak hazırlanmıştır. Şekil 4.43.'de verilen su bütçesinde dört model tabakası için ayrı ayrı beslenme ve boşalım miktarları hem debi ($m^3/yıl$) hem de oran (%) olarak verilmiştir (Mots ve Doğan, 2003).

Yalvaç-Gelendost havzasında yeraltısuyunun temel beslenme kaynağı yağıştır. 2000 yılı verileri esas alınarak yapılan yeraltısuyu akım modellemesinde $1160 \times 10^6 m^2$ olan model alanındaki beslenimin % 99.6'sı yağıştan ($557.56 \times 10^6 m^3/yıl$), % 0.4'ü ise sulama suyundan ($1.97 \times 10^6 m^3/yıl$) olmak üzere toplam $579.53 \times 10^6 m^3/yıl$ 'dır. Beslenimin % 62.8'i buharlaşmakta ($364.09 \times 10^6 m^3/yıl$), %11.6'sı yüzeysel akışa geçmekte ($66.87 \times 10^6 m^3/yıl$) ve % 25.6'sı ($148.57 \times 10^6 m^3/yıl$) ise yeraltına süzülerek yeraltısuyunu beslemektedir.

Modelde kullanılan tabakaların hepsinin model alanı içerisinde yüzeye çıkmasından dolayı yeraltısuyu beslenimi her dört tabakada da gerçekleşmiştir. Toplam yeraltısuyu besleniminin ($147.57 \times 10^6 m^3/yıl$), %10.31'i serbest akiferi oluşturan birinci tabakada ($15.32 \times 10^6 m^3/yıl$), % 36.45'i yarı ve az geçirimli ikinci tabakada ($54.15 \times 10^6 m^3/yıl$), %5.55'i geçirimsiz üçüncü tabakada ($8.24 \times 10^6 m^3/yıl$), %47.69'luk en büyük bölümü ise karstik kireçtaşı akiferinde ($47.69 \times 10^6 m^3/yıl$) gerçekleşmektedir.

Alüvyondan oluşan serbest akiferde gerçekleşen $18.78 \times 10^6 m^3/yıl$ toplam akım miktarında beslenimin % 82'si yağıştan ($15.32 \times 10^6 m^3/yıl$), %18'i ikinci tabakadan ($3.46 \times 10^6 m^3/yıl$) yukarıya sızma ile gerçekleşmektedir. Boşalım miktarının % 3'ü kaynaklardan boşalımı ($0.63 \times 10^6 m^3/yıl$), %3'ü Eğirdir Gölü'ne ($0.51 \times 10^6 m^3/yıl$), %8'i kuyulardan çekim ($1.49 \times 10^6 m^3/yıl$) ve %86'sı ikinci tabakaya ($16.15 \times 10^6 m^3/yıl$) aşağıya sızma ile gerçekleşmektedir.



Şekil 4.43. Yalvaç-Gelendost yeraltısuyu havzasının modelleme sonunda oluşan 2000 yılına ait su bütçesi

Yarı ve az geçirimli ikinci tabakada gerçekleşen $87.97 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ toplam akım miktarında beslenme miktarının % 62'si yağıştan ($54.15 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$), %18'i birinci tabakadan aşağıya sızma ($16.15 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$), %20'si ise üçüncü tabakadan ($17.76 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) yukarıya sızma ile gerçekleşmektedir. Boşalımın miktarının % 0.8'i kaynaklardan boşalımı ($0.78 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$), %0.2'si Eğirdir Gölü'ne ($0.23 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$), %17'si kuyulardan çekim ($15.15 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$), %4'ü birinci tabakaya yukarı sızma ile ($3.46 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) ve %78'i üçüncü tabakaya ($68.35 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) sızmaktadır.

Geçirimsiz olarak modellenen üçüncü tabakada gerçekleşen $94.26 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ 'lık toplam akım miktarında beslenimin % 9'u yağıştan ($8.24 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$), %72'si ikinci tabakadan ($68.35 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) aşağıya sızmayla, %19'u ise dördüncü tabakadan yukarıya sızma ($17.67 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) ile gerçekleşmektedir. Boşalımın miktarının % 0.9'u kaynaklardan boşalımı ($1.00 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$), %0.1'u kuyulardan çekim ($0.12 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$), % 19'ü ise ikinci tabakaya yukarıya sızma ile ($17.76 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) ve %80'i dördüncü tabakaya ($75.47 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) sızmaktadır. Geçirimsiz olan bu tabakadaki üretim miktarı ise modelleme içerisinde gösterilemeyecek kadar küçük ve karmaşık bir yapıda bulunan ofiyolit içerisindeki olistolit kireçtaşlarındaki kuyulardan kaynaklanmaktadır.

Modelin en altında yer alan karstik kireçtaşlarından oluşan dördüncü tabakada yıllık $146.33 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ 'lık toplam akım miktarında beslenimin % 48'i yağıştan ($70.86 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$), %52'si üçüncü tabakadan ($75.47 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) aşağıya sızmayla gerçekleşmektedir. Boşalımın miktarının % 2'si kaynaklardan boşalımı ($2.12 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$), %9'u kuyulardan çekim ($13.22 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$), %12'si üçüncü tabakaya yukarı sızma ile ($17.76 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) ve %77'si Eğirdir Gölü'ne ($113.32 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) boşalmaktadır.

Sonuç olarak çalışma alanından yeraltısuyuna süzülen beslenme miktarı $148.57 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ 'ın %20.18'i kuyulardan ($29.98 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) çekilmekte, %3.05'i kaynaklardan ($4.53 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) boşalmakta ve %76.77'si sabit seviye olarak modellenen Eğirdir Gölü'ne ($114.06 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) boşalmaktadır. Çalışma alanındaki

en büyük toplam akış debisine sahip olan akifer, dördüncü tabaka olarak modellenen karstik kireçtaşı akiferidir.

Hidroloji bölümünde verilen su bilançosunda, Yalvaç-Gelendost havzasında beslenim ve boşalım arasındaki fark olan $106.19 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak hesaplanmıştır. Yeraltısuyu akım modellemesi sonucunda çalışma alanından sabit seviye olarak modellenen Eğirdir Gölü'ne olan yeraltısuyu akımı $114.06 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ tespit edilmiştir. Dolayısıyla hidroloji bölümünde verilen su bilançosundaki beslenim ve boşalım değerleri arasındaki fark ($106.19 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) yeraltısuyu akımı ile Eğirdir Gölü'ne boşalmaktadır. Hesaplanan iki değer arasındaki farkın nedeni, hidroloji bölümündeki su bilançosunda uzun yıllara ait verilerin ortalamalarının, yeraltısuyu modellemesinde ise kararlı akım olarak kabul edilen 2000 yılı verilerinin kullanılmasıdır. İki farklı yöntem kullanılarak elde edilen sonuçların birbirine yakın olması, 2000 yılı verilerinin gerçekten uzun yıllar ortalamasına yakın olduğunun ve çalışma alanını temsil ettiğinin bir göstergesidir. Sonuç olarak bu veriler hem 2000 yılının seçilmesinin, hemde yeraltısuyu akım modellemesinin doğruluğunu ortaya koymaktadır.

Yalvaç-Gelendost havzasında gelecekte oluşabilecek farklı hidrojeolojik durumlar için üretilecek senaryolar ile hidrojeolojik yapıyı etkileyen tüm parametreler, bu parametrelerin yapı üzerindeki etkileri ve hidrojeolojik yapının tepkilerini belirlemek mümkün olacaktır. Akifer sistemine gelecekte yapılabilecek etkilerin sonucunda alınacak tepkilerin önceden belirlenmesi, oluşabilecek olumsuz etkilerin önceden belirlenerek gerekli önlemlerin alınmasına imkan verecektir. Eğirdir Gölü tatlı su rezervuarı olarak bölge için büyük önem taşımaktadır. Modelleme alanı içerisinde yeraltısuyu akımının bu tatlı su rezervuarına boşaldığı gerçeğinden hareketle, havzadaki kirleticilerde dikkate alınarak gelecek yıllarda bölge için zararlı ve tehlikeli madde taşınım modellemesinin yapılması yararlı olacaktır.

4.7. Hidrojeokimya

Esas kökenleri yağış olan yüzey suları ve yeraltıları, akifere veya yüzeysel rezervuarlara ulaşmadan önce, kirlilik kaynaklarından ve geçtikleri farklı kimyasal özellikteki litolojik birimlerden etkilenecek fiziksel ve kimyasal özellikleri değişmektedir. Bu bölümde kirlilik kaynakları ve farklı litolojik birimlerin, yüzey suları ve yeraltılarının kalitesine dolayısı ile Eğirdir Gölü su kalitesi üzerine olası olumsuz etkilerinin belirlenmesi amacıyla, yüzey suları ve yeraltılarının fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir.

Çalışma alanındaki yüzey suları ve yeraltılarının kalitesini tehdit eden kirlleticiler, yerleşim alanlarından, tarımsal faaliyetlerden ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanmaktadır (Ek 16).

Yerleşim alanı kaynaklı kirlilik faktörleri, evsel sıvı ve katı atıklardır. Yalvaç kanalizasyonu, Yalvaç deresi üzerindeki taşkın önleme kanalına, Gelendost kanalizasyonu ise 2.5 km güneybatısında DSİ'ye ait drenaj kanalına boşaltılmaktadır. Yalvaç kanalizasyonu Yalvaç Deresi ile dolaylı olarak, Gelendost kanalizasyonu ise drenaj kanalı ile doğrudan Eğirdir Gölü'ne dökülmektedir.

Çalışma alanı içinde yer alan yerleşim birimlerinin düzenli bir çöp depolama alanı bulunmamaktadır. Genellikle her yerleşim merkezi kendi imkanları ile topladıkları ve yine ilçenin merkezlerine yakın bölgelere çöplerini döktüğü, düzensiz depolama alanları mevcuttur. Havzadaki en önemli endüstriyel kirlilik kaynağı, Yalvaç Deri Sanayiidir. Deri işlenmesinde, deri cinsine, üretilecek ürün tipine, bu maksatla uygulanacak prosesin özelliklerinin, kullanılan teknolojiye ve işleme kapasitesine bağlı olarak değişik miktarda katı ve sıvı atıklar oluşmaktadır.

Kirlilik kaynakları, yeraltısuyu akım yönü, akarsuların akış yolu ve debileri dikkate alınarak, 2002 Mayıs ayında 18 adet örnek lokasyonu belirlenmiştir (Ek 16). Bu noktalardan 2002 Mayıs ayında alınan örneklerin arazi ve laboratuarda fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir (Ek 17.). Ekim 2002 döneminde ise sadece 10 lokasyonda hidrojeokimyasal analizlerin yapılması yeterli görülmüştür.

Çalışma alanında bulunan yüzey suları ve yeraltısularının sıcaklıkları (T^0), hidrojen iyon konsantrasyonu (pH), redoks potansiyeli (Eh), elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı madde miktarı, çözünmüş oksijen miktarı (O_2), amonyum miktarı (NH_4), karbonat ve bikarbonat miktarı yerinde (in-situ) ölçüm ve analizleri ile hidrojeokimyasal analizler Bölüm 3.2.'de belirtilen yöntemlere göre Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi'nin katkılarıyla yapılmıştır. Arazide ve laboratuvarında yapılan hidrojeokimyasal analizlere ilave olarak ve suların izotop jeokimyasal özellikleri belirlenmiştir.

Alınan örneklerin hidrojeokimyasal analizleri yapılarak anyon (Cl^{3-} , SO_4^{2-} , NO_3^-), kation (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}), ağır metal (Cr^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+}) konsantrasyonları belirlenmiştir.

4.7.1. Yerleşim Alanlarından Kaynaklanan Kirlilik

Çalışma alanındaki, yerleşim alanlarından kaynaklanan katı ve sıvı atık miktarı ve özellikleri nüfusa bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, mevcut nüfus ve gelecekteki nüfusun tahmini, kirlilik analizinde ve alınacak önlemlerin belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır.

Çalışma alanında 2 ilçe merkezi ve bunlara bağlı 2 Kasaba ve 43 köyden oluşan 47 yerleşim merkezinde, 1997 nüfus sayımına göre 103715 kişi yaşamaktadır (Çizelge 4.26.). İller Bankası eşitliği kullanılarak yapılan nüfus projeksiyonuna göre (Samsunlu, 1986), 2030 yılında çalışma alanında yaşayan toplam nüfusun 210585 olacağı tahmin edilmektedir (Aydın,1993).

Çizelge 4.26. Yerleşim alanlarının nüfusu ve kanalizasyon altyapı durumu

| No | Yerleşim Biriminin Adı | Nüfus | | Kanalizasyon Durumu | Foseptik Durumu | Açıklama |
|--------------|------------------------|--------|--------|---------------------|-----------------|-------------------------------------|
| | | 1997 | 2030* | | | |
| 1 | GELENDOST | 5262 | 7307 | VAR | YOK | DSİ drenaj kanalına boş ıyor. |
| 2 | Afş | | | | | ş ıyor. |
| 3 | Akdağ | | | | | |
| | ğilli | 2074 | 2880 | VAR | YOK | Özdere'ye boş ıyor. |
| 5 | Balcı | 969 | 1346 | VAR | VAR | |
| 6 | Çaltı | 1074 | 1491 | VAR | VAR | |
| 7 | Köke | 857 | 1190 | VAR | VAR | |
| 8 | Madenli | 2058 | 5458 | VAR | YOK | Yalvaç Deresi'ne boş ıyor. |
| 9 | Yakaköy | 2399 | 3331 | VAR | VAR | |
| 10 | Yenice | 943 | 2030 | YOK | VAR | Ferdi adi foseptik var. |
| 11 | YALVAÇ | 34802 | 92307 | VAR | YOK | Yalvaç ve Salır Deresi'ne boş ıyor. |
| 12 | Akçaş | | | | | |
| | ıkapı | 365 | 507 | VAR | VAR | |
| 14 | Aş ğı Eleğ | | | | | |
| | ş ğitirtar | 344 | 478 | YOK | VAR | Ferdi adi foseptik var. |
| 16 | Ayvalı | 663 | 921 | VAR | VAR | |
| 17 | Bağ | | | | | İŞ. |
| 18 | Bağ şı | 663 | 921 | YOK | VAR | Ferdi adi foseptik var. |
| 19 | Bahtiyar | 1243 | 1726 | VAR | VAR | |
| 20 | Celeptaş | | | | | |
| | ıcal | 328 | 499 | YOK | VAR | Ferdi adi foseptik var. |
| 22 | Çamharman | 599 | 832 | YOK | VAR | Ferdi adi foseptik var. |
| 23 | Çetinçe | 2739 | 3804 | VAR | YOK | Bahtiyar Deresi'ne boş ıyor. |
| 24 | Dedeçam | 2076 | 2883 | YOK | VAR | Ferdi adi foseptik var. |
| 25 | Eğ | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | 492 | 683 | VAR | VAR | |
| 29 | Hüyükü | 3373 | 4684 | VAR | YOK | Yalvaç Deresi'ne boş ıyor. |
| 30 | Kırkbaş | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | ıraltı Deresi'ne boş ıyor. |
| 33 | Körküler | 2693 | 5160 | VAR | YOK | Ova Dere'ye boş ıyor. |
| 34 | Kumdanlı | 2354 | 3269 | VAR | YOK | |
| 35 | Kurusarı | 346 | 480 | VAR | VAR | |
| 36 | Kuyucak | 2564 | 3561 | VAR | YOK | |
| 37 | Mısırlı | 432 | 600 | VAR | VAR | |
| 38 | Özbayat | 3167 | 8400 | YOK | VAR | Ferdi adi foseptik var. |
| 39 | Özgüney | 4231 | 11222 | VAR | YOK | Çadırağ ş ıyor. |
| 40 | Sağırköy | 560 | 1485 | YOK | VAR | Ferdi adi foseptik var. |
| 41 | Sücüllü | 3865 | 5367 | VAR | YOK | Yalvaç Deresi'ne boş ıyor. |
| 42 | Terziler | 550 | 764 | VAR | YOK | Gökçek Deresi'ne boş ıyor. |
| 43 | Tokmacık | 2442 | 3391 | YOK | VAR | Ferdi adi foseptik var. |
| 44 | Yağ ıllar | 719 | 998 | VAR | VAR | |
| 45 | Yarıkkaya | 572 | 794 | VAR | VAR | |
| 46 | Yukarı Eleğ | | | | | |
| | ıtirtar | 247 | 343 | YOK | VAR | Ferdi adi foseptik var. |
| Genel Toplam | | 103715 | 210585 | | | |

* Nüfus tahmini hesaplarında İller Bankası Eşitliği (Samsunlu, 1986) kullanılmıştır.

4.7.1.1. Evsel Sıvı Atıklar

Çalışma alanı içerisinde, 32'sinde tamamen 2'sinde kısmen kanalizasyon mevcut olan toplam 34 yerleşim merkezi bulunmaktadır. Diğer 13 yerleşim merkezinde kişisel basit foseptikler bulunmaktadır. Çalışma alanı içerisinde bulunan yerleşim alanlarının kanalizasyon ve foseptik durumları Çizelge 4.26.'da verilmiştir.

Yalvaç İlçesine ait iki adet kanalizasyon çıkışından birisi Salır Mahallesi güneyinden geçen Salır Deresine diğeri ise Yalvaç Deri Sanayi güneyinde Yalvaç deresi üzerinde DSİ tarafından yapılmış taşkın önleme kanalına boşalmaktadır (Ek 16). Her iki dere Yağcılar kuzeyinde birleşmektedir. Madenli ve Hüyükü kanalizasyonları da Yalvaç Deresi'ne verilmektedir. Gelendost İlçesine ait kanalizasyon, ilçenin 2.5 km güneybatısında DSİ'ye ait drenaj kanalı ile Eğirdir Gölü'ne dökülmektedir. Bağlılı ve Avşar köylerine ait kanalizasyon atıkları da göle dökülen Yalvaç deresine boşaltılmaktadır.

Kanalizasyon sisteminin bulunduğu yerleşimlerde atık sular, en yakın yüzey suyuna boşaltılmaktadır. Çalışma alanı içerisindeki akarsuların tümünün Eğirdir Gölü'ne döküldüğü göz önüne alınırsa, bu akarsulara boşaltılan atık sular doğrudan veya dolaylı olarak Eğirdir Gölü'ne ulaşmaktadır. Foseptiklerde toplanan atık sular ise yeraltısuyuna karışmakta ve yeraltısuyu kirliliğine neden olmaktadır. Yalvaç ilçesine ait arıtma tesisi inşaatı halen devam etmekte olup önümüzdeki yıllarda tamamlanması beklenmektedir.

Arıtılmaksızın yüzey sularına deşarj edilen veya foseptik çukurlarına verilen sıvı atıklar nedeniyle havzada yüzey suları ve yeraltısularının kalitesi olumsuz yönde etkilenmiştir. Bölüm 4.5.'de belirtildiği gibi havzadan yeraltısuyu akımı Eğirdir Gölü'ne olmaktadır.

Evsel atık sular bileşim itibarıyla çözünmüş kolloidler ve askıda maddeleri içerirler. Atık suların özellikleri üzerinde nüfus yoğunluğu, yaşam standardı, yöresel özellikler, iklim vb. faktörlerin etkili olduğu bilinmektedir. Yerleşim alanlarına ait atık suyun kirlilik derecesi mevsimlik, günlük ve saatlik olarak değişiklik

göstermektedir. Evsel atık suların tipik bileşimi üzerine yapılan araştırmalar sonucunda, Çizelge 4.27.'de evsel atık suların tipik kompozisyonu verilmiştir.

Çizelge 4.27. Evsel atık suların tipik kompozisyonu (Metcalf ve Eddy,1991)

| Kirlenmeler | Birim | Konsantrasyon | | |
|---|-------------|---------------|---------|----------|
| | | Zayıf | Orta | Kuvvetli |
| Toplam Katılar (TS) | mg/l | 350 | 720 | 1200 |
| Toplam Çözünmüş Katılar (TDS) | mg/l | 250 | 500 | 850 |
| Fikse Olmuş | mg/l | 145 | 300 | 545 |
| Uçucu | mg/l | 105 | 200 | 325 |
| Askıda Katılar (SS) | mg/l | 100 | 220 | 350 |
| Fikse Olmuş | mg/l | 20 | 55 | 75 |
| Uçucu | mg/l | 80 | 165 | 275 |
| Çökelebilen Katılar | mg/l | 5 | 10 | 20 |
| Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı 5 Gün, 20 0C (BOD5. 20 5C) | mg/l | 110 | 220 | 400 |
| Toplam Organik Karbon (TOC) | mg/l | 80 | 160 | 290 |
| Kimyasal Oksijen İhtiyacı (COD) | mg/l | 250 | 500 | 1000 |
| Toplam Azot | mg/l | 20 | 40 | 85 |
| Organik | mg/l | 8 | 15 | 35 |
| Serbest Amonyak | mg/l | 12 | 25 | 50 |
| Nitrit | mg/l | 0 | 0 | 0 |
| Nitrat | mg/l | 0 | 0 | 0 |
| Toplam Fosfor | mg/l | 4 | 8 | 15 |
| Organik | mg/l | 1 | 3 | 5 |
| İnorganik | mg/l | 3 | 5 | 10 |
| Klorür* | mg/l | 30 | 50 | 100 |
| Sülfat* | mg/l | 20 | 30 | 50 |
| Alkalinita (CaCO ₃ olarak) | mg/l | 50 | 100 | 200 |
| Yağ | mg/l | 50 | 100 | 150 |
| Toplam Koliform | adcl/100 ml | 106-107 | 107-108 | 107-109 |
| Uçucu Organik Bileşikler (VOCs) | microg/l | <100 | 100-200 | >400 |

Evsel atık suların Türkiye şartlarında tespit edilen kişi başına kirlilik yükleri aşağıda Çizelge 4.28.'de verilmektedir. Çalışma alanı içinde mevcut ve gelecekte oluşacak tahmini nüfus dikkate alınarak su tüketim miktarı ve atık su, aşağıdaki Çizelge 4.29.'da yer alan kişi başına su kullanım değerleri esas alınarak belirlenmiş ve Çizelge 4.30.'da sunulmuştur. Burada, kullanılan suyun % 30'unun kayıp olacağı kabul edilerek, atık su miktarları hesaplanmıştır.

Çizelge 4.28. Evsel atık suda önemli kirleticilere ait birim yükler (Orhon vd. 1994)

| Parametre | Birim Yük (g/kişi gün) |
|----------------|---------------------------|
| BOİ | 45-100 |
| KOİ | 70-220 |
| AKM | 70-150 |
| Toplam Katılar | 150-300 |
| Yağ-gres | 10-40 |
| Toplam N | 6-15 |
| Toplam P | 0.6-4 |

Çizelge 4.29. Yerleşim alanlarının nüfusuna karşılık su kullanım miktarları (Orhon vd 1994)

| Nüfus | Su kullanımı (l/kişi/gün) |
|-----------------|------------------------------|
| >3.000 | 60 |
| 3.000-5.000 | 70 |
| 5.000-10.000 | 80 |
| 10.000-30.000 | 100 |
| 30.000-50.000 | 120 |
| 50.000-100.000 | 170 |
| 100.000-200.000 | 200 |
| 200.000-300.000 | 225 |

Çizelge 4.26.'da belirtildiği gibi 1997 yılı nüfus sayımı sonuçlarına göre çalışma alanında toplam 6021 m³/gün olan atık su miktarının 2030 yılında yaklaşık 3 kat artarak 17198 m³/gün 'e ulaşması tahmin edilmektedir. Çizelge 4.31.'de yerleşim merkezlerinin atık su deşarj noktalarına göre mevcut ve gelecekteki tahmini su tüketimleri ve atık su miktarlar ve oranları verilmiştir. Çalışma alanı içindeki yerleşim merkezlerinden kaynaklanan atık su miktarının 1997 yılında %78'i kanalizasyondan derelere deşarj edilmekte iken Yalvaç arıtma tesisinin tamamlandığı dikkate alınarak, 2030 yılında bu oranın %21'e düşeceği, 1997 yılında %13'ü kanalizasyondan fosseptiklere deşarj edilmekte iken 2030 yılında bu oranın %9'a düşeceği, 1997 yılında %9 olan basit fosseptik deşarjının 2030 yılında %6'ya düşeceği görülmektedir. Gelecek yıllarda yüzey suları ve yeraltı sularının kirlilik oranının ve dolayısı ile Eğirdir Gölü'ne taşınan kirlilik yükünün Yalvaç arıtma tesisinin devreye girmesi ile azalacağı anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.30. Yerleşim merkezlerinin mevcut ve gelecekteki tahmini su tüketimleri ve atık su miktarları

| No | Yerleşim Biriminin Adı | Nüfus 1997 | Su Tüketimi 1997 (m ³ /gün) | Atık su Miktarı 1997 (m ³ /gün) | Nüfus 2030* | Su Tüketimi 2030 (m ³ /gün) | Atık su Miktarı 2030 (m ³ /gün) |
|--------------|------------------------|------------|--|--|-------------|--|--|
| 1 | GELENDOST | 5262 | 420.96 | 294.67 | 7307 | 584.56 | 409.19 |
| 2 | Afşar | 2202 | 132.12 | 92.48 | 5840 | 467.20 | 327.04 |
| 3 | Akdağ | 257 | 15.42 | 10.79 | 357 | 21.42 | 14.99 |
| 4 | Bağlıllı | 2074 | 124.44 | 87.11 | 2880 | 172.80 | 120.96 |
| 5 | Balcı | 969 | 58.14 | 40.70 | 1346 | 80.76 | 56.53 |
| 6 | Çaltı | 1074 | 64.44 | 45.11 | 1491 | 89.46 | 62.62 |
| 7 | Köke | 857 | 51.42 | 35.99 | 1190 | 71.40 | 49.98 |
| 8 | Madenli | 2058 | 123.48 | 86.44 | 5458 | 436.64 | 305.65 |
| 9 | Yakaköy | 2399 | 143.94 | 100.76 | 3331 | 233.17 | 163.22 |
| 10 | Yenice | 943 | 56.58 | 39.61 | 2030 | 121.80 | 85.26 |
| 11 | YALVAÇ | 34802 | 4176.24 | 2923.37 | 92307 | 15692.19 | 10984.53 |
| 12 | Akçaşar | 317 | 19.02 | 13.31 | 440 | 26.40 | 18.48 |
| 13 | Altıkapı | 365 | 21.90 | 15.33 | 507 | 30.42 | 21.29 |
| 14 | Aşağı Eleği | 175 | 10.50 | 7.35 | 200 | 12.00 | 8.40 |
| 15 | Aşağıtirtar | 344 | 20.64 | 14.45 | 478 | 28.68 | 20.08 |
| 16 | Ayvalı | 663 | 39.78 | 27.85 | 921 | 55.26 | 38.68 |
| 17 | Bağkonak | 2978 | 178.68 | 125.08 | 4135 | 289.45 | 202.62 |
| 18 | Bağlarbaşı | 663 | 39.78 | 27.85 | 921 | 55.26 | 38.68 |
| 19 | Bahtiyar | 1243 | 74.58 | 52.21 | 1726 | 103.56 | 72.49 |
| 20 | Celeptaş | 400 | 24.00 | 16.80 | 555 | 33.30 | 23.31 |
| 21 | Çakıcal | 328 | 19.68 | 13.78 | 499 | 29.94 | 20.96 |
| 22 | Çamharman | 599 | 35.94 | 25.16 | 832 | 49.92 | 34.94 |
| 23 | Çetince | 2739 | 164.34 | 115.04 | 3804 | 266.28 | 186.40 |
| 24 | Dedeçam | 2076 | 124.56 | 87.19 | 2883 | 172.98 | 121.09 |
| 25 | Eğirler | 607 | 36.42 | 25.49 | 843 | 50.58 | 35.41 |
| 26 | Eyüpler | 1978 | 118.68 | 83.08 | 5246 | 419.68 | 293.78 |
| 27 | Gökçeali | 122 | 7.32 | 5.12 | 169 | 10.14 | 7.10 |
| 28 | Hisarardı | 492 | 29.52 | 20.66 | 683 | 40.98 | 28.69 |
| 29 | Hüyükülü | 3373 | 236.11 | 165.28 | 4684 | 327.88 | 229.52 |
| 30 | Kırkbaş | 604 | 36.24 | 25.37 | 839 | 50.34 | 35.24 |
| 31 | Koruyaka | 1982 | 118.92 | 83.24 | 5257 | 420.56 | 294.39 |
| 32 | Kozluçay | 3913 | 273.91 | 191.74 | 5434 | 434.72 | 304.30 |
| 33 | Körküler | 2693 | 161.58 | 113.11 | 5160 | 412.80 | 288.96 |
| 34 | Kumdanlı | 2354 | 141.24 | 98.87 | 3269 | 228.83 | 160.18 |
| 35 | Kurusarı | 346 | 20.76 | 14.53 | 480 | 28.80 | 20.16 |
| 36 | Kuyucak | 2564 | 153.84 | 107.69 | 3561 | 249.27 | 174.49 |
| 37 | Mısırlı | 432 | 25.92 | 18.14 | 600 | 36.00 | 25.20 |
| 38 | Özbayat | 3167 | 221.69 | 155.18 | 8400 | 672.00 | 470.40 |
| 39 | Özgüney | 4231 | 296.17 | 207.32 | 11222 | 1122.20 | 785.54 |
| 40 | Sağırköy | 560 | 33.60 | 23.52 | 1485 | 89.10 | 62.37 |
| 41 | Sücüllü | 3865 | 270.55 | 189.39 | 5367 | 429.36 | 300.55 |
| 42 | Terziler | 550 | 33.00 | 23.10 | 764 | 45.84 | 32.09 |
| 43 | Tokmacık | 2442 | 146.52 | 102.56 | 3391 | 237.37 | 166.16 |
| 44 | Yağcılar | 719 | 43.14 | 30.20 | 998 | 59.88 | 41.92 |
| 45 | Yarıkkaya | 572 | 34.32 | 24.02 | 794 | 47.64 | 33.35 |
| 46 | Yukarı Eleği | 115 | 6.90 | 4.83 | 158 | 9.48 | 6.64 |
| 47 | Yukarıtirtar | 247 | 14.82 | 10.37 | 343 | 20.58 | 14.41 |
| Genel Toplam | | 103715 | 8601.75 | 6021.23 | 210585 | 24568.88 | 17198.22 |

* Nüfus tahmini hesaplarında İller Bankası Eşitliği (Samsunlu, 1986) kullanılmıştır.

Çizelge 4.31. Yerleşim merkezlerinin atık su deşarj noktalarına göre mevcut ve gelecekteki tahmini su tüketimleri ve atık su miktarlar ve oranları

| Atık Su Deşarj Kriteri | Yerleşim Merkezi Sayısı | Nüfus 1997 | Su Tüketimi 1997 (m ³ /gün) | Atık su Miktarı 1997 (m ³ /gün) | Yüzde Oranı (%) | Nüfus 2030* | Su Tüketimi 2030 (m ³ /gün) | Atık su Miktarı 2030 (m ³ /gün) | Yüzde Oranı (%) |
|---------------------------------------|-------------------------|------------|--|--|-----------------|-------------|--|--|-----------------|
| Kanalizasyonu Dereye Deşarj Edilen | 14 | 72680 | 6707.98 | 4695.59 | 78 | 64750 | 5178.38 | 3624.87 | 21 |
| Kanalizasyonu Foseptiğe Deşarj Edilen | 20 | 18887 | 1133.22 | 793.25 | 13 | 31185 | 2155.82 | 1509.07 | 9 |
| Şahsi Adi Foseptiği Bulunan | 13 | 12148 | 760.55 | 532.39 | 9 | 22343 | 1542.49 | 1079.74 | 6 |
| Yalvaç Arıtma Tesisi | 1 | - | - | - | - | 92307 | 15692.19 | 10984.53 | 64 |
| Toplam | 47 | 103715 | 8601.75 | 6021.23 | 100 | 210585 | 24568.88 | 17198.21 | 100 |

4.7.1.2. Katı Atık Depolama Alanları

Çalışma Alanı içinde yer alan düzenli bir çöp depolama alanı bulunmamaktadır. Genellikle her yerleşim merkezi kendi imkanları ile topladıkları ve yine ilçe merkezlerine yakın bölgelere çöplerini döktüğü, düzensiz depolama alanları mevcuttur. Yalvaç ilçesi belediyenin imkanları ile ilçe merkezine 3 km uzaklıktaki Deliktaş-Hisar bölgesine düzensiz olarak çöplerini dökmektedir. Gelendost'da merkeze 10 km. uzaklıktaki açık araziye çöplerini dökmektedir (Ek 16).

Çalışma alanındaki diğer belediye ve köyler ise çöplerin kendi imkanları ile yerleşimlerine yakın yerlerdeki açık arazilere bırakmaktadırlar. Ancak bu yerleşim yerlerinde çöplerin düzenli bir şekilde toplanması ve depolanması yapılmamaktadır. Çöpler kontrolsüz şekilde gelişi güzel depolanmaktadır.

Katı atık depolama alanlarından kaynaklanan yüzey suları ve yeraltısularını tehdit eden en önemli kirlilik unsuru sızıntı suyudur. Katı atık depolama alanlarında oluşan sızıntı suyu bileşenlerini Heyer vd. (1999), temelde üç grupta toplamışlardır.

1. Katı atık depolama alanında ayrışmalar sırasında oluşan sızıntı suyu,
2. Katı atık depolama alanına dökülen ve sıkıştırılan katı atığın su içeren bileşiklerinin sıkıştırılmasından oluşan sızıntı suyu

3. Katı atık depolama alanının yüzeyine düşen yağışların, kontrol altına alınmamışsa, deponi kütesinden geçerek oluşturduğu sızıntı suyudur.

Katı atık depolama alanında göre bu sayılan üç grubun birleşmesi sonucu oluşan sızıntı suyunun karakteristik özellikleri Çizelge 4.32.'de verilmiştir.

Çizelge 4.32. Katı atık depolama alanı sızıntı suyu karakteristikleri (Heyer vd., 1999)

| Parametre | Değer (mg/l) |
|--------------------|--------------|
| KOİ | 6000-60000 |
| BOİ ₅ | 4000-40000 |
| TOC | 1500-25000 |
| AOX | 540-3450 |
| N (organik) | 10-4250 |
| NH ₄ -N | 30-3000 |
| TKN | 40-3425 |

Katı atık depolama alanlarından kaynaklanan sızıntı suyunun miktarı ve içeriği; katı atığın içeriğine, sıkışma derecesine, yağış şiddetine, miktarına ve buharlaşma değerlerine bağlı olarak değişmektedir. Katı atık depolama alanlarındaki çöp kütesinden geçen yağmur suları, geçiş sırasında katı atıkların içinde bulunan tüm suda çözünebilir maddeleri bünyesine alarak yüzey suyu ve yeraltı suyuna taşımaktadır. Katı atıkların depolandıkları yerlerin hastalık yapıcı ve taşıyıcı organizmalar için çok müsait bir üreme ortamı olmasından dolayı, bu alanlardan kaynaklanan sızıntı suları sağlık açısından son derece tehlikelidir.

4.7.2. Tarımsal Faaliyetler

Günümüzde artan nüfusa bağlı olarak tarımsal üretim artmaktadır. Bu artışla doğal gübre ve ilaçların ihtiyacı karşılayamamasından ve yüksek maliyetler nedeniyle sentetik gübre ve ilaçların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Ürün miktarında ve kalitesinde elde edilen artış ile çok yaygın olarak kullanılan sentetik kimyasallar çevre sorunlarına neden olmaktadır. Yapılan araştırmalar tarımsal alanlarda kullanılan kimyasalların yüzey suyu ve yeraltı suyu kaynaklarının kirlenmesine neden olduğunu göstermektedir. Yapılan bu araştırmalar yeraltı suyu kaynaklarının kirlenmesinde tarımsal ilaçların ve azotlu gübrelerin önemli etkisinin olduğunu göstermektedir.

Çalışma alanındaki mevcut tarımsal faaliyetlerin durumu ekim türleri ve alanları bakımından çalışma alanı içinde kalan ilçeler bazında incelenmiştir. İncelenen alanlarda ekim türleri genel olarak üç ana grupta toplanmıştır. Bunlardan birincisi tarla ürünleri (buğday, arpa, çavdar, nohut vs.), ikincisi sebze ürünleri (fasulye, lahana, ıspanak vs.), üçüncüsü meyve ürünleri (elma, kiraz, vişne, üzüm vs.) olarak verilebilir. Öncelikle ekim alanları ve üretim miktarları açısından zirai faaliyetlerin açıklandığı bu faaliyetler üç ana grup üzerinde incelenmiştir (HÜ, 1999).

Yalvaç ilçesi kuru tarım alanı ilçe genelinin % 32.72'sini, sulu tarım alanı %3.5'ini, bağ-bahçe % 4.5'ini, çayır-mera % 21'ini, orman-fundalık alan % 11.4'ünü, yerleşim alanları % 0.5'ini, diğer araziler % 21.7'ini oluşturmaktadır. Gelendost ilçesi kuru tarım alanı ilçe genelinin %29.8'ini, sulu tarım alanı % 5.1'ini, bağ-bahçe %4.7'sini, çayır-mera %9.3'ünü, orman-fundalık %34.5'ini , tarım dışı % 0.4'ünü , kalanı ise diğer arazilerden oluşmaktadır. Çalışma alanında tarımsal alanlar ve ekim türlerine göre Çizelge 4.33.'de verilmiştir.

Çizelge 4.33. Ekili alanların ürün türlerine ve ilçelere göre dağılımı

| İlçe | Ekim Türleri ve Alanları | | |
|-----------|--------------------------|-----------------|-----------------|
| | Tarla Ürünleri (Ha) | Meyvacılık (Ha) | Sebzecilik (Ha) |
| Gelendost | 19090 | 3495 | 35 |
| Yalvaç | 40006 | 4053 | 958 |
| Toplam | 59096 | 7548 | 993 |

Çalışma Alanındaki toplam tarım alanı 67637 ha'dır. Kirletici olarak kabul edilen tarım koruma ve destekleme faaliyetlerinin yapıldığı toplam tarım alanı ise 41534 ha'dır. Bu arazilerin havza içerisindeki ilçelere göre dağılımı Çizelge 4.34.'de verilmiştir.

Çizelge 4.34. Tarım arazilerinin ilçelere göre dağılımı

| İlçe | Hububat (Ha) | Gül (Ha) | Sebze (Ha) | Meyve (Ha) | Bağ (Ha) |
|-----------|--------------|----------|------------|------------|----------|
| Gelendost | 12500 | 10 | 35 | 2821 | 150 |
| Yalvaç | 20000 | --- | 750 | 3768 | 1500 |
| Toplam | 32500 | 10 | 785 | 6589 | 1650 |
| 41534 | | | | | |

4.7.2.1. Bitki Besin Maddeleri

Çalışma alanı içerisindeki ziraat alanlardaki bitkilerin beslenmesi amacıyla sentetik ve doğal gübreler kullanılmaktadır. Köy Hizmetleri Isparta İl Müdürlüğü'nden alınan bilgilere göre yörede kullanılan gübre çeşitleri sentetik olarak hazırlanmış azot (saf N), fosfor (Saf P₂O₅) ve potasyum (K₂O) bileşikleriyle çiftlik gübresidir. Yine aynı kaynaktan alınan bilgilere göre gübrelerin ilçelere göre dağılımı Çizelge 4.35.'de verilmiştir (HÜ, 1999).

Çizelge 4.35. Gübre tüketiminin ilçelere göre dağılımı

| İlçe | Toplam* (ton) | Saf N (ton) | Saf P ₂ O ₅ (ton) | Saf K ₂ O (ton) | Çiftlik Gübresi** (ton) |
|-----------|------------------|-------------|--|-------------------------------|----------------------------|
| Gelendost | 1038 | 588 | 366 | 84 | 26500 |
| Yalvaş | 2202 | 1046 | 1131 | 25 | 23400 |
| Toplam | 3240 | 1634 | 1497 | 109 | 49900 |

* Sentetik gübrelerin toplamını vermektedir.

** Tahmini sonuçlar verilmiştir.

Çalışma alanındaki tarım arazilerinde 1997 yılında, 3240 ton sentetik gübre ve toplam 49900 ton kuru çiftlik gübresi kullanılmıştır. Bu sonuçlara göre çiftlik gübrelerinin sentetik gübrelerle oranla daha fazla kullanıldığı görülmektedir. Kullanılan toplam gübre miktarının %93'ünü kuru çiftlik gübresi, % 6'sını ise sentetik gübreler oluşturmaktadır. Isparta genelinde tarım arazilerinin % 92'sinde gübre kullanıldığı düşünülürse, bu orana göre çalışma alanındaki 67637 ha tarım arazisinin 62226 ha'ı gübrelenmektedir.

Gübrelerin tarımda giderek artan oranlarda kullanılması, yüksek çözünme özelliğine sahip olmasından ve topraktan kolayca yıkanarak, etkin maddelerin bir kısmı içme suyu kaynaklarının başında yer alan yeraltısuyuna ulaşması önemli bir kirlilik unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışma alanında kullanılan tarımsal gübreler, toprağa verilen azotlu ve fosforlu kimyasal maddeler, yağmur ve sulama suları ile yeraltısularına karışabilirler ve eğim yönünde hareket ederek göle ulaşabilirler. Azotlu ve fosforlu kimyasallar göl ve

akarsuların oksijence yoksullaşmasına (ötrofikasyon) sebep olarak biyolojik dengeyi bozarak göl hayatının olumsuz yönde etkilenmesine neden olabilirler (HÜ,1999).

4.7.2.2. Tarımsal Mücadele İlaçları

Çalışma alanında özellikle meyveciliğin egemen olduğu tarımsal faaliyetler sürdürülmektedir. Bu nedenle yaygın olarak zirai mücadele ilaçları kullanılmaktadır. Çalışma alanında tarımsal mücadele ilaçları olarak genelde pestisid olarak tanımlanan kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Pestisitler işlevleri açısından çeşitli alt gruplara ayrılırlar. Bunlar; böcek öldürücü insektisitler, mantar hastalıkları ile mücadelede kullanılan fungusitler, örümcek öldürücü akarisitler, yabancı ot mücadelesinde kullanılan herbisidlerdir (HÜ,1999). Çalışma alanında kullanılan tarım koruma ilaçlarının ilçelere göre dağılımları Çizelge 4.36.'da verilmiştir (Aydın,1993).

Çizelge 4.36. Kullanılan tarım koruma ilaçlarının ilçelere göre dağılımı

| İlçe | Insektisit (kg.) | Fungusit (kg.) | Akarisit (kg.) | Herbisit (kg.) | CuSO ₄ (kg.) |
|-----------|------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|
| Gelendost | 20253 | 12111 | 11856 | 9375 | 100530 |
| Yalvaç | 14226 | 10624 | 10200 | 20312 | 87000 |
| Toplam | 34479 | 22735 | 22056 | 29687 | 187530 |

Tarımsal faaliyetlerde kullanılan ilaçların (pestisitlerin) büyük bir kısmı zehirli kimyasal madde özelliklerini taşımakta olup doğal çevrede yaşamakta olan canlılar üzerinde olumsuz etkiler yaratır. Bu ilaçlar, suda buldukları konsantrasyonlara bağlı olarak göl sularında yaşamakta olan tatlı su canlılarının ölmelerine neden olabilirler. Aynı zamanda ilaçlar sudaki canlıların üreme hızlarının azalmasına da neden olabilirler.

Tarımsal mücadele ilaçlarının yüzey suları ve yeraltısularına karışması çeşitli yollarla gerçekleşmektedir. Bunlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Mücadele aletlerinin ilaçlama için yüzey sularının kıyısında hazırlanması,

- İlaçlama sırasında ilaç partiküllerinin rüzgarla savrularak yüzey sularına ulaşması,
- Püskürtme sonucu bitki ve toprak yüzeyinde kalan ilaçların yağmur ve sulama suları ile yeraltı sularına iletilmesi ve yamaç arazide eğim yönünde hareket ederek yüzey sularına ulaşması,
- İlaçlama sonrası yüzeysularının kenarında alet ve ekipmanların temizlenmesi sonucu ortaya çıkan ilaçlı suların yüzey sularına karışması,
- Boşalmış ilaç kutularının bilinçsizce çevreye atılması,

Isparta ilindeki elma ağaçlarının ilaçlanmasında Entegre Mücadele Programı uygulanmaktadır. Bu programın temel amacı meteorolojik ve biyolojik araç ve ölçümlerle, hastalık ve zararlıların biyolojisini izlemek ve buna göre ilaçlama zamanını hassas şekilde tespit etmek, böylece gereksiz ilaçlamaların önüne geçmektir. Kimyasal mücadelenin yanında çevreye zarar vermeyen diğer mücadele metotlarının uygulanması ile çevre kirliliğini asgari bölümde tutmaktır. Ülkemizde çevrede kalıcı olarak bilinen klorlu hidrokarbon grubu, civalı ve arsenikli ilaçların kullanılmasının yasaklanması, bu ilaçların yaratacağı olumsuz etkilerin ortadan kalkmasına neden olmuştur. Ayrıca Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü'nün Eğirdir Gölü'nde şimdiye kadar sürdürmüş olduğu çalışmalarında pestisid seviyelerinin düşük olduğu bildirilmiştir (HÜ, 1999).

Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan su kirliliği bu çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

4.7.3. Endüstriyel Faaliyetler

Çalışma alanında ve çevresinde yaygın olarak elma üretimi yapılmakta ve ürünler çalışma alanı içerisinde bulunan soğuk hava depolarında saklanmaktadır. Özellikle Gelendost ilçesi ve yakın çevresinde bulunan soğuk hava depoları, kullandıkları amonyaklı suları fosseptik, kanalizasyon ve yüzey sularına boşaltmaktadırlar. Soğuk hava depoları atık sularını senede bir kez boşaltmalarından ve süreklilik

göstermemesinden dolayı bu suların özelliklerinin belirlenmesi zordur. Soğuk hava depoları dışındaki en önemli endüstriyel kirlilik kaynağı, Yalvaç merkezinde faaliyet gösteren ve atık sularını Yalvaç Dere'sine boşaltan Yalvaç Deri Sanayiidir.

Kuruluşu çok eski yıllara dayanan Yalvaç Tabakhaneleri, bugün tamamen yerleşim alan içerisinde kalmıştır. İşletmeler kendi imkanları ile yaptıkları binalarda günün şartlarına göre çok ilkel şartlarda çalışmaktadırlar. Isparta deri sektöründe Yalvaç'ta küçükbaş hayvan derisi ve kösele işlenen 80 dolayında işyeri mevcut olup, yılda 2000 ton astar ve kösele, 250.000 adet küçükbaş hayvan derisi işlenmektedir.

Deri, ardışık bir dizi işlemler sonunda ortaya çıkan nihai bir mamul üründür. Deri işlenmesinde, amaçlanan mamul tipine ve kullanılan teknolojiye bağlı olarak değişik miktarda katı ve sıvı atıklar oluşmaktadır. Atıkların özellikleri ve kirlilik yükleri kullanılan kimyasal maddelerin nitelik ve niceliklerine göre değişiklik göstermektedir. Katı atıklar; budama, etleme, yarma, traş, zımpara ve tozları ile diğer atıklardan oluşmaktadır (DPT, 2000).

Deri sanayiinin atık sularının arıtılmadan alıcı sulara boşaltılması, boşaltım noktasının hemen yanındaki yerlerde dipte çamur birikmesine neden olur. Bu çamur birikintilerinin ayrışması sonucu kötü koku ve gazlar açığa çıkmaktadır. Atık sudaki organik maddeler, krom ve sülfür bileşikleri, çözültide ve çamurda kimyasal oksidasyon sonucu büyük bir oksijen tüketimine sebep olduğu gibi, alıcı suyun çözülmüş oksijen konsantrasyonunu da azaltır.

Deri işleme prosesleri sonucunda kullanılan maddeler: Deri işleme prosesleri sonucunda kullanılan maddelerin en önemlileri, ortamda uzun süre kalıcı ve zehirli olan kimyasal maddeler ve türevleridir. Bu maddelerin belirli bölümlerden sonra normal ortamda yaşayan ekosistem bireylerinin yaşamsal faaliyetlerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadırlar. Bu maddeler içerisinde yer alan ağır metal deyimi doğadaki tüm metalleri ve metalloidleri kapsamaktadır (Beyazıt ve Peker, 1998).

Ağır metaller ile kirlenmiş olan atık sular genel olarak biyokimyasal oksijen ihtiyacı BOİ₅ değeri düşük, asidik, suda yaşayan ve bu suyu kullanan canlılar için çok zehirli

ve inorganik karakterli sulardır. Kirliliği oluşturan, krom, kurşun, nikel, bakır, çinko, civa, kadmiyum gibi ağır metal iyonlarıdır. Bünyede belirli sınır konsantrasyonların açılması halinde ise canlıda zehirli etkiler söz konusu olur. Bu birikim sonucunda balıklar ve sularda yaşayan diğer canlılar ölebilir ve hatta bu tür su ürünleriyle beslenen insanların bile olumsuz sağlık etkilerine uğramaları söz konusu olabilir. Ağır metaller sucul ortamda belli oranlarda eser halde bulunmalarına rağmen organizmalardaki doğal bölümleri ve birikimleri farklı bölümlerde olmaktadır. Beyazıt ve Peker, (1998)'e göre bu metaller çevrede kirlenmeye neden olduğundan, düşük konsantrasyonlarda bile insan vücuduna zehirli etki göstermektedirler. Bu nedenle bu maddelerin konsantrasyonlarının çoğunlukla önlenmesi ve kontrol edilmesi gerekir.

Derilerin yaş kromlu tabaklanma yöntemiyle tabaklanmasında, temizleme ve tabaklama işlemleri sırasında kullanılan kimyasal maddeler, her işlemi takip eden su ile yıkama sonucu atık suya karışmaktadır. Ancak daha önce kimyasal madde zeltileri ile yapılan işlemler sırasında hazırlanan zeltideki kimyasal maddelerin tamamı deri tarafından kullanılmadan atılmaktadır. Bazı işletmelerde konsantrasyonu azalmış ve kısmen kirlenmiş bu kimyasal zeltiler de atık suya karıştırılarak uzaklaştırılmakta ve böylece kirlenme yükünün artmasına neden olmaktadır (şengül, 1989).

Deri atık suları ile gelen anthrax bakterilerinin varlığı alıcı suda enfeksiyona, hayvanlarda ve insanlarda bulaşıcı hastalıkların oluşmasına neden olur, patojenik bakteriler içeren, yüksek BOI₅'li yüksek askıda katı maddeli ve zehirli madde içeren deri atık suları alıcı sular için özellikle tehlikelidirler (Clough,1979).

Deri sanayiinde sülfürün oluştuğu kaynaklar ve sülfürlü atık suların kirliliği: İslatma ve n kavelate gibi işlemlerden sonra, derilerinin yn veya kıllarını uzaklaştırmak gerekir. Kıymetli bir yan ürün olan yn ve yapağı fazla zarar görmeden uzaklaştırılmalıdır. Bu işlem, tüm dünyada yaygın olarak uygulanmakta olan klasik bir metodla yapılmaktadır ve buna "kireç-zırnık (sodyum sülfür)badana" sistemi denilmektedir. (Egemenoğlu, 1983).

Geleneksel olarak işlenen 1 ton büyükbaş ham derinin işlentisi ile elde edilen mamul derinin üretimi sırasında ortaya çıkan katı ve sıvı atıklar ve proseslerin kirlilik yükü aşağıda Çizelge 4.37. ve Çizelge 4.38.'de gösterilmiştir (DPT, 2000).

Çizelge 4.37. Geleneksel olarak 1 ton ham derinin işlenmesi ile ortaya çıkan sıvı atık miktarı (DPT, 2000)

| 50 m ³ Atık Su Bileşimi (kg) | |
|---|---------|
| KOI | 235-250 |
| BOİ ₅ | 100 |
| Askıda Katı Madde | 150 |
| Krom | 5-6 |
| Sülfid | 10 |

Çizelge 4.38. Geleneksel olarak 1 ton ham derinin işlenmesi ile ortaya çıkan katı atık miktarı (DPT, 2000)

| Katı Atık ve Yan Ürünleri | |
|---------------------------|-----------|
| Tabaklanmamış | |
| Ham Budama Atıkları | 120 kg |
| Etleme Atıkları | 70-230 kg |
| Tabaklanmış | |
| Tabaklanmış Parçacıklar | 115 kg |
| Budama+Traş 100 kg | |
| Zımpara Tozları | 2 kg |
| Budama Atıkları | 32 kg |

Derinin işlentisi sırasında çok yüksek miktarlarda atık ve atık su çıktığı, en yüksek kirliliğin ise; kireçlik ve retenaj işlemlerinden kaynaklandığı görülmektedir. Kireçlikte kirlilik kaynakları; keratin, emülsifiye olmuş hayvansal yağ ve kollajenden ayrılmış çözünmüş proteinler ile sülfürdür. Çevre kirliliği açısından problem yaratan ve üzerinde en çok durulan bir diğer proses de tabaklama işlemidir. DPT, (2000)'e göre geleneksel krom tabaklamanın kullanıldığı işletmelerdeki kromlu atık flottelerin yıkama ve sıkma suları da dahil olmak üzere, 1000-1500 mg/l Cr₂O₃ içerdiği ve bu flottelerin wet-blue aşamasında kadar 3-4 kg/t Cr₂O₃ içerdiği tespit edilmiştir.

Deri sanayiinde uygulanan proseslerde çok miktarda kimyasal madde kullanımı mevcuttur. Bu kimyasalların cins ve miktarları, işlenen deri cinsine (büyükbaş veya küçükbaş), üretilen ürün tipine, bu maksatla uygulanacak prosesin özelliklerine tesisin teknolojisine ve kapasitesine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Aşağıda genel olarak bu sanayide kullanılan kimyasal maddeler ile ilgili Çizelge 4.39.'da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Deri sanayiinde kullanılan kimyasal maddeler

| Genel Kullanımlı Kimyasal Maddeler | Ortalama Tüketilen Miktar kg/100 kg ham deri | |
|------------------------------------|--|------|
| | Türkiye | UNEP |
| * Sodyum Sülfür | 2.5 | 3.5 |
| Kalsiyum hidroksit | 32.0 | 4.5 |
| * Amonyum sülfat | 0.5 | 2.0 |
| Sodyum bisülfat | - | 1.5 |
| Sodyum klorür | 6.0 | 10.0 |
| Kalsiyum formiyat | - | 2.0 |
| * Sodyum formiyat | 2.0 | - |
| Sülfirik asit % 96 | 0.8 | 4.0 |
| Formik asit | 1.9 | - |
| Temel Debagat Maddeleri | | |
| * Krom tuzları | 10.0 | 10.0 |
| Bitkisel Kimyasal Maddeler | 3.0 | 3.0 |
| Diğer Kimyasal Maddeler | | |
| * Solventler | 2.5 | - |
| Bakterisidler | 0.3 | 0.3 |
| Syantantlar | 2.0 | 3.0 |
| Yağlayıcılar | 8.0 | 4.0 |
| * Boyar maddeler (yardımcı) | 2.0 | 3.8 |
| * Boyarlar | 2.0 | 0.6 |
| Finisaj maddeleri | 4.0 | 4.0 |

UNEP : Birleşmiş Milletler Çevre Programı

Deri sanayinde kullanılan kimyasal maddelerin çoğunluğu zehirli, zararlı ve tehlikeli maddeler kategorisine girmektedirler. Özellikle pestisit grubu içinde yer alan kimyasal maddeler I.Sınıf'a girmektedirler.

Deri sanayii atık sularının karıştığı yüzey suları ve yeraltısularında, sülfür ve organik maddelerin yanı sıra özellikle krom ve çinko gibi ağır metal konsantrasyonlarında bir artış beklenmektedir. Ağır metaller ile kirlenmiş olan yüzey suları ve yeraltısuları, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅) değeri düşük, asidik, inorganik ve canlılar için çok zehirli özellikteki sulardır.

Her türlü olumsuz etkiye açık olan yüzey suları, çok kolay kirlenebilmesinin yanında yeraltısularına göre çok daha kolay eski kalitesine dönebilmektedir. Bunun yanında yeraltısuları kirlenmeye karşı yüzey sularına göre çok daha hassastır. Yeraltısuyu kirlendiğinden, değişim ve seyrelme kapasitesinin çok sınırlı oluşu sebebiyle pek çok kullanım açısından kalitesini çok uzun bir zaman süresi için kaybeder. Kirlenmiş bir yeraltısuyunun iyileştirme çalışmaları, hem çok pahalı hem de çok zaman almaktadır. Yeraltısuyu kaynaklarının kullanımı, korunması ve kirlenmiş ise iyileştirilmesine yönelik çalışmalarda mevcut yeraltısuyu kalitesi, aktiflerin durumu ve özellikleri, yeraltısuyu akış yönleri, mevcut çekimler, emniyetli çekim miktarları, yeraltısuyu seviyeleri belirlenmelidir. Bu amaçla yeraltısuyu akışı yoluyla Eğirdir Gölü su kalitesine olumsuz etkilerin boyutu Bölüm 4.6.'da yeraltısuyu akım modellemesi yöntemiyle tahmin edilmeye çalışılmıştır.

4.7.4. Çalışma Alanındaki Yüzey Suları ve Yeraltısularının Hidrojeokimyasal ve İzotop Jeokimyasal Sınıflaması

Çalışma alanında bulunan yüzey suları ve yeraltısularının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla detaylı arazi çalışmaları sonucunda belirlenen 18 noktadan, 2002 yılı Mayıs ve Ekim aylarında alınan 28 örnek üzerinde belirlenen in-situ parametreleri ve hidrojeokimyasal analiz sonuçları kullanılmıştır. 2002 yılı Mayıs ve Ekim aylarında belirlenen in-situ parametreleri Ek 17'de verilmiştir. Bu verilere ek olarak Altinkale (2001) tarafından çalışma alanında yapılmış duraylı izotop analiz sonuçları bu çalışmada kullanılmıştır. 2002 Mayıs ve 2002 Ekim aylarında yapılan Hidrojeokimyasal analiz sonuçları Ek18' de verilmiştir.

4.7.4.1. Schoeller'e göre Suların Sınıflaması

Schoeller (1955), suları Cl^- , SO_4^{2-} ve $CO_3^{2-} + HCO_3^{2-}$ derişim miktarlarına göre sınıflamıştır (Çizelge 4.40.). Schoeller (1955)'e göre çalışma alanındaki suların tümü klorür miktarına göre "normal klorürlü sular" sınıfına ve sülfat miktarına göre "normal sülfatlı sular" sınıfına girmektedir. Karbonat+bikarbonat miktarına göre S6 (Ekim), S7 (Ekim), S9 (Ekim), S11 (Mayıs) ve G2 (Mayıs) nolu örnekleri "hiperkarbonatlı sular" sınıfına, diğer sular ise "normal karbonatlı sular" sınıfına

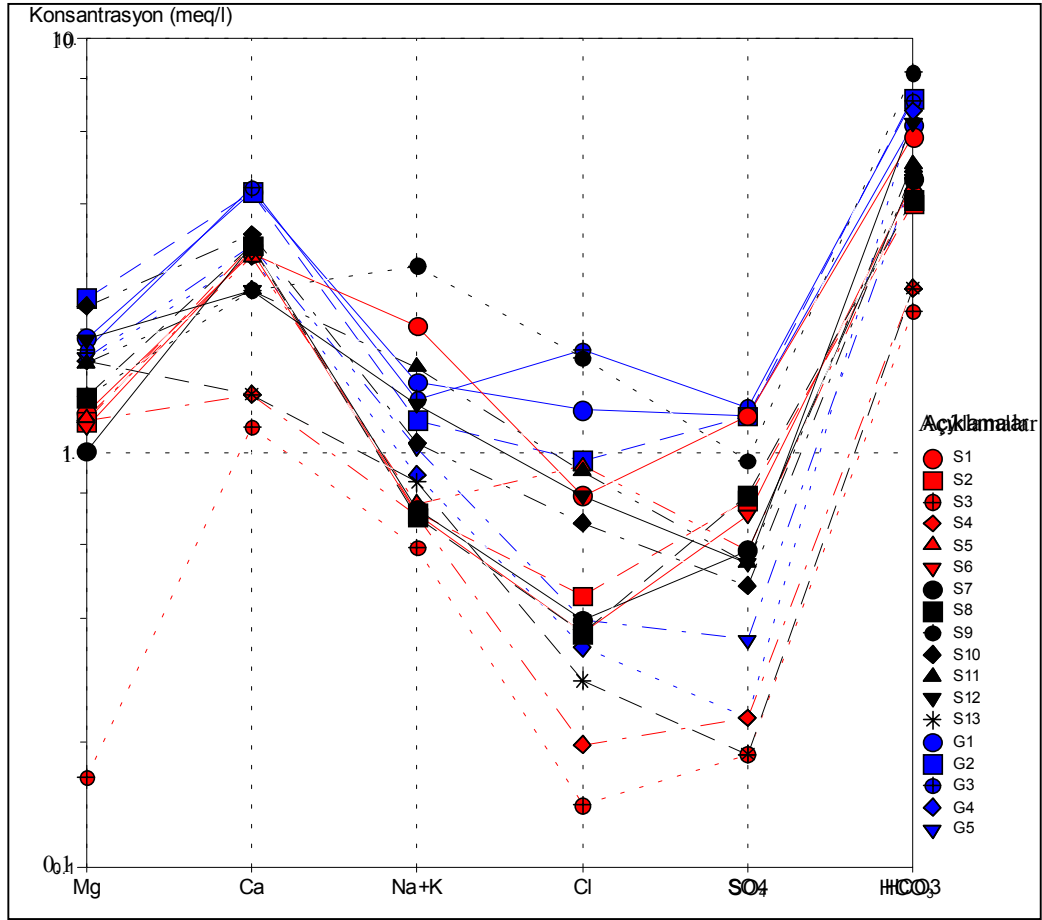
girmektedir. Bu sınıflamaya göre, Bağlılı, Avşar ve Gelendost bölgesinde yüzey suları ve yeraltısularındaki karbonat ve bikarbonat miktarındaki artış dikkati çekmektedir. Bu durum havzanın bu bölümünde yüzeyleyen karbonatlı kayalardan beslenme ile açıklanmaktadır.

Çizelge 4.40. Schoeller (1955) klorür, sülfat, karbonat-bikarbonat sınıflaması

| KLORÜR SINIFLAMASI | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| Klorür Sınıflaması | Klorür Miktarı (mek/l) |
| Hiperklorürlü Sular | > 700 |
| Klorotalasik Sular | 420 - 700 |
| Klorürce Zengin Sular | 140 - 420 |
| Orta Klorürlü Sular | 40 - 140 |
| Oligoklorürlü Sular | 15 - 40 |
| Olağan Klorürlü Sular | < 15 |
| SÜLFAT SINIFLAMASI | |
| Sülfat Sınıflaması | Sülfat Miktarı (mek/l) |
| Hiposülfatlı Sular | > 58 |
| Sülfatlı Sular | 24 - 58 |
| Oligosülfatlı Sular | 6 - 24 |
| Olağan Sülfatlı Sular | < 6 |
| KARBONAT-BİKARBONAT SINIFLAMASI | |
| Karbonat-Bikarbonat Sınıflaması | Karbonat+Bikarbonat Miktarı (mek/l) |
| Hiperkarbonatlı Sular | > 7 |
| Olağan Karbonatlı Sular | 2 - 7 |
| Hipokarbonatlı Sular | < 2 |

Çalışma alanındaki yüzey suyu ve yeraltısuyu örneklerinin kimyasal analiz sonuçları düşey yarı logaritmik Schoeller diyagramda gösterilmiştir. Düşey yarı logaritmik Schoeller diyagramında ise Ca^{2+} , Mg^{2+} , $Na^{+}+K^{+}$, Cl^{-} , SO_4^{2-} , $HCO_3^{-}+CO_3^{2-}$ ait analiz sonuçları mek/l biriminden yarı logaritmik düşey ekseninde gösterilmiştir (Şekil 4.44. ve Şekil 4.45.).

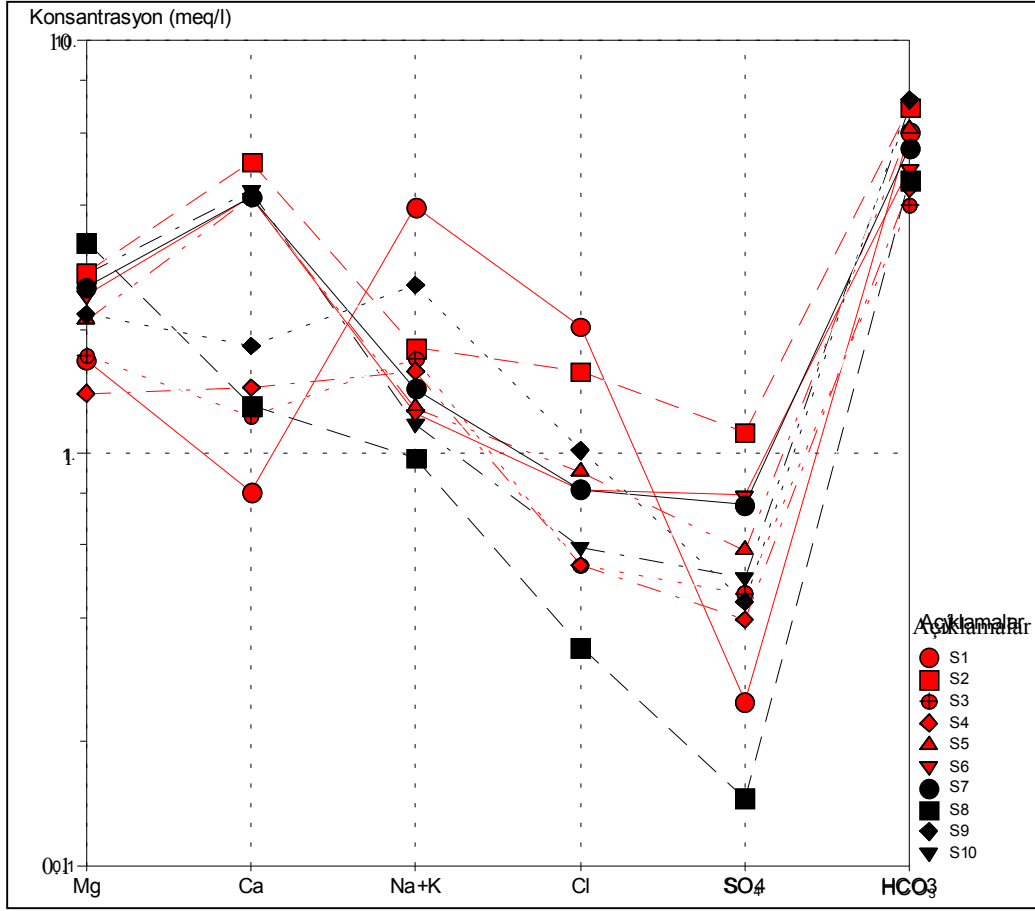
Mayıs-2002 dönemi analiz sonuçlarına göre S2, S6, S8 örnekleri “Ca-Mg-HCO₃” tipi sular sınıfına, S10, S11 örnekleri “Ca-Mg-HCO₃-CO₃” tipi sular sınıfına, S4 örneği “Ca-Mg-Na-HCO₃” tipi sular sınıfına, S7 örneği “Ca-HCO₃” tipi sular sınıfına, G3 örneği “Ca-Na-HCO₃-Cl” tipi sular sınıfına, S13 örneği ise “Ca-Mg-Co₃-HCO₃” tipi sular sınıfına girmektedir. Diğer örnekler ise S1, S3, S5, S9, S12, G1, G2, G4, G5 “Ca-Na-HCO₃” tipi sular sınıfına girmektedir.



Şekil 4.44. Mayıs-2002 dönemi su örneklerine ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı

Ekim-2002 dönemi analiz sonuçlarına göre S1 örneği “Na-Mg-HCO₃-Cl” tipi sular sınıfına, S3 örneği “Mg-Na-Ca-HCO₃” tipi sular sınıfına, S4 örneği “Ca-Mg-Na-HCO₃” tipi sular sınıfına, S6 örneği “Ca-Mg-HCO₃-CO₃” tipi sular sınıfına, S8 örneği “Mg-Mg-HCO₃” tipi sular sınıfına, S9 örneği “Mg-Ca-Na-HCO₃” tipi sular sınıfına, diğer örnekler S2, S5, S7, S10 ise “Ca-Mg-HCO₃” tipi sular sınıfına girmektedir.

Cl miktarlarındaki artışın kanalizasyon sularından kaynaklanmaktadır. Ekim ayı örneklerindeki Mg²⁺ ve Na⁺+K⁺ artışı yüzey sularındaki azalmaya bağlı konsantrasyon artışı olarak yorumlanabilir. Mg²⁺ dolomitik kireçtaşlarından, Na⁺+K⁺ ise Hoyran Ofiyolitindeki serpantinlerden kaynaklanmaktadır.

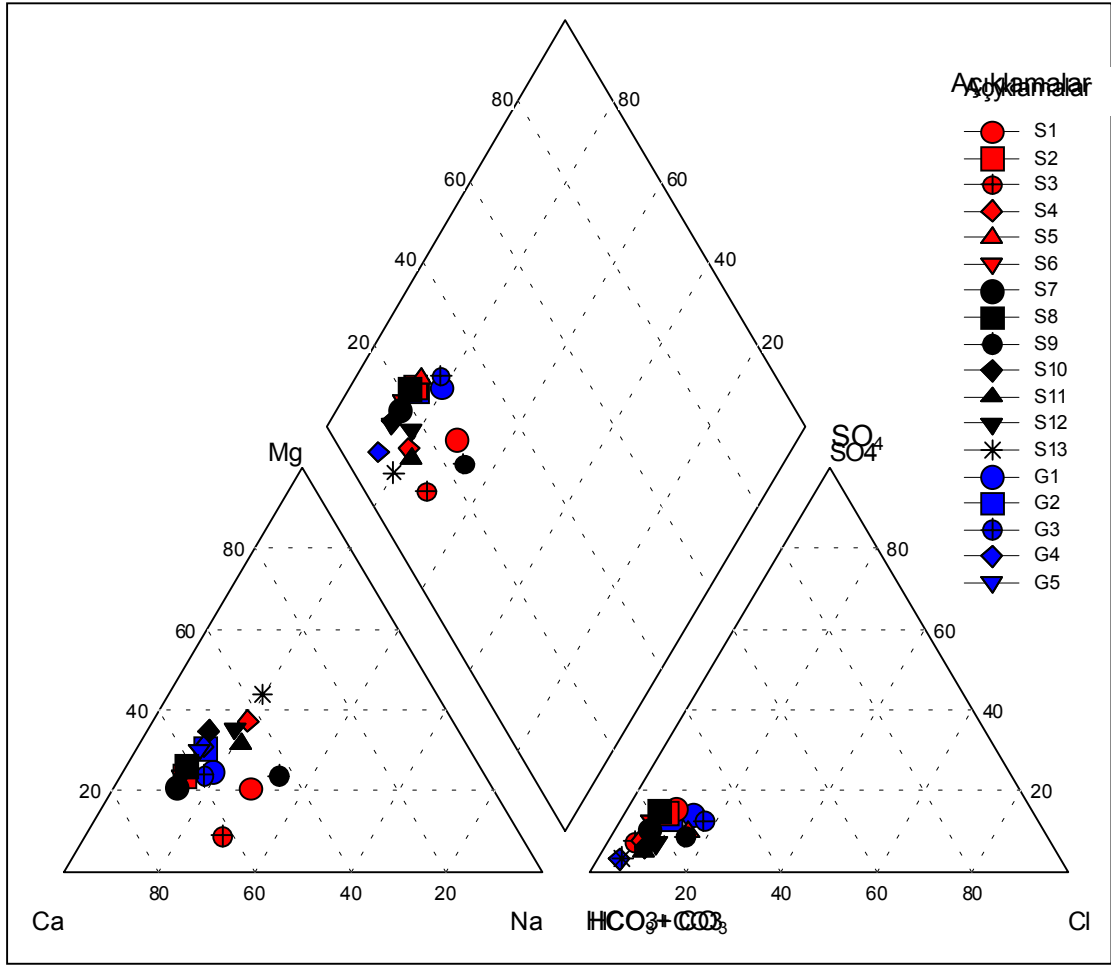


Şekil 4.45. Ekim-2002 dönemi su örneklerine ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı

4.7.2.2. Piper'e göre Suların Sınıflaması

Mayıs-2002 ve Ekim-2002 döneminde yapılan hidrojeokimyasal analiz sonuçları Şekil 4.46. ve Şekil 4.47.'deki Piper diyagramlarında gösterilmiştir. Mayıs-2002 analiz sonuçları Piper diyagramına göre, çalışma alanındaki tüm sulara alkali toprak elementlerin toplamı $Ca^{2+}+Mg^{2+}$, alkali elementlerin toplamından $Na^{+}+K^{+}$ büyük olduğu ve bütün suların zayıf asit kökleri toplamının $CO_3^{-2}+HCO_3^{-}$, güçlü asit köklerinin toplamından $Cl^{-}+SO_4^{-2}$ büyük olduğu görülmüştür. Tüm suların "karbonat sertliği % 50'den fazla olan sular" sınıfına girdiği belirlenmiştir.

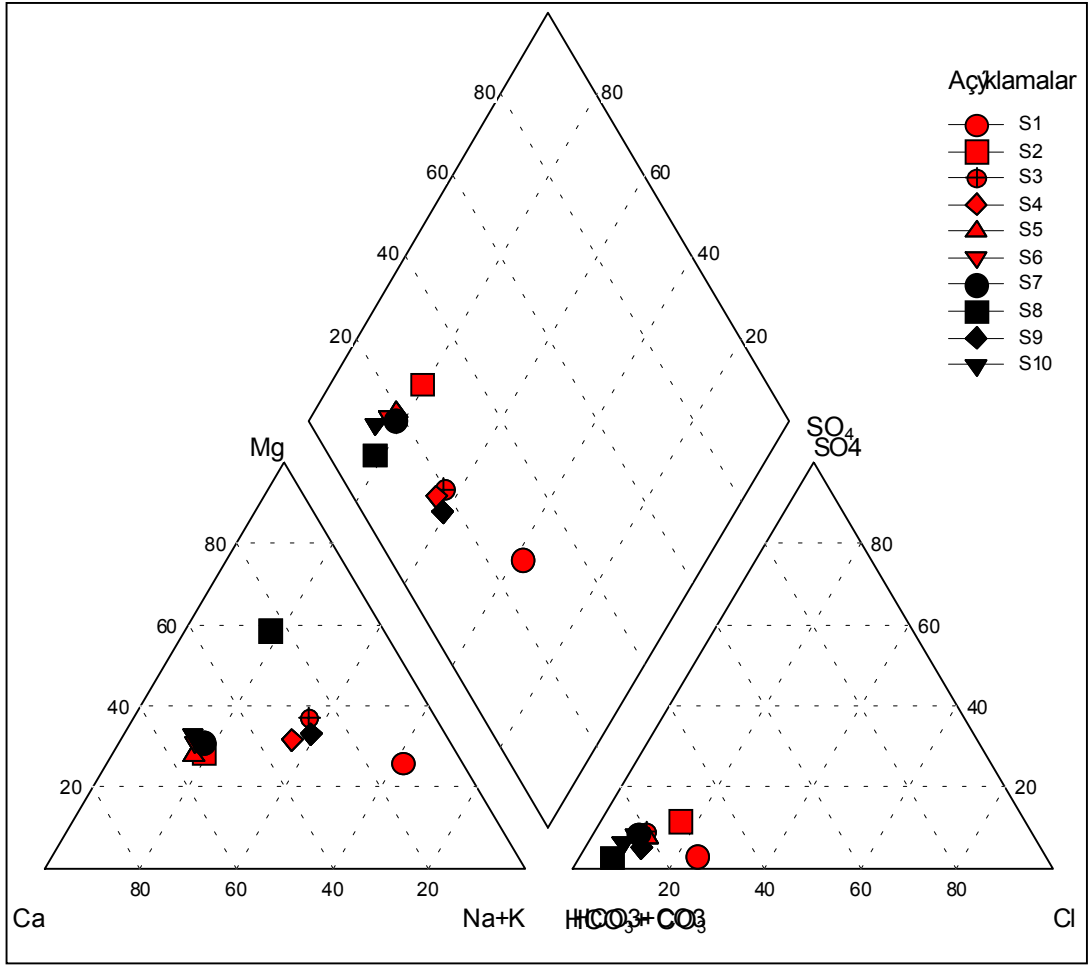
Mayıs-2002 dönemi analiz sonuçlarına göre tüm sulardaki egemen anyon HCO_3^{-} iyonudur. Egemen katyon ise S4, S9, S11, S12, S13 Ca^{+2} , Mg^{+2} , $Na^{+}+K^{+}$, diğer tüm örneklerde Ca^{+2} olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.46. Mayıs-2002 dönemi su örneklerine ait Piper diyagramı

Ekim-2002 analiz sonuçları Piper diyagramına göre, S1 dışındaki tüm sularda alkali toprak elementlerin toplamı $Ca^{2+}+Mg^{2+}$, alkali elementlerin toplamından $Na^{+}+K^{+}$ büyük olduğu ve “karbonat sertliği % 50’den fazla olan sular” sınıfına girdiği tespit edilmiştir. S1 örneği ise, iyonlarının hiçbirini “% 50’yi geçmeyen karmaşık sular” sınıfına girmektedir. Bu dönemde analizleri yapılan bütün suların zayıf asit kökleri $CO_3^{-2}+HCO_3^{-}$, güçlü asit köklerinin toplamından $Cl^{-}+SO_4^{-2}$ büyüktür.

Ekim-2002 dönemi analiz sonuçlarına göre tüm sulardaki egemen anyon HCO_3^{-} iyonudur. Egemen katyon ise S1 örneğinde $Na^{+}+K^{+}$, S8 örneğinde Mg^{2+} , S3, S4 ve S9 örneklerinde Ca^{+2} , Mg^{2+} , $Na^{+}+K^{+}$ ve diğer tüm örneklerde da ise Ca^{+2} ve Mg^{2+} ‘dur.



Şekil 4.47. Ekim-2002 dönemi su örneklerine ait Piper diyagramı

4.7.2.3. Suların İzotop Jeokimyasal Özellikleri

Yeraltısularının kökenlerinin belirlenmesi amacıyla iki önemli duraylı izotop, Oksijen-18 (¹⁸O) ve Döteryum (D) kullanılmaktadır. İzotoplar aşağıdaki amaçlar için kullanılmaktadır;

- Bölgedeki yeraltısuyunun kökeni ile ilişkili olabilecek yeraltısuyu tipine işaret edecek veriler saptamak,
- Farklı bölgelerin kökene bağlı olarak su karışımlarını saptamak, izleyici testlerinde suyun akım hızı ve yönü hakkında bilgi sağlamak,
- Suyun yeraltında oluşum zamanına ait veriler sağlamak (Moser ve Rauert, 1980).

Yeraltısularındaki bu duraylı izotopların miktarları, hidrolojik ve hidrojeolojik olaylara, ortamın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişmesinden dolayı, duraylı izotoplar suyun geldiği ortam hakkında önemli bilgiler vermektedir.

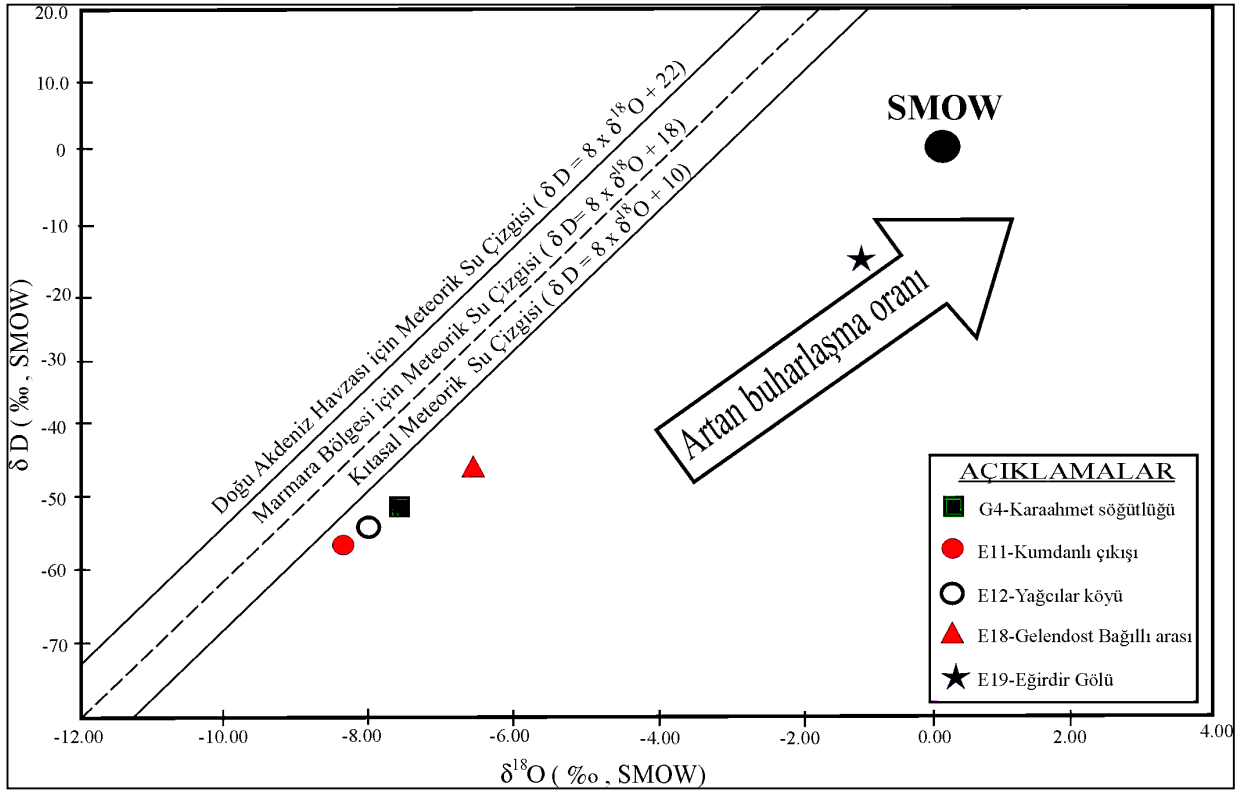
Bir su örneğinin duraylı izotop içeriği, mutlaka değer olarak değil, ağır olan izotopun hafif olan izotopa oranının, belirlenmiş bir standarttan farkı olarak ifade edilmektedir. Kullanılan bu standart SMOW (Standart Mean Ocean Water) Standart Ortalama Okyanus Suyu'dur. Meteorik suların izotopik değişimleri son derece sistematik olup, MWL (Meteoric Water Line) olarak bilinen doğrusal bir hatla gösterilir (Craig, 1961). Bu standarttan fark olarak ölçülen kararlı izotop bileşimleri "binde-(‰)" olarak ifade edilir ve değeri mutlak bir orantıyı göstermez. Örnek ile standart arasındaki göreceli bir sapmayı temsil eden izotop bileşimi, delta (δ) değeri ile gösterilir (Canik, 1998).

Çalışma alanındaki yeraltısularının kökenini belirlemek amacıyla $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{D}$ ve ^3H duraylı izotop analizlerinden yararlanılmıştır (Çizelge 4.41.). Bu izotop analiz sonuçlarına göre, bölgedeki suların $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop oranları genel olarak meteorik su çizgisi ile çakışmaktadır (Şekil 4.48.). ^3H [TU] değerinin 20'den küçük olması suların genç ve ortamdaki beslenimin miktarının fazla olduğunu göstermektedir. Yüzey suları ve yeraltısularına göre daha yoğun gerçekleşen buharlaşma oranına bağlı olarak, Eğirdir Gölü suları meteorik su çizgisinden sapmalar göstermekte ve $\delta^{18}\text{O}$ zenginleşmesi görülmektedir.

Çizelge 4.41. Çalışma alanından alınan örneklerin izotop analiz sonuçları

| Sıra No | Örnek No | Lokasyon | $\delta^{18}\text{O}$ [‰] | $\delta^2\text{H}$ [‰] | ^3H [TU] | Excess [‰] | (+)-2 σ |
|---------|----------|-------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------|------------|----------------|
| 1 | E1 | Karaahmet Söğütlüğü | -7.55 | -51.4 | 3.5 | 9 | 0.7 |
| 2 | E2* | Kumdanlı Çıkışı | -8.46 | -56.7 | 11 | 18 | 1.3 |
| 3 | E3* | Yağcılar Köyü | -7.94 | -54.6 | 8.9 | 9.1 | 0.7 |
| 4 | E4* | Gelendost-Bağlılı Arası | -6.73 | -47.3 | 6.5 | 7.9 | 0.7 |
| 5 | E5* | Eğirdir Gölü | -1.38 | -15.3 | -4.3 | 7.2 | 0.7 |

* :Altinkale (2001)'den alınmıştır.



Şekil 4.48. Çalışma alanındaki örneklere ait $\delta^{18}\text{O}$ ve δD grafiği (Altınkale, 2001'den geliştirilerek)

4.7.5. Suların Kullanım Özellikleri

Suların, kullanım alanlarına göre belirli fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olması istenir. Bu özellikler belirli ulusal ve uluslararası kuruluşlarca belirlenmektedir.

4.7.5.1. Suların Kalite Kriterleri

Çalışma alanında bulunan yüzey suları ve yeraltısuları, 1988 yılında yayınlanan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde yer alan, kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerine göre sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.42.).

Çizelge 4.42. Kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Su. Kir. Kont. Yön.)

| SU KALİTE PARAMETRELERİ | SU KALİTE SINIFLARI | | | |
|--|---------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| | I | II | III | IV |
| A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal parametreler | | | | |
| 1. Sıcaklık (°C) | 25 | 25 | 30 | > 30 |
| 2. pH | 6.5-8.5 | 6.5-8.5 | 6.0-9.0 | 6.0-9.0 dışında |
| 3. Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /l) ^a | 8 | 6 | 3 | < 3 |
| 4. Oksijen doygunluğu (%) ^a | 90 | 70 | 40 | < 40 |
| 5. Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /l) | 25 | 200 | 400 ^b | > 400 |
| 6. Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁼ /l) | 200 | 200 | 400 | > 400 |
| 7. Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/l) | 0.2 ^c | 1 ^c | 2 ^c | > 2 |
| 8. Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/l) | 0.002 | 0.01 | 0.05 | > 0.05 |
| 9. Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/l) | 5 | 10 | 20 | > 20 |
| 10. Toplam fosfor (mg PO ₄ ⁼ -P/l) | 0.02 | 0.16 | 0.65 | > 0.65 |
| 11. Toplam çözünmüş madde (mg/l) | 500 | 1500 | 5000 | > 5000 |
| 12. Renk (Pt-Co birimi) | 5 | 50 | 300 | > 300 |
| 13. Sodyum (mg Na ⁺ /l) | 125 | 125 | 250 | > 250 |
| B) Organik parametreler | | | | |
| 1. KOİ (mg/l) | 25 | 50 | 70 | > 70 |
| 2. BOİ (mg/l) | 4 | 8 | 20 | > 20 |
| 3. Organik karbon (mg/l) | 5 | 8 | 12 | > 12 |
| 4. Toplam Kjeldahl-azotu (mg/l) | 0.5 | 1.5 | 5 | > 5 |
| 5. Emülsifiye yağ ve gres (mg/l) | 0.02 | 0.3 | 0.5 | > 0.5 |
| 6. Metilen mavisi aktif maddeleri (MBAS) (mg/l) | 0.05 | 0.2 | 1 | > 1.5 |
| 7. Fenolik maddeler (uçucu) (mg/l) | 0.002 | 0.01 | 0.1 | > 0.1 |
| 8. Mineral yağlar ve türevleri (mg/l) | 0.02 | 0.1 | 0.5 | > 0.5 |
| 9. Toplam pestisid (mg/l) | 0.001 | 0.01 | 0.1 | > 0.1 |
| C) İnorganik kirlenme parametreleri^b | | | | |
| 1. Civa (µg Hg/l) | 0.1 | 0.5 | 2 | > 2 |
| 2. Kadmiyum (µg Cd/l) | 3 | 5 | 10 | > 10 |
| 3. Kurşun (µg Pb/l) | 10 | 20 | 50 | > 50 |
| 4. Arsenik (µg As/l) | 20 | 50 | 100 | > 100 |
| 5. Bakır (µg Cu/l) | 20 | 50 | 200 | > 200 |
| 6. Krom (toplam) (µg Cr/l) | 20 | 50 | 200 | > 200 |
| 7. Krom (µg Cr ⁺⁶ /l) | - | 20 | 50 | > 50 |
| 8. Kobalt (µg Co/l) | 10 | 20 | 200 | > 200 |
| 9. Nikel (µg Ni/l) | 20 | 50 | 200 | > 200 |
| 10. Çinko (µg Zn/l) | 200 | 500 | 2000 | > 2000 |
| 11. Siyanür (toplam) (µg CN/l) | 10 | 50 | 100 | > 100 |
| 12. Florür (µg F ⁻ /l) | 1000 | 1500 | 2000 | > 2000 |
| 13. Serbest klor (µg Cl ₂ /l) | 10 | 10 | 50 | > 50 |
| 14. Sülfür (µg S ⁼ /l) | 2 | 2 | 10 | > 10 |
| 15. Demir (µg Fe/l) | 300 | 1000 | 5000 | > 5000 |
| 16. Mangan (µg Mn/l) | 100 | 500 | 3000 | > 3000 |
| 17. Bor (µg B/l) | 1000 ^a | 1000 ^a | 1000 ^a | > 1000 |
| 18. Selenyum (µg Se/l) | 10 | 10 | 20 | > 20 |
| 19. Baryum (µg Ba/l) | 1000 | 2000 | 2000 | > 2000 |
| 20. Alüminyum (mg Al/l) | 0.3 | 0.3 | 1 | > 1 |
| 21. Radyofaaliyet (pCi/l) | | | | |
| alfa-faaliyetsi | 1 | 10 | 10 | > 10 |
| beta-faaliyetsi | 10 | 100 | 100 | > 100 |
| D) Bakteriyolojik parametreler | | | | |
| 1. Fekal koliform (EMS/100 ml) | 10 | 200 | 2000 | > 2000 |
| 2. Toplam koliform (EMS/100 ml) | 100 | 20000 | 100000 | > 100000 |

(a) - Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birinin sağlanması yeterlidir.

(b) - Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

Sular, kıtaıçi su kaynaklarının kalite kriterlerine göre dört sınıfa ayrılmıştır. I grup “yüksek kaliteli sular”, dezenfeksiyonla içme suyu temininde, rekreasyonel amaçlı, alabalık üretimi amaçlı kullanılabilen sulardır. II grup “az kirlenmiş sular” ise, ileri veya uygun bir arıtmayla içme suyu temininde, rekreasyonel amaçlı, alabalık dışında balık üretiminde kullanılırlar. III grup “kirlenmiş sular” gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra ancak endüstriyel su temininden kullanılabilen sulardır. IV sınıf “çok kirlenmiş sular” diğer gruplar için verilen kalite parametreleri bakımından daha düşük kalitedeki suları ifade etmektedir.

Mayıs-2002 örnekleri kurşun (Pb^{2+}) konsantrasyonuna göre IV sınıf “çok kirlenmiş sular” sınıfına, kanalizasyon atık suları ise krom (Cr^{3+}) ve bakır (Cu^{2+}) konsantrasyonuna göre III sınıf “kirlenmiş sular” sınıfına girmektedir. Ekim-2002 örneklerinin tamamı krom (Cr^{3+}) konsantrasyonuna göre, IV sınıf “çok kirlenmiş sular” sınıfına, kanalizasyon atık suları kurşun (Pb^{2+}) ve bakır (Cu^{2+}) konsantrasyonuna göre IV sınıf “çok kirlenmiş sular” sınıfına, diğer örnekler ise III sınıf “kirlenmiş sular” sınıfına girmektedir. Sular diğer kalite parametrelerine göre I sınıf “yüksek kalite sular” ve II sınıf “az kirlenmiş sular sınıfına girmektedir.

Sonuç olarak, Mayıs-2002 örneklerinin tamamı kurşun (Pb^{2+}) konsantrasyonuna göre, Ekim-2002 örnekleri ise krom (Cr^{3+}) konsantrasyonuna göre IV sınıf “çok kirlenmiş sular” sınıfına girmektedir. Bu sonuçların elde edilmesinde Mayıs ayında tarımsal mücadele ilaçlarının (kurşun asetat vb.) kullanımındaki artışın, Ekim ayında ise yüzey sularının debilerinin düşmesine bağlı olarak, atık madde konsantrasyonlarındaki artışının etkili olduğu söylenebilir.

4.7.5.2. Suların İçilebilme Özellikleri

Genel olarak suların başlıca içilebilme ölçütleri arasında renksiz, kokusuz, tatsız, berrak olması ve hastalık yapan organizmaları bulundurmaması sayılabilir. Bu özellikler yanında farklı kurumlar ve çeşitli ülkeler tarafından geliştirilmiş içme suyu standartları vardır. Ülkemizde kullanılan içme suyu standardı Türk Standartlar Enstitüsü (TSE-266) tarafından 1966 yılında yayınlanmıştır (Çizelge 4.43.).

Çizelge 4.43. Türk içme suyu standartları (TSE 266)

| Madde ismi | Müsaade Edilebilen Değer | Maksimum Değer |
|--|--------------------------|----------------|
| 1 . Zehirli maddeler | | |
| Kurşun (Pb) [mg/l] | ----- | 0.05 |
| Selenyum (Se) [mg/l] | ----- | 0.01 |
| Arsenik (As) [mg/l] | ----- | 0.05 |
| Krom (Cr ⁺⁶) [mg/l] | ----- | 0.05 |
| Siyanür (CN) [mg/l] | ----- | 0.01 |
| 2. Sağlığa etki eden maddeler | | |
| Fluorür (F) [mg/l] | 1.0 | 1.5 |
| Nitrat (NO ₃) [mg/l] | ----- | 45.0 |
| 3. İçilebilme özelliğine etki eden maddeler | | |
| Renk [birim] | 5 birim | 50 birim |
| Bulanıklık [birim] | 5 birim | 25 birim |
| Koku ve tad | kokusuz normal | kokusuz normal |
| Buharlaştırma kalıntısı [mg/l] | 500 | 1500 |
| Demir (Fe) [mg/l] | 0.3 | 1 |
| Mangan (Mn) [mg/l] | 0.1 | 1.5 |
| Bakır (Cu) [mg/l] | 1.0 | 1.5 |
| Çinko (Zn) [mg/l] | 5.0 | 15.0 |
| Kalsiyum (Ca) [mg/l] | 75.0 | 200.0 |
| Magnezyum (Mg) [mg/l] | 50.0 | 150.0 |
| Sülfat (SO ₄) [mg/l] | 200.0 | 400.0 |
| Klorür (Cl) [mg/l] | 200.0 | 600.0 |
| pH | 7.0-8.5 | 6.5-9.2 |
| Bakiye klor [mg/l] | 0.1 | 0.5 |
| Fenolik maddeler [mg/l] | ----- | 0.002 |
| Alkil benzen sülfonat [mg/l] | 0.5 | 1 |
| Mg + Na ₂ SO ₄ [mg/l] | 500 | 1000 |
| 4. Kirlenmeyi belirten maddeler | | |
| Toplam organik madde [mg/l] | 3.5 | ----- |
| Nitrit | ----- | ----- |
| Amonyak | ----- | ----- |

Uluslararası içme suyu standardı olarak, Dünya Sağlık Örgütü tarafından Avrupa standardı 1961 yılında (WHO- Avrupa, 1961) ve uluslararası standardı 1972 yılında (WHO- Uluslararası, 1972) olmak üzere yayınlanan iki standart bulunmaktadır (Çizelge 4.46.).

Çizelge 4.44. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Avrupa ve Uluslararası içme suyu standartları

| Madde İsmi | WHO- Avrupa (1961) | | WHO- Uluslararası (1972) | |
|-----------------------|--------------------|--------------|--------------------------|--------------|
| | Tavsiye Edilen | İzin Verilen | Tavsiye Edilen | İzin Verilen |
| Renk | 0.001 | 0.05 | 5 | 50 |
| Bulanıklık | ----- | ----- | 5 | 25 |
| Sıcaklık (°C) | 35 | 25 | ----- | ----- |
| Klorür (mg/l) | 350 | | 200 | 600 |
| Serbest klor (mg/l) | ----- | ----- | 0.1 | 0.5 |
| pH | ----- | ----- | 7-8.5 | 6.5-9.2 |
| Fenol (mg/l) | 0.01 | ----- | 0.001 | 0.002 |
| Deterjan (ABS) (mg/l) | 0.5 | ----- | 0.2 | 1 |
| Toplam sertlik (Fr) | ----- | ----- | 10 | 50 |
| Kalsiyum (mg/l) | | ----- | 75 | 200 |
| Magnezyum (mg/l) | 125 | ----- | 50 | 150 |
| Sülfat (mg/l) | 250 | ----- | 200 | 400 |
| Amonyak (mg/l) | 0.5 | ----- | 0.0 | 0.0 |
| Nitrat (mg/l) | 50 | ----- | ----- | 45 |
| Çöz. Oksijen (mg/l) | 5 | ----- | ----- | ----- |
| Top. Fosfat (mg/l) | 0.3 | ----- | ----- | ----- |
| Fluorür (mg/l) | ----- | 1.5 | 0.8 | 1.3 |
| Bor (mg/l) | 1 | ----- | 0.3 | 1 |
| Çöz. Demir (mg/l) | 0.1 | ----- | 0.1 | 0.5 |
| Mangan (mg/l) | 0.1 | ----- | 5 | 15 |
| Çinko (mg/l) | 3 | ----- | 0.05 | 1.5 |
| Bakır (mg/l) | ----- | 0.1 | ----- | 0.05 |
| Selenyum (mg/l) | ----- | 0.05 | ----- | 0.01 |
| Arsenik (mg/l) | ----- | 0.2 | ----- | 0.05 |
| Krom (mg/l) | ----- | 0.05 | ----- | 0.05 |
| Siyanür (mg/l) | ----- | 0.01 | ----- | 0.05 |
| Kadmiyum (mg/l) | ----- | 0.05 | ----- | 0.01 |
| Civa (mg/l) | 0.001 | 0.005 | ----- | 0.01 |

Türk içme suyu standartlarını belirleyen parametreler; zehirli maddeler, sağlığa etki eden maddeler, içilebilme özelliğine etki eden maddeler ve kirlenmeyi belirten maddeler olmak üzere dört ana başlık altında verilmiştir. Mayıs ve Ekim-2002 dönemi alınan su örneklerdeki Pb^{2+} ve Cr^{+3} miktarı, Türk içme suyu standartlarında (TSE-266) verilen maksimum sınır değerini aşmaktadır.

Dünya sağlık örgütü tarafından verilen içme suyu standartlarından uluslararası (WHO- 1972) standardı, Avrupa standardından (WHO-1961) daha esnek değerlere sahiptir. Bu yüzden, değerlendirmeler dünya sağlık örgütünün uluslararası (WHO- 1972) standardı dikkate alınarak yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonunda Mayıs-2002 örneklerinin tümünde Cr^{+3} miktarı, özellikle kanalizasyon atık su örnekleri ve yakın civarındaki yüzey suları ve yeraltısularında ise Cu^{2+} miktarının sınır değerlerini aştığı görülmüştür. Ekim-2002 örneklerinin tamamında Cu^{2+} miktarı, bazı yüzey suyu ve yeraltısuyu örneklerinde ise Cr^{+3} miktarı sınır değerlerini aşmaktadır.

Sınıflamaları yapılan Mayıs ve Ekim-2002 dönemi örneklerinde, Cr^{+3} , Cu^{2+} ve Pb^{2+} gibi ağır metal iyonlarının, suların sınıflarını belirleyen başlıca iyon özellikleri olduğu belirlenmiştir. Diğer iyon miktarlarına göre daha yüksek miktarda bulunan bu ağır metaller suların kalitelerini düşürmekte ve kullanım alanlarını kısıtlamaktadır. Genel olarak içme sularının özelliklerinin belirlenmesinde ve sınıflandırılmasında farklı diyagramlar kullanılmakla birlikte Schoeller'in "Suların İçilebilirlik Diyagramı" yaygın olarak kullanılmaktadır. Schoeller diyagramında suların içilebilirlikleri çalışma alanı için elektriksel iletkenlik (EC), sertlik derecesi (Fr^0), Na^+ (mg/l), Cl^- (mg/l) ve SO_4^{2-} (mg/l) değerlerine göre sınıflandırmıştır.

Çalışma alanında Mayıs-2002 ve Ekim-2002 döneminde yapılan hidrojeokimyasal analiz sonuçları, Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramında Şekil 4.49. ve Şekil 4.50'de gösterilmiştir. Yüzey suları ve yeraltısuları, Schoeller diyagramına göre genellikle "çok iyi kaliteli sular" ve "iyi kaliteli sular" sınıfına girmektedir. Mayıs-2002 döneminde elektriksel iletkenlik (EC) değerine göre S9 örneği "orta kaliteli sular", S1 ve S2 örnekleri "iyi kaliteli sular", diğer tüm örnekler ise "çok iyi kaliteli sular" sınıfına girmektedir. Ekim-2002 dönemi örneklerinden S10, S11, S12, G1, G2, G3, G4, elektriksel iletkenlik (EC) değerlerine göre "iyi kaliteli sular", diğer tüm örnekler ise "çok iyi kaliteli sular" sınıfına girmektedir. Schoeller diyagramında elektriksel iletkenlik (EC) dışındaki tüm parametrelere göre sular "çok iyi kaliteli sular" sınıfında olmasına karşın, suların içilebilirlik sınıfı elektriksel iletkenlik (EC) değeri belirlemektedir. Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramındaki

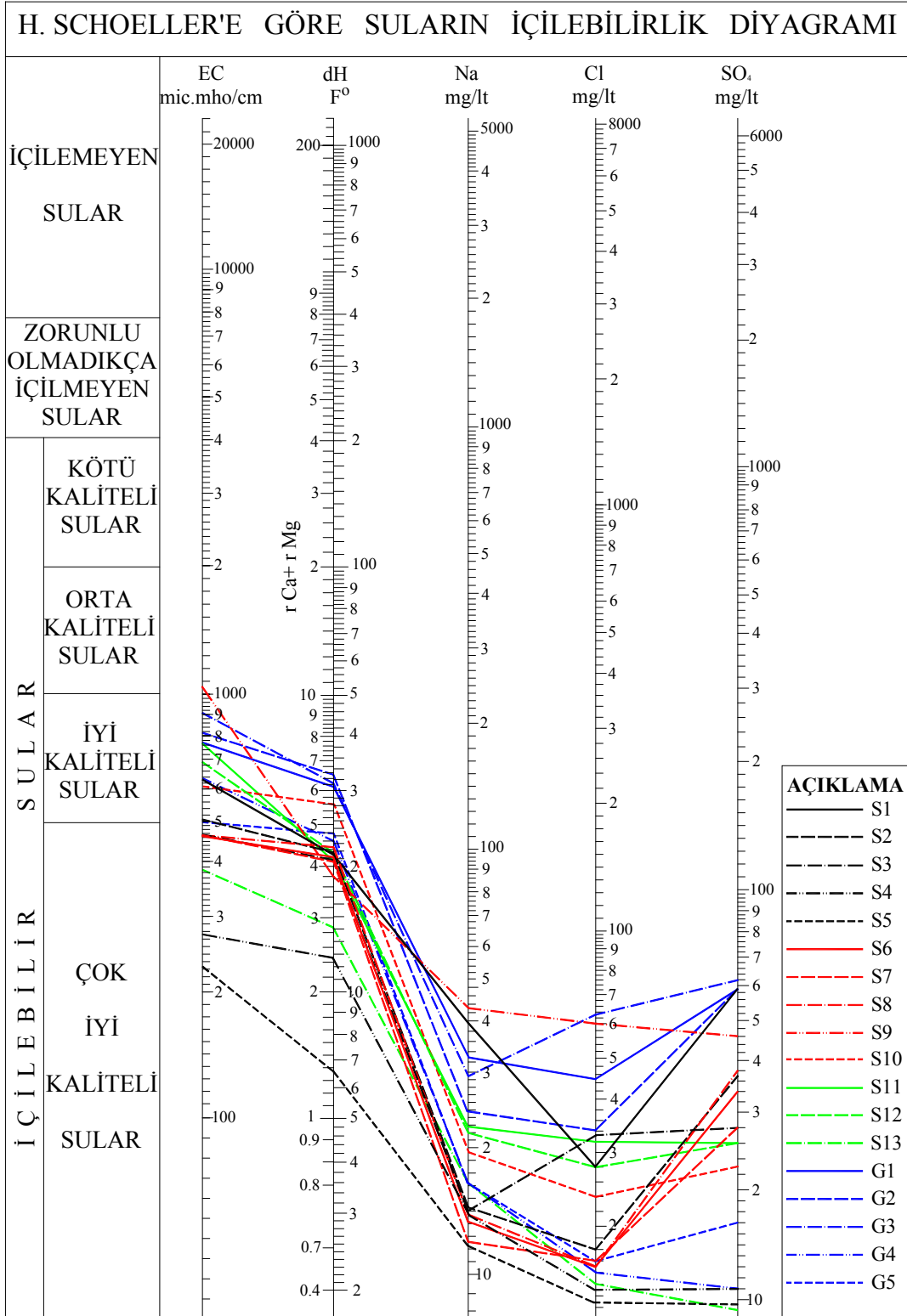
parametreler dikkate alınarak yapılan sınıflamada örneklerin tümünün içilebilirlik sınırında olduğunu görülmüştür.

Çalışma alanındaki sular, ağır metal konsantrasyonları bakımından içilebilir sınırlarının üzerindedir. Sonuç olarak çalışma alanındaki su kaynaklarında ağır metal kirliliğinden söz etmek mümkündür.

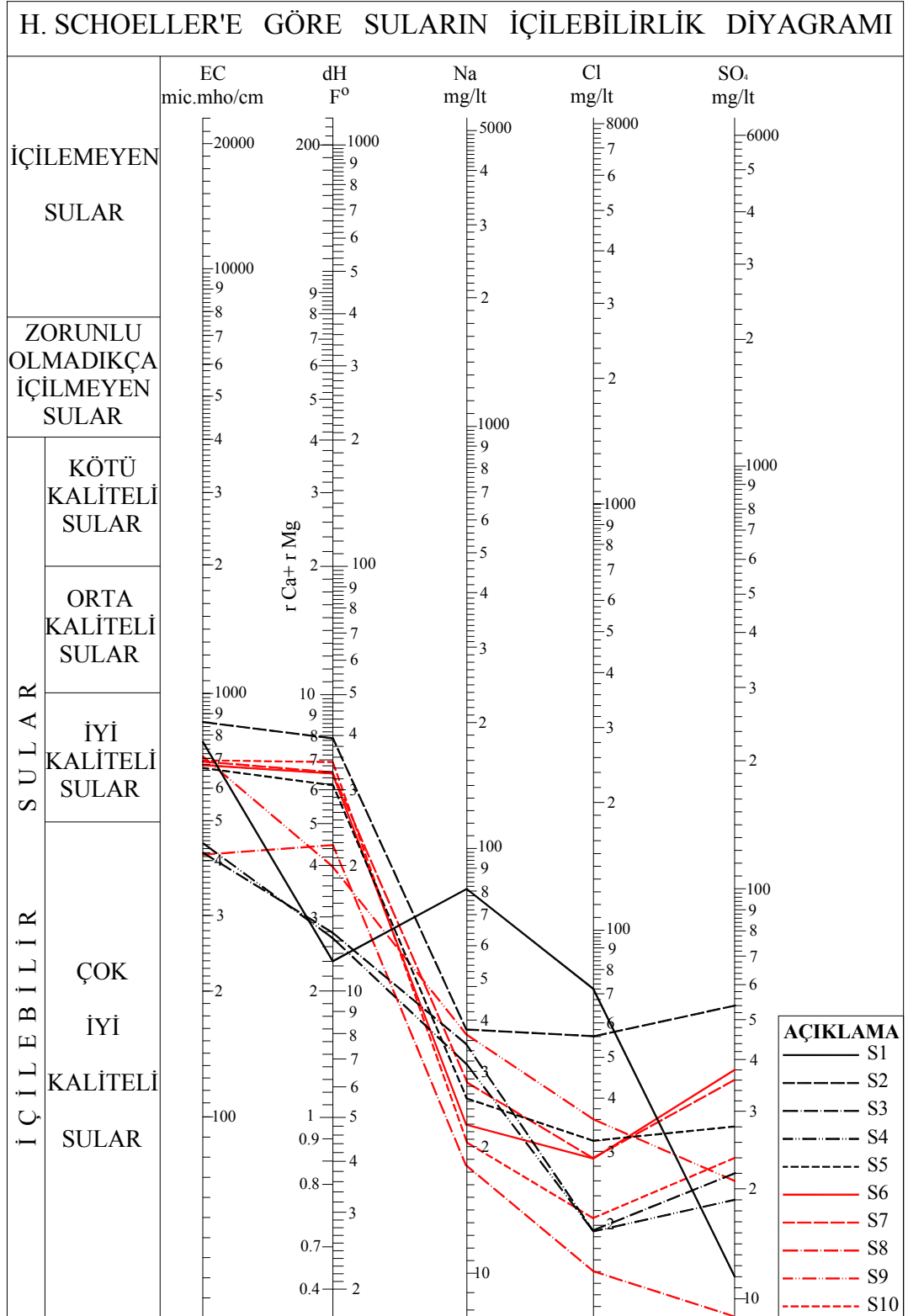
4.7.5.3. Suların Sulamada Kullanılabilme Özellikleri

Suların sulamada kullanılabilme özellikleri belirlenirken, özellikle Na^+ miktarı belirleyici bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Suların sulamada kullanımına yönelik olarak yapılan sınıflamalardan ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramında sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve özgül elektriksel iletkenlik (EC), Wilcox diyagramında ise sodyum yüzdesi (Na %) ve özgül elektriksel iletkenlik (EC) kullanılmaktadır. Çalışma alanındaki yüzey suları ve yeraltısularının sulama için uygunluklarının belirlenmesi amacıyla sodyum adsorpsiyon oranı, ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı ve Wilcox Diyagramı kullanılarak sınıflamaları yapılmıştır.

Sodyum Adsorpsiyon Oranı; Sulama sularındaki sodyum miktarı, toprağın yapısını bozarak geçirgenliğini azaltmaktadır. Sulamadan sonra zeminin üst seviyelerinde biriken sodyum, toprak yüzeyinde kaymak şeklinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olarak, bitki köklerinin havalanması engellemektedir. Ayrıca sodyum bitkiler için zehirli bir ortam oluşturur. Sodyumca doygun olan tüm topraklardaki bitkiler çok az gelişip büyümektedirler. Sodyum adsorpsiyon oranına göre sulama suları sınıflaması Çizelge 4.45'de verilmiştir.



Şekil 4.49. Mayıs-2002 döneminde alınan su örneklerine ait Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramı



Şekil 4.50. Ekim-2002 döneminde alınan su örneklerine ait Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramı

Çizelge 4.45. Sodyum adsorpsiyon oranına göre sulama suları sınıflaması

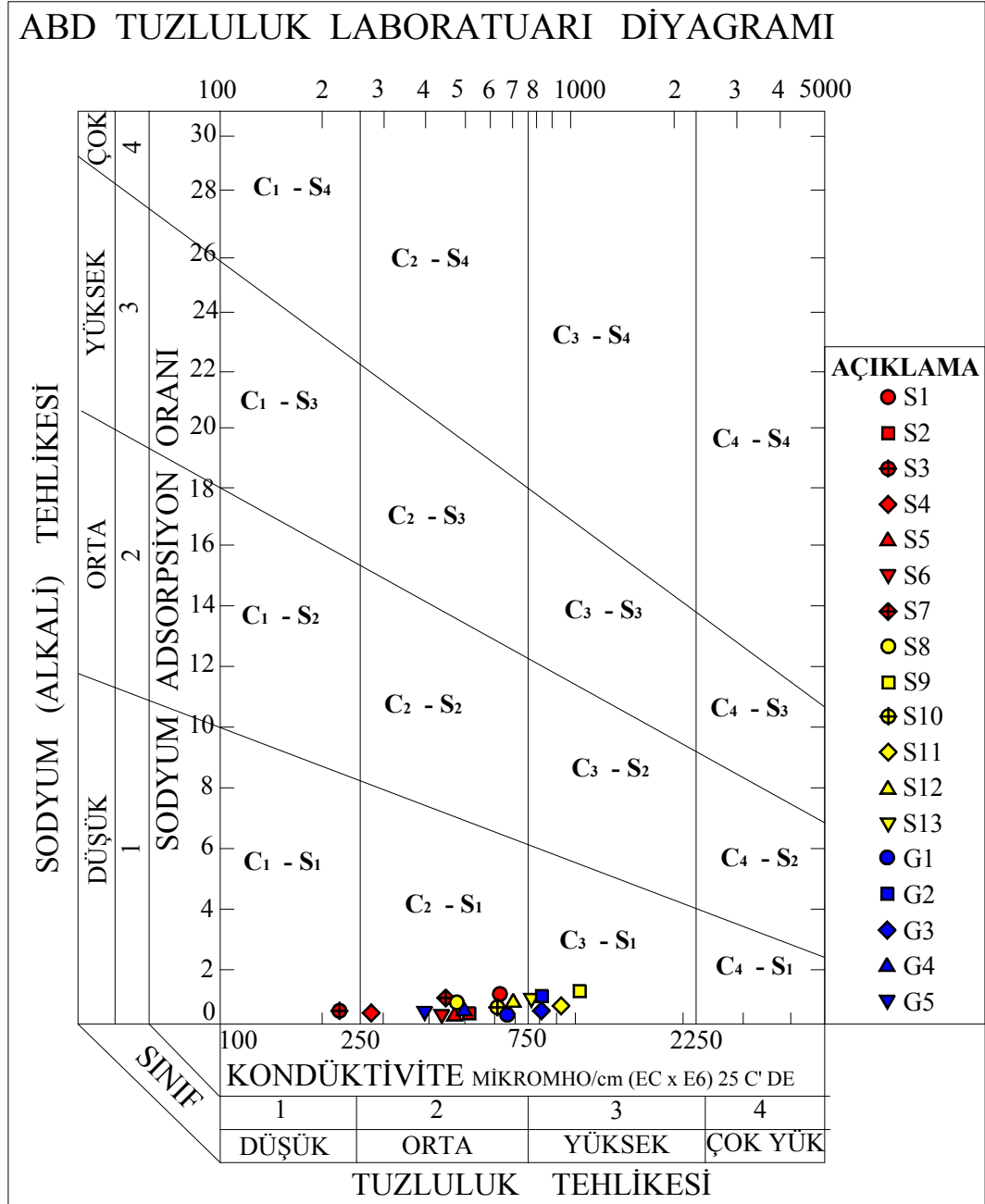
| Sulama Suyu Sınıfı | SAR % |
|---------------------------------|-------|
| Çok iyi özellikte sulama suları | <10 |
| İyi özellikte sulama suyu | 10-18 |
| Orta özellikte sulama suyu | 18-26 |
| Fena özellikte sulama suyu | >26 |

Çalışma alanındaki yüzey suları ve yeraltısularında SAR değerinin 0.42-3.13 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu değerlere göre, çalışma alanındaki tüm sular sodyum adsorpsiyon oranına göre “çok iyi özellikte sulama suları” sınıfına girmektedir.

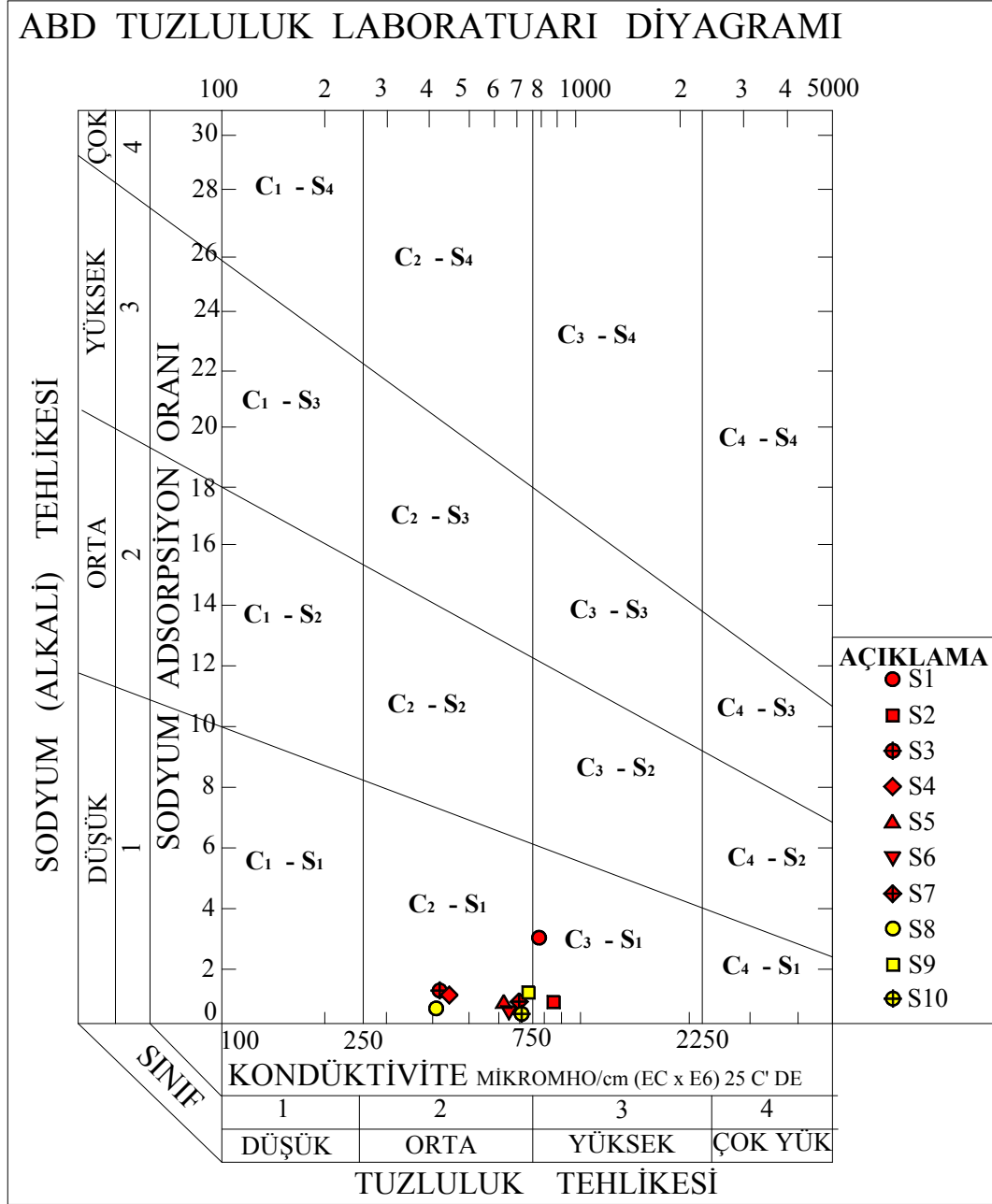
ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı; Çalışma alanında yüzey suları ve yeraltısularının sulama suyu olarak kullanımını belirlemek için kullanılan ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramında, SAR ve EC değerlerine göre 16 sınıfa ayrılmıştır. Bu sistem suların sulamaya uygunluğunun tayininde diğer yöntemlere göre daha keskin bilgi verdiği için en yaygın kullanılan yöntemdir. ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramları Şekil 4.51. ve Şekil 4.52.’de verilmiştir.

Çalışma alanındaki yüzey suları ve yeraltısuları ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramında sulama suyu olarak genellikle C₂-S₁ sınıfına girmektedir. Bu sınıf sular, orta tuzlu, tuzluluk tehlikesi içermeyen ve sodyum tehlikesi oluşturmadan tüm bitkiler için kullanılabilir. Mayıs-2002 dönemi S3 örneği, az tuzlu, her toprakta tüm bitkiler için tuzluluk ve sodyum tehlikesi oluşturmadan kullanılabilen C₁-S₁ sınıfındadır. Mayıs –2002 dönemi S9, S11, G1, G2 ve Ekim-2002 dönemi S1, S2 örnekleri ise, tuza dayanıklı bitkilerde tuz miktarı belirlenerek kullanılabilen ve sodyum tehlikesi oluşturmayan C₃-S₁ tuzlu sular sınıfına girmektedir.

SAR değerleri birbirine yakın olması sebebiyle tüm örnekler, (S1) “Az sodyumlu sular” sınıfında yer almış ve sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygun sulardır. Sınıflamalarda etkili olan diğer parametre elektriksel iletkenliktir.



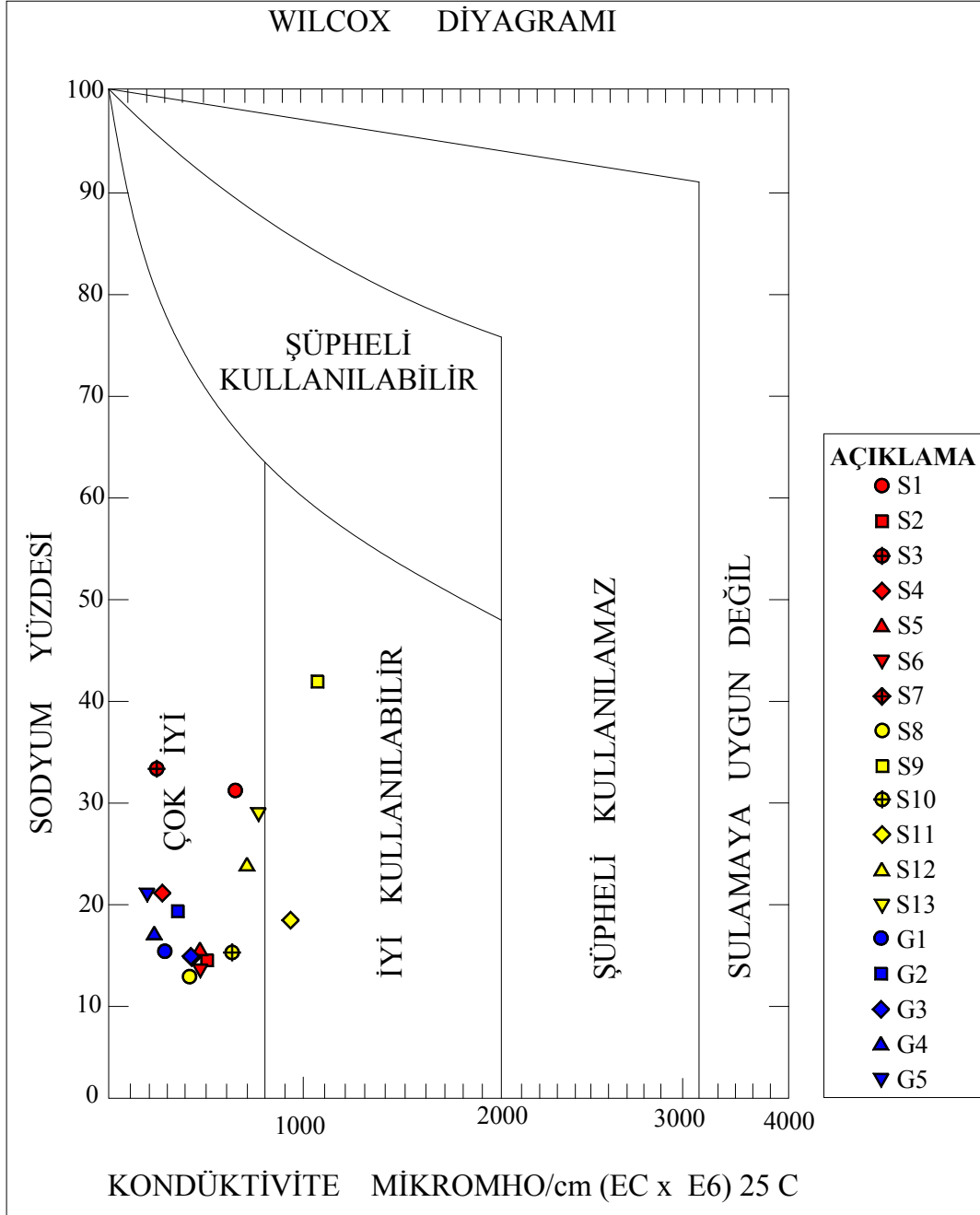
Şekil 4.51. Mayıs-2002 döneminde alınan su örneklerine ait ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı



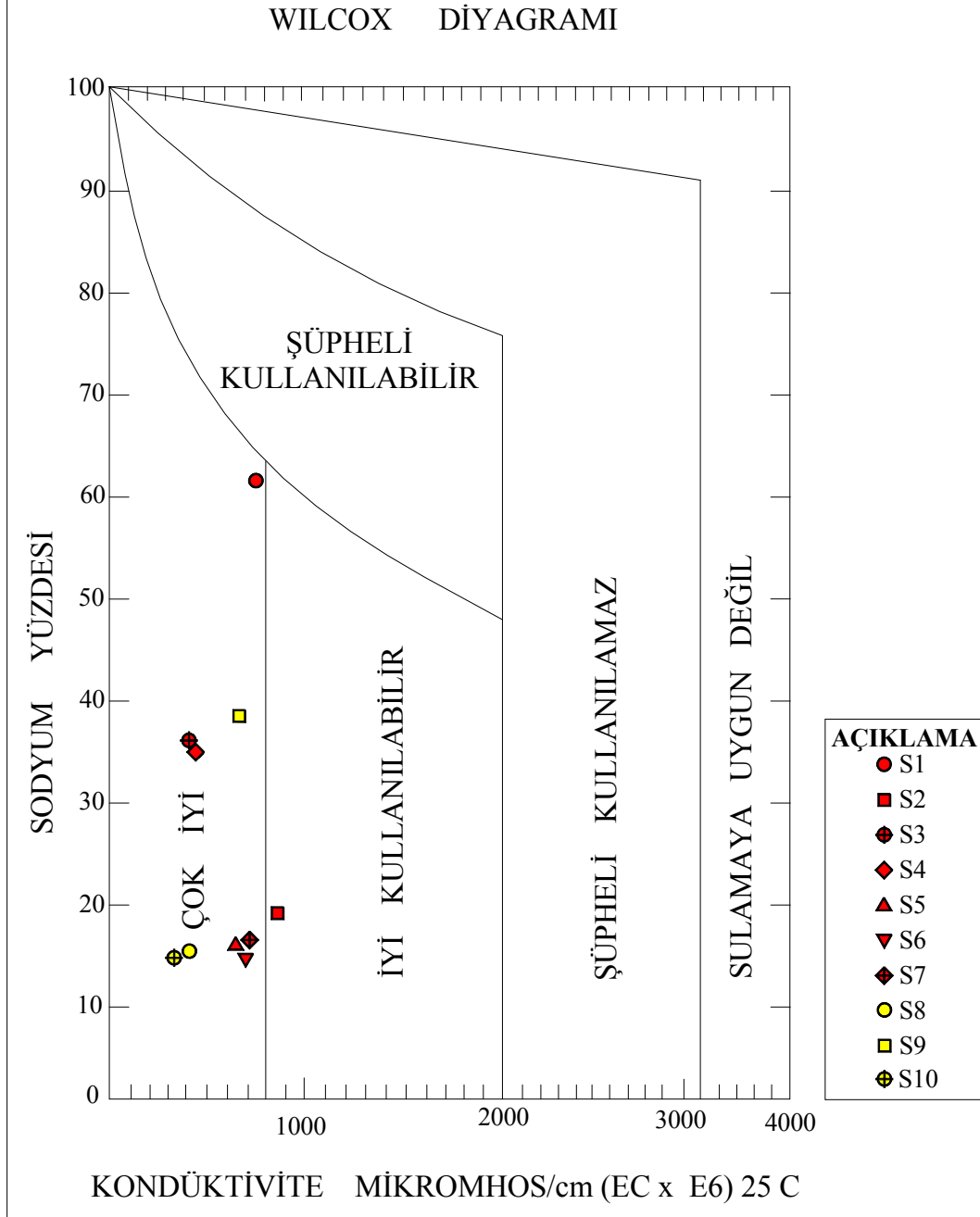
Şekil 4.52. Ekim-2002 döneminde alınan su örneklerine ait ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı

Wilcox Diyagramı; Diyagramın yatay ekseninde elektriksel iletkenlik (EC), dişey ekseninde ise sodyum yüzdesi (% Na) değerleri kullanılarak, sulama suları 5 sınıfa ayrılmıştır. Hazırlanan Wilcox diyagramları Şekil 4.53. ve Şekil 4.54’de verilmiştir.

Wilcox diyagramı kullanılarak yapılan sınıflamada çalışma alanında bulunan suların “çok iyi-iyi” ve “iyi kullanılabilir” sular sınıfına girmektedir. Mayıs-2002 dönemi örneklerinden S9, G3 ve Ekim-2002 dönemi örneklerinden S2 “iyi kullanılabilir” sular sınıfında olmasına rağmen, Ekim-2002 dönemi S2 örneği % Na değerinin yüksek olmasından dolayı şüpheli kullanılabilir sular sınırına yakındır. Wilcox diyagramında kullanılan parametreler sodyum yüzdesi (%Na) ve elektriksel iletkenlik değerlerine göre, çalışma alanında bulunan yüzey suları ve yeraltısuları sulama suyu olarak kullanılabilir özelliktedir.



Şekil 4.53. Mayıs-2002 döneminde alınan su örneklerine ait Wilcox diyagramı



Şekil 4.54. Ekim-2002 döneminde alınan su örneklerine ait Wilcox diyagramı

5. SONUÇLAR

Yalvaç-Gelendost ve Hoyran ovalarında kapsayan çalışma alanında, 1/200 000 ölçekli jeoloji haritası ve enine kesitler alınarak penel diyagram hazırlanmıştır. Çalışma alanındaki otokton birimler Sultandede Formasyonu, Hacıalabaz Formasyonu, Anamas Formasyonu, Bağkonak Formasyonu, Yarıkkaya Formasyonu, Göksöğüt Formasyonu; allokton birim olarak ise Hoyran Ofiyoliti yer almaktadır.

Hacıalabaz Formasyonu'na ait süreksizliklerin istatistiksel değerlendirmelerin doğruluğunun tespiti için arazi çalışmalarında yapılan ölçümlerin yeterli olamayacağı düşünülerek, uydu görüntülerinden yararlanılarak çizgisellik analizi yapılmıştır. Çizgisellik analizi sonucunda toplam 128 adet çizgisellik belirlenmiş ve bu çizgiselliklere ait gül diyagramı hazırlanmıştır. Çizgisellik analizi sonucunda bulunan egemen doğrultu (K10-20B ve K50-70D) değeri, Hacıalabaz Formasyonu'nda arazide ölçülen egemen derişme oranı (K15B\87GB ve K78D\86KB), gül diyagramından bulunan egemen doğrultusu (K10-20B ve K70-80D) ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma alanındaki DMİ için hazırlanan yıllık ortalama yağıştan eklenik sapma grafiklerine göre yağış periyotları belirlenmiş ve Yalvaç, Gelendost, Kumdanlı ve Bağkonak DMİ verilerine göre belirlenen yağış periyotları karşılaştırılmıştır. Çalışma alanında 1962-1969 yılları arası yağışlı, 1970-1977 yılları arası kurak, 1978-1985 yılları arası yağışlı 1986-1994 yılları arası kurak, 1995-1998 yılları arası yağışlı ve 1999-2002 yılları arası son 4 yıldır kuraklık dönemi sürmektedir.

Yüzey drenaj alanına düşen ortalama yağış miktarı, aritmetik ortalama, Thiessen (çokgen) ve eş yağış eğrileri (isohyet) yöntemlerine göre Hoyran ve Yalvaç-Gelendost havzaları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Eşyağış yöntemi esas alınarak Yalvaç-Gelendost Havzası için yıllık ortalama yağış miktarı 513.8 mm, Hoyran Havzası için ortalama yağış miktarı 475.2 mm bulunmuştur. Hoyran Havzası düşen ortalama yıllık yağış miktarı $142.19 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$, Yalvaç-Gelendost Havzasına düşen

ortalama yıllık yağış miktarı $595.79 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olmak üzere çalışma alanına düşen ortalama yıllık yağış miktarı $738.0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak bulunmuştur.

Çalışma alanındaki DMİ için potansiyel (Etp) ve gerçek (Etr) buharlaşma terleme değerleri, Thornthwaite, Blaney-Criddle ve Schendel yöntemleri kullanılarak hesaplanmış ve yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafikleri çizilmiştir. Thornthwaite yöntemi esas alınarak gerçek buharlaşma değerleri Yalvaç-Gelendost Havzası için 344.24 mm, Hoyran Havzası için ise 304.43 mm bulunmuştur. Yalvaç-Gelendost Havzasında $399.17 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve Hoyran Havzası için $91.09 \times 10^6 \text{ m}^3$ olmak üzere çalışma alanından bir yıldaki ortalama buharlaşma miktarı $478.67 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

Kapalı bir havza özelliği taşıyan çalışma alanındaki tüm yüzey suları birleşerek Hoyran Deresi ve Yalvaç Deresi adı altında Eğirdir Gölü'ne boşalmaktadır. Çalışma alanından Eğirdir Gölü'ne Yalvaç-Gelendost Havzası'ndan $63.40 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve Hoyran Havzası'ndan $10.65 \times 10^6 \text{ m}^3$ olmak üzere yıllık ortalama akım miktarı $74.05 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak gerçekleşmektedir.

Hoyran ve Yalvaç-Gelendost havzaları için ayrı ayrı su bütçesi yapılarak emniyetli kullanılabilicek yeraltısuyu miktarı Hoyran Ovası'nda $24.39 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$, Yalvaç-Gelendost ovalarında $61.58 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak bulunmuştur.

Jeolojik birimler hidrojeolojik özelliklerine göre, Geçirimli (Gç), Yarı Geçirimli (Gy), Az Geçirimli (Ga) ve Geçirimsiz (Gz) olmak üzere dört sınıfa ayrılmış ve 1/200 000 ölçekli hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır. Çalışma alanında yüzeyleyen jeolojik birimlerden alüvyon serbest akifer ve kireçtaşları ise karstik akifer özelliği taşımaktadır. Alüvyon akiferler için Mayıs ve Ekim 2002 dönemlerinde yeraltısuyu seviye haritaları hazırlanmış ve yeraltısuyu akım yönünün Eğirdir Gölü'ne doğru olduğunu belirlenmiştir. Mayıs ve Ekim 2002 dönemleri için hazırlanan yeraltısuyu seviye haritalarından yararlanılarak bu iki dönem verileri kullanılarak seviye değişim haritası hazırlanmıştır.

Hidrojeolojik parametrelerin belirlenmesinde, gözenekli akifer için Theis (1935), Cooper-Jacob (Zaman-Düşüm) ve Neuman (1975) yöntemleri, karstik akifer için Moench (Fracture Flow) yöntemi kullanılmıştır.

Yalvaç-Gelendost havzasında yeraltısuyu akışının ve potansiyelinin belirlenmesi amacıyla PMWIN (Processing Modflow) programı kullanılarak yeraltısuyu akış modellemesi yapılmıştır. Bu amaçla jeolojik ve hidrojeolojik yapıya bağlı olarak sınır koşulları ve hidrojeolojik parametreler belirlendikten sonra, PMWIN programında grid ağları oluşturulmuş, tabaka tipleri ve konumları ile diğer model parametreleri girilmiştir. 2000 yılında DSİ tarafından model alanındaki yeraltısuyu seviye ölçümleri kullanılarak modelin kalibrasyonu yapılmış ve modelin hidrolik parametrelere karşı davranışı ve duyarlılığı belirlenmiştir.

Yeraltısuyu akım modellemesi sonucunda 2000 yılına ait su bütçesi hazırlanmıştır. Sonuç olarak çalışma alanından yeraltısuyuna süzülen beslenme miktarı 148.57×10^6 m³/yıl'ın %20.18'i kuyulardan (29.98×10^6 m³/yıl) çekilmekte, %3.05'i kaynaklardan (4.53×10^6 m³/yıl) boşalmakta ve %76.77'si sabit seviye olarak modellenen Eğirdir Gölü'ne (114.06×10^6 m³/yıl) boşalmaktadır. Çalışma alanındaki en büyük toplam akış debisine sahip olan akifer, dördüncü tabaka olarak modellenen karstik kireçtaşı akiferidir.

Model alanında gelecek yıllarda oluşabilecek farklı hidrojeolojik durumlarda hidrojeolojik yapıyı etkileyen tüm parametreler, bu parametrelerin yapı üzerindeki etkileri ve hidrojeolojik yapının tepkilerinin önceden belirlenebilecektir. Bu parametrelerin önceden belirlenmesi akiferin korunması açısından son derece önemlidir. Modelleme alanı içerisinde yeraltısuyu akımının bu tatlı su rezervuarına boşaldığı göz önüne alınırsa, Eğirdir Gölü'nün tatlı su rezervuarı olarak kirletici etkilerden korunmasına yönelik korunma tedbirlerinin alınması açısından çalışma alanı için taşınım modellemesinin yapılması yararlı olacaktır.

Çalışma alanındaki yüzey suları ve yeraltısularının kalitesini tehdit eden kirleticilerin, yerleşim alanlarından, tarımsal faaliyetlerden ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklandığı belirlenmiştir. Kirlilik analizinde ve alınacak önlemlerin

belirlenmesinde kullanılmak üzere yerleşim alanlarının mevcut nüfusu belirlenmiş ve gelecekteki nüfusun tahminleri yapılmıştır. Yalvaç deri sanayinde, deri işleme proseslerinde kullanılan kimyasallar, açığa çıkan katı-sıvı atıklar ve bunların yüzey suları ve yeraltısularına etkileri belirlenmiştir.

Çalışma alanı içerisinde yer alan kirlilik kaynaklarının, yüzey suları ve yeraltısularının kalitesine dolayısı ile Eğirdir Gölü su kalitesi üzerine olası etkilerinin belirlenmesi amacıyla, in-situ deneyleri ve hidrojeokimyasal analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre suların kullanım alanlarına göre sınıflamaları yapılarak, yüzey suları ve yeraltısularının fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Hidrojeokimyasal analiz sonuçlarından yararlanılarak özellikle ağır metal konsantrasyonu (Cu^{+2} , Cu^{3+} ve Pb^{+2}) açısından havzada su kirliliği olduğu söylenebilir. Bu ön bilgiler ışığında havzadaki kirleticilerden dolayı uzun dönemde Eğirdir Gölü su kalitesine olumsuz bir etkinin olabileceği düşünülebilir. Çalışma alanında kullanılan pestisidlerin yüzey ve yeraltısularına olumsuz etkileri ve nehir sedimanlarında ağır metal analizleri ayrı bir çalışma kapsamında ayrıntılı olarak incelenmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abdüsselamoğlu, Ş., 1958. Sultandağı'nın 1/100.000 ölçekli jeolojik leveleri hakkında rapor: M.T.A. Gen. Müd. Derleme Rapor No. 2669.
- Acar, A. ve Biliyul, H., 1974. Jeofizik anomalilere göre Akşehir-Yalvaç yörelerinde kalker altında bazik formasyonun (doleritin) devamlılığının takip imkanı ve ondülasyonları, Türkiye Jeoloji Kurutayı, 28. Bilimsel ve Teknik Kongresi Tebliğleri Konferans Özetleri, 7.
- Akay, E., 1981. Beyşehir Yöresinde (Orta Toroslar) Olası Alt Kimmeriyen Dağ Oluşum İzleri, Türkiye Jeol. Kur. Bült., 24/2, 25-29.
- Akay, E. ve Uysal, Ş., 1988. Orta Torosların Post-Eosen Tektoniği, Maden Tetkik Arama Dergisi, 108, 57-68, Ankara.
- Akkaya, C., 2002. Su ve Toprak Kaynakları Yönetiminde Havza Yönetim Modelinin Önemi, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 420-421-422, 20-23.
- Altinkale, S., 2001. Eğirdir ve Burdur Göllerinin Hidrojeokimyasal ve İzotop Jeokimyasal Karşılaştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış).
- Ashcraft, C.C. and R.G., Grimes, 1988. On vectorizing incomplete factorization and SSOR preconditioners. SIAM Journal of Scientific and Statistical Computing, v. 9, no. 1, p. 122-151.
- Atalay, İ., 1973. Sultandağları ile Akşehir ve Eber Gölleri Havzalarının Strüktürel, Jeomorfolojik ve Toprak Erozyonu Etüdü, Yeni Desen Mat., Ankara (I. Bölümü basılmış Dok. Tezi).
- Atalay, İ., .1975. Tektonik Hareketlerin Sultandağları'nın Jeomorfolojisine olan Etkisi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 18, 21-26
- Axelsson O., and G. Lindskog, 1986. On the eigenvalue distribution of a class of preconditioning methods, Numerical Mathematics (48), 479-498.

- Aydın, Y. ve Nalbantçılar, M. T., 1994. Akkonak-Koçbeyli (Afyon) Yöresinin Jeolojisi ve Petrografisi, SÜAF Proje No: FBE 92/200, 37s..
- Aydın, A.F., 1993. Eğirdir Gölü Su Kalite Modellemesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Bal, A., 1979. Deri ve Deri Mamulleri Sanayi Araştırması, Sümerbank Genel Müdürlüğü, Araştırma Planlama ve Koordinasyon Müdürlüğü.
- Beyazıt, N., Peker, İ., 1998. Atıksularda Ağır Metal Kirliliği ve Giderim Yöntemleri, I. Atıksu Sempozyumu, 209-215, Erciyes Üniversitesi.
- Blaney, H. F., and Criddle, W. D., 1950. Determining Water Requirements In Irrigated Areas From Climatological And Irrigation Data, USDA SCS Techn. Pap. No 96.
- Blumenthal, M., 1947. Seydişeyir-Beyşehir Hinterlandındaki Toros Dağları'nın Jeolojisi: M.T.A. Enst. Yayın No:2, 242 s.
- Blumenthal, M., 1960. Le Système Structural du Taurus Sud-Anatolien, Livre à La Mém. P. Fallot, 11, 611-662.
- Blumenthal, M., 1963. Le Système Structural du Taurus Sud-Anatolien: in Livre à La mémoire du Professeur P. Fallot, Mém. hs. sér. Soc. Géol. France, 2, 611-622 s.
- Boray, A., Şaroğlu, F., Emre, Ö., 1985. Isparta Büklümünün Kuzey Kesiminde Doğu-Batı Daralma için Bazı Veriler, Jeoloji Mühendisliği, 23, 9-20.
- Brunn, J.H., Dumont, J.F., Graciansky, P.C., Gutnic, M., Juteau, T., Marcoux, J., Monod., O.ve Poisson, A., 1971. Outline of the Geology of the Western Taurids Campbell, A.S., ed., Geology and History of Turkey, Pet. Expl. Soc. Libya, Tripoli, 225-255.

- Brunn, J.H., 1976. L'arc Concave Zagro-Taurique Et Les Arcs Convexes Taurique Et Egeen, Collision Et Induits, Bull. Soc. Geol. France, (7) XVIII, No:2 553-567.
- Canik, B., 1998. Hidrojeoloji, Yeraltısularının Aranması, İşletilmesi, Kimyası, Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 286 p.
- Chiang, W. H., 1994, PMPATH for Windows. User's manual. Scientific Software Group. Washington, DC.
- Chiang, W.-H., W. Kinzelbach and R. Rausch, 1998, Aquifer Simulation Model for Windows - Groundwater flow and transport modeling, an integrated program. Gebrüder Borntraeger Berlin, Stuttgart, ISBN 3-443-01039-3.
- Chow, V.,T., Maidmant, D.R. and Mays L.W., 1988, Applied Hydrology, Mc Graw Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering, Mc Graw-Hill Book Company.
- Cooper, H.H. and C.E. Jacob, 1946. A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history, Am. Geophys. Union Trans., vol. 27, pp. 526-534.
- Craig, H., 1961. Isotopic Variations in Meteoric Water, Science 133, pp. 1833-1834.
- Davraz, A., Özçelik, M., Şener, E., 2003. Yeraltısuyu Araştırmalarında Uzaktan Algılama Verilerinin Uygulanması, Burdur Örneği, 20. Yıl Sempozyumu Bildiri Özleri, Süleyman Demirel Üniversitesi, 278 s., Isparta.
- Dean, W. T. ve Monod, O., 1970. The Lower Paleozoic Stratigraphy and Faunas of the Taurus Mountains Near Beyşeyir (Turkey): Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Geol.), 19/8, 411-426.
- Demirkol, C., 1977. Yalvaç-Akşehir Dolayının Jeolojisi: Doçentlik Tezi, SÜ. Fen. Fak. 114 s., (yayınlanmamış).

- Demirkol, C., Sipahi, H., Çiçek, S., Barka, A., Sönmez, Ş., 1977. Sultandağının Stratigrafisi ve Jeoloji Evrimi, MTA Enstitüsü Jeoloji Dairesi, MTA raporu, Yayınlanmamış, Derleme No:6305.
- Demirkol, C. ve Sipahi, H., 1979. Bağkonak-Çimendere-Muratdağı (Isparta) Yöresinin Jeolojisi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 7, 29-38.
- Demirkol, C., 1981. Sultandağ Kuzeybatısının Jeolojisi ve Beyşehir-Hoyran Napı ile İlişkileri, TÜBİTAK TBAG-382, 56 s.
- Demirkol, C., 1982. Yalvaç-Akşehir Dolayının Stratigrafisi ve Batı Toroslarla Deneştirimi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 14, 3-14.
- Demirkol, C. ve Yetiş, C., 1984. Hoyran Gölü (Isparta) Kuzeyinin Stratigrafisi, MTA Dergisi, 101-102, 1-14.
- Demirkol, C. ve Yetiş, C., 1985. Sultandağ Kuzeybatısındaki Allohton Birimler ve Jeolojisi, Jeoloji Mühendisliği, 22, 3-10.
- Demirkol, C., 1985. Sultandağ Kuzeybatısındaki Allohton Birimler ve Jeoloji Evrimi, T.M.M.O.B. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 22, 3-10.
- Demirkol, C., 1986. Sultandağ ve Dolayının Tektoniği, MTA Dergisi, 107, 111-118.
- Desprairies, A. ve Gutnic M., 1970. Les grés rouges au sommet du Paléozoïque du massif du Sultandağı et les niveaux ferrallitiques de la couverture Mésozoïque (Nord-East du Taurus occidental, Turquie), Analyses chimiques et minéralogiques. Significatin paléogéographique, Bull. Soc. Géol., France (7), XII, 505-514.
- Devlet Planlama Teşkilatı, 2000. 5 Yıllık Kalkınma Planı, Deri ve Deri Mamülleri Sanayi, Özel İhtisas Komisyonu Raporu.
- Doherty, J., L. Brebber and P. Whyte (1994), PEST - Model-independent parameter estimation. User's manual. Watermark Computing. Australia.

- DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü, 1994. Eğirdir Gölü Hidrolojisi, Planlama Raporu, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara (yayınlanmamış).
- DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü, 2000. 2001 Yılı Program-Bütçe Toplantısı Takdim Raporu, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Isparta.
- Dumont, J.F., Kerey, E., 1975. Eğirdir Gölü Güneyinin Temel Jeolojik Etüdü, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 18, 169-175.
- Dumont, J.F., 1976. Isparta kıvrımı ve Antalya naplarının orijini, Maden Tetkik Arama Dergisi, 86, 56-57.
- Edet, A.E., Okereke, C.S., Teme, S.C. and Esu, E.O., 1998. Application of remote sensing data groundwater exploration: A case study of the Cross River State, Southeastern Nigeria, Hydrogeology Journal, 6:394-404.
- Elitok, Ö., 2001. Şarkikaraağaç (Isparta) ve Çevresinin Jeolojisi, Minerolojisi ve Petrografisi, SDÜ Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 210 s.,
- Eren, Y., 1989. Engili (Akşehir) ve Bağkonak (Yalvaç) Köyleri Arasında Sultandağları Masifi'nin Stratigrafisi, A. Acar Sempozyumu, 83-92.
- Eren, Y., 1990. Engili (Akşehir) ve Bağkonak (Yalvaç) Köyleri Arasında Sultandağları Masifi'nin Tektonik Özellikleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 33.
- Erişen, B., 1972. Afyon-Heybeli (Kızılkilise) Jeotermal Araştırma Sahasının Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları, MTA., Rapor No: 3107 (Yayımlanmamış).
- Eroğlu, V., 2003, Türkiye'nin Su ve Toprak Kaynakları Potansiyeli ve Gelişimi, 22 Mart Dünya Su Günü, Suyumuzun Geleceği ve Türkiye Su Politikaları Paneli, Eresin Hotel, Topkapı, İstanbul.

- Erol, O., 1981. Neotectonic and Geomorphological Evulation of Turkey, Zeitschrift für Geomorphlogie, N.F. Suppl. Bd., 40, 193-211.
- Eroskay, S.O. ve Günay, G., 1980. Tecto-Genetic Classification and Hydrogeological Properties of the Karst Regions in Turkey, Int. Sem. On Karst Hydrogeology Proceedings, Publ. By SHW, 1-44, Ankara.
- Evcimen, Ö., 2001. Aşağıtirtar (Yalvaç-Isparta) Manyezit Yataklarının Jeolojik Ve Ekonomik Özellikleri, Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bitirme Tezi (Yayınlanmamış).
- Freeze, R.A., Cherry, A., 1979. Groundwater, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Gutnic, M., Kelter, D., Monod, O., 1968. Decouverte de Nappes de Charriage Dans le Nord du Taurus Occidental (Turquie), C. R. Acad. Sci. 226, 988-991.
- Gutnic, M., 1977. Géologie du Taurus Pisidien au Nord d'Isparta, Turquie, Principaux Resultats Extraits des Notes de M. Gutnic Entre 1964 et 1971 par O. Monod , Univ. de Paris-Sud Orsay, 130s.
- Günay, G., 1981. Karst Hydrogeologic Investigations in Manavgat Basin and the Vicinity, Hacettepe Univ. Eng. Fac., (Habilitation Thesis).
- Hacettepe Üniversitesi, Çevre Uygulama ve Araştırma Merkezi, 1999. İçmesuyu Kaynağı Olarak Eğirdir Gölü'nün Korunması Projesi, Final Raporu, 156 s., Ankara.
- Hakimoğlu, İ., 1983. Koyun Derisi Tabakhane Atıkları Üzerinde Bir Araştırma,
- Haude, H., 1968. Zur Géologie des Mitteleren Sultandağ Südwestlich von Akşehir (Turkei), Doktora Tezi, 126 s., Münster (Yayımlanmamış).
- Haude, H., 1972. Stratigraphie und Tektonik des Südlichen Sultandağ: Z. Deutsch. Geol. Ges., 123, 411-421.

- Heyer, K., Erdin, E., Tokgöz, S. (1999): “Deponi Sızıntı Sularının Arıtma Teknikleri ve Örnek Tesisler”, 3. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 25-26 Kasım, Heyer 1-11, Atatürk Kültür Merkezi, İzmir.
- Hill, M. C., 1992. MODFLOW/P - A computer program for estimating parameters of a transient, three-dimensional, groundwater flow model using nonlinear regression, U.S. Geological Survey, Open-file report 91-484.
- Hobbs, W.H., 1904. Lineaments of the Atlantic Border Region. Geological Society American Bulletin, 15, 483-506 p.
- Jumikis, A.R., 1983. Soil Mechanisc, Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd. Third Edition, Berkshire, England, 419p.
- Kalender, A., Üçüncü, O., 1998. Deri Sanayii Atıksularında Krom (Cr^{+3}) ve Sülfür (S^{-2}) Dengelemesi, Kayseri 1. Atıksu Sempozyumu,280-287.
- Karagüzel, R., 2004. Hidrojeoloji Ders Notları, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta, (Yayınlanmamış).
- Karagüzel, R., Özgür, N., Ertunç, A., Davraz, A., Stuchler, W., Wolf, M., 1999. Eğirdir ve Burdur Göllerinin Oluşumu, Hidrojeokimyasal ve İzotopjeokimyasal Karşılaştırılması: Ön Araştırma, 11. Mühendislik Haftası, Yerbilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, 47-57.
- Karagüzel, R., Taşdelen, S., Akyol, E., Tokgözlü, A., Irlayıcı, A., Özgül, S., 1995. Eğirir Gölü Hidrolojisi, Ön Raporu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh-Mim. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı, Isparta (yayınlanmamış).
- Karagüzel, R., Taşdelen, S., Akyol, E., 1995. An Analysis of the Level Fluctuations of Eğirdir Lake, SW-TURKIYE, Proceeding of The International Earth Sciences Colloquium On The Eagen Region (IESCA) V-II, 701-710.

- Karaman, M. E., 1983. İç ve Dış Toroslarda Mesozoyik ve Tersiyer Yaşlı Formasyonların Korelasyonu, Selçuk Üniversitesi, Müh-Mim Fakültesi, Jeoloji Bölümü.
- Karaman, M.E., 1990. Isparta Güneyinin Temel Jeolojik Özellikleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 33, 57-67 s., Ankara.
- Karaman, H., 1991. Eğirdir Gölü'nün Hidrojeolojik ve Hidrodinamik Özelliklerinin İncelenmesi, Göller Bölgesi Tatlı Su Kaynaklarının Korunması ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 285-305.
- Karaman, M. E., 1994. Isparta-Burdur Arasının Jeolojisi ve Tektonik Özellikleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 37, 2, 119-134.
- Kazancı, N., 1993. Eğirdir Gölü Çanağının Oluşum Zamanına İlişkin Bir Gözlem, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 42, 50-51.
- Kazancı, N., 1995. Eğirdir Gölü Çanağının Oluşum Zamanına İlişkin Gözlem II, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 47, 32-33.
- Kerey, İ.E., 1987. Sultan Dağları Bölgesinde Koçbeyli Tektonik Penceresi, Akdeniz Üniversitesi, Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi, 3, 3, 61-69.
- Ketin, İ., 1966. Tectonic units of Anatolia (Asia Minor), Maden Tetkik Arama Dergisi, 66, 23-34.
- Kresic, N., 1997, Quantitative Solutions in Hydrogeology and Groundwater Modeling, Lewis Publishers, Boca Raton.
- Koçyiğit, A., 1981. Isparta Büklümünde (Batı Toroslar) Toros Karbonat Platformunun Evrimi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 24, 15-23.
- Koçyiğit, A., 1983. Hoyran Gölü (Isparta Büklümü) Dolayının Tektoniği, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 26, 1-10.
- Koçyiğit, A., 1984. Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 27, 1-16.

- Konikow, L. F., D. J. Goode and G. Z. Homberger, 1996. A three-dimensional method-of-characteristics solute-transport model. U. S. Geological Survey. Water Resources Investigations report 96-4267.
- Korkmaz, H., Tinkılıç, N., Özçimder, M., 1991. Akarsu ve Göl Kirliliği ve Kirlilik Kontrol Parametreleri, Göller Bölgesi Tatlı Su Kaynaklarının Korunması ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 221-231.
- Kök, K., 1998. Endüstriyel Atıksular ve Uygulanabilecek Kontrol Yönetmeliği, Kayseri 1. Atıksu Sempozyumu, 96-100.
- Lahn, E., 1948. Türkiye Gölleri Jeolojisi ve Jeomorfolojisi Hakkında Bir Etüd, MTA Enstitüsü Yayınları, Seri B, 12.
- İnal, A., 1975. Afyon Bölgesi Gölsel Neojeninde Bulunmuş Yeni İki Gastropod Türü ve Bir Alt Türün Tanımı, Türkiye Jeol. Kur. Bült., 18, 2, 161-164.
- İrleyıcı, A., 1998. Eğirdir ve Burdur Gölleri Arasının Hidrojeoloji İncelemesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 150 s., (yayınlanmamış).
- Menengiç, M., 1991. Eğirdir Gölü Su Kalitesi ve Kirlenme Düzeyinin Tesbiti, Göller Bölgesi Tatlı Su Kaynaklarının Korunması ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 251-267.
- Metcalf & Eddy Inc., 1991. Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse, Metcalf and Eddy, Inc., Third Edition Revised by George Tchobanoglous and Franklin L., Burton, McGraw-Hill Book Co., New York, pp303.
- McDonald, G. and Harbaugh, A.H., 1984. A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Groundwater Flow Model, U.S. Geological Survey, Open File Report, 83-875, 528 p.
- Moench, A.F., 1984. Double-Porosity Models for Fissured Groundwater Reservoir with Fracture Skin. Water Resources Research, vol. 20, No. 7, pp. 831-846.

- Moench, A.F., 1988. The Response of Partially Penetrating Wells to Pumpage from Double-Porosity Aquifers. Symposium Proceedings of International Conference on Fluid Flow in Fractured Rocks. Hydrogeology Program-Department of Geology, Georgia State University, pp. 208-219.
- Moser, H. Ve Rauert, W., 1980. Isotopenmethoden in der Hydrologie, Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 8, Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 400 s.
- Motz, L.H., Doğan, A., 2003. North-Central Florida Active Water Table Regional Groundwater Flow Model (Final Report) November, Gainesville/Florida.
- Nalbantçılar, M. T., 1994. Akkonak-Koçbeyli (Afyon) ile Sağır (Isparta) Arasının Jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, SÜ. Fen Bil. Enst., 53, (yayınlanmamış).
- Nalbantçılar, M., T., 1996. Akkonak (Afyon)-Sağır (Isparta) Arasında Sultandağları Masifi'nin Tektonostratigrafisi, KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30. Yıl Sempozyumu Bildirileri, Trabzon.
- Neuman, S.P., 1975. Analysis of pumping test data from anisotropic unconfined aquifers considering delayed yield, Water Resources Research, vol. 11, no. 2, pp. 329-342.
- Orhon, D., Artan N., Ateş E. 1994. A Description of Three Methods for the Determination of the Initial Inert Particulate Chemical Oxygen Demand of Wastewater, J. Chem. Tech. Biotechnol., 61, pp.73-80.
- Özgül, N., 1971. Orta Torosların Kuzey Kesiminin Yapısal Gelişiminde Blok Hareketlerin Önemi, Türkiye Jeoloji Kur. Bült., 14, 75-87.
- Özgül, N. ve Gedik, İ., 1973. Orta Toroslar'da Alt Paleozoyik Yaşta Çaltepe Kireçtaşı ve Seydişehir Formasyonu'nun Stratigrafisi ve Konodont Faunası Hakkında Yeni Bilgiler, Türkiye Jeol. Kur. Bült., 16/2, 39-52.
- Özgül, N., 1976. Torosların Bazı Temel Jeoloji Özellikleri, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19, 65-78.

- Özgül, N., 1984. Stratigraphy and Tectonic Evolution of the Central Taurides. Geology of the Taurus Belt. (eds., Tekeli, O. and Göncüoğlu, M.C.). International Symposium. 77-90 s., Ankara/Turkey.
- Özgül, N., Bölükbaşı, S., Alkan, H., Öztaş, Y. ve Korucu, M., 1991. Göller bölgesinin tektonostratigrafik birlikleri, O. Sungurlu Semp. 213-237.
- Öztürk, M.E., Öztürk, Z., Acar, Ş., Ayaroğlu, A., 1981. Şarkikaağaç (Isparta) ve dolayının Jeolojisi, MTA, Jeoloji Dairesi, Rapor N0:7045, 190s.
- Poeter E. P. and M. C. Hill, 1998. Documentation of UCODE, a computer code for universal inverse modeling, U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 98-4080.
- Poisson, A., 1977. Recherches Geologique Dans Les Taurides Occidentales These Doct. d'etat Orsay, N.1902.
- Poisson, A., Akay, E., Dumont, J.F., Uysal, Ş., 1984. Isparta Angle, Geology of the Tarurus Belt, International Symposium, 11-16 p.
- Saad, Y., 1985. Practical use of polynomial preconditionings for the conjugate gradient method, SIAM Journal of Scientific and Statistical Computing, 6(4), 865-881.
- Samsunlu, A. ,1986. The Importance and Application of Nitrification-Denitrification of Domestic Wastewater in Developing Countries, the Third International Symposium on Environmental Management for Developing Countries, by Envitek Environmental Center, Istanbul.
- Şahinci, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, 548 s., İzmir.
- Schendel, U., 1968. Messungen mit Grundwasserlysimeter über den Wasserverbrauch aus oberflachennahem Grundwasser. Z. Kulturtechn Flurberein, 9, 314-326, Berlin/Hanburg.

- Şenel, M., Gedik, İ., Dalkılıç, H., Serdaroğlu, M., Bilgin A.Z., Uğuz, M.F. Bölükbaşı, A.S., Metin, Y., Korucu M. ve Özgül, N., 1996. Isparta Büklümü Doğusunda, Otokton ve Allohton Birimlerin Stratigrafisi (Batı Toroslar), MTA. Dergisi, 118, 111-160.
- Şengör, A.M.C., 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları Türkiye Jeoloji Kurultayı Konferanslar dizisi, 2, 40 s.
- Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği, 1988. Resmi Gazete, 19919, 13-74.
- Subbu, R. N et all, 2001. Identification of groundwater potential zones using remote sensing techniques in and around Guntur Town, Andhra Pradesh, India 29 (1&2):69-78.
- Teeum, R. M., 1995. Groundwater exploration using remote sensing and a low-cost geographical information system, Hydrogeology Journal, v.3, no. 3.
- T.C. Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1996. Deri ve Deri Mamulleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Yayın No: DPT:2436-ÖİK:493, Ankara.
- T.C. Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 2000. Deri ve Deri Mamulleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Theis, C.V., 1935. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage, Am. Geophys. Union Trans., vol. 16, pp. 519-524.
- Topacık, D., 1991. Yeraltısuyu Kirlenmesi ve Kontrol Stratejisi, Göller Bölgesi Tatlı Su Kaynaklarının Korunması ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 125-138.
- Topçam, A., vd., 1977. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, Hoyran-Gelendost ve Yalvaç Ovaları Hidrojeolojik Etüd Raporu, DSİ, İşletme Müdürlüğü Matbaası, 56 s., Ankara.

- Thornthwaite, C. W., 1948. An Approach a Rational Classification of Climate, The Geographical Review, p.55-94, volume 38, New York.
- Güneş, K., Tüvekçi, H., Karakaş, D., Morkoç, E., Tüfekçi, V., Okay, O., Tolun, L., Karakoç, T., 2001, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Eğirdir Gölü Havzasının Evsel Atık Sularının Arıtımına Yönelik Master Plan Hazırlanması ve Göl Su Kalitesinin İzlenmesi, Projesi (yayınlanmamış).
- TS266, 1997. İçme Suları Standardı, Türk Standartları Enstitüsü 1. Baskı TSE, TS266, 1-25.
- Türk Standartlar Enstitüsü, 1997. TS 5089 EN 25667-1 / 30 Aralık 1997 Su Kalitesi-Numune Alma, Bölüm 1: Numune Alma Programlarını Hazırlama Kuralları, Ankara.
- Türk Standartlar Enstitüsü, 1997. TS 5090 EN 25667-2 / 15 Nisan 1997, Su Kalitesi-Numune Alma, Bölüm 2: Numune Alma Teknikleri Kılavuzu, Ankara.
- Türk Standartlar Enstitüsü, 1997. TS 5106 ISO 5667-3/ 2 Nisan 1997, Su Kalitesi-Numune Alma, Bölüm 3: Numunelerin Muhafaza ve Taşınma Kuralları.
- U.S. EPA, 1993. Standart Methods for the Examinations of Water and Wastewater, American Publish Health Assoc.US.
- Ünaldı, Ü., 1990. Eğirdir Gölü Doğusunun Fiziki Coğrafyası, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Türkiye Coğrafyası Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 218 s., (yayınlanmamış).
- WHO, 1993. Drinking Water Standarts, In Engineering Geology and Environmental Approach (Rahn, P., 1996), Second Edition, 256-257.
- Yağmurlu, F., 1987. Salihli güneyinde üste doğru tabalaşan Neojen yaşlı alüvyon yelpaze çökelleri ve Gediz grabeninin tektonosedimanter gelişimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 30, (2), 33-41, Ankara.

- Yağmurlu, F., 1990. Yalvaç, Şarkikaraağaç ve Gelendost Havzasındaki Tersiyer Linyitlerinin Stratigrafisi, Depolama Ortamları ve Petrografisi: Tübitak Temel Bilimler Araştırma Grubu, Proje No TBAG-808, 68 s., Ankara.
- Yağmurlu, F., 1991. Yalvaç-Yarıkkaya Neojen Havzasının Stratigrafisi ve Depolama Ortamları, Türkiye Jeoloji Bülteni, 34, 9-19.
- Yağmurlu, F., 1992. Yalvaç-Yarıkkaya (Isparta) Yöresindeki Linyit Yataklarının Jeolojik Konumu ve Petrokimyasal Özellikleri, Doğa-Türk Yerbilimleri Dergisi, 35-42.
- Yağmurlu, F., Kaya, T., Aslan, F., Tuna, V., Mutlutürk, M., Bozcu, M., Saraç, G., ve Yalçın, A., 1994. Isparta-Tokmacık Omurgalı Fosil Yataklarının Araştırılması: Kültür Bak. Anıtlar ve Müzeler Gen. Müd. Araş. Projesi.
- Yağmurlu, F., Savaşçın, Y., Bozcu, M., 1997. Relation of Alkaline Volcanism and Active Tectonism within the Evolution of the Isparta Angle, SW-Turkey, The Journal of Geology, 105, 717-728.
- Yağmurlu, F., 2004. Batı Anadolu'nun Aktif Tektonik Yapısı İçinde Fayların Konumu, Türkiye Jeoloji Bülteni (Baskıda).
- Yalçınlar, İ., 1971. Sultandağları ve Beyşehir bölgesinde Graptolitli Alt Paleozoik Tabakaları, Jeomorfoloji Dergisi, Yıl 3, 3, 33-35.
- Yalçınkaya, S., Ergin, A., Afşar, Ö. P., Dalkılıç, H., Taner, K. ve Özgönül, E., 1986. Batı Torosların Jeoloji Raporu, MTA Rapor No: 7898, 131 s.
- Zheng, C., 1990, MT3D, a modular three-dimensional transport model, S.S. Papadopoulos & Associates, Inc., Rockville, Maryland.
- Zheng, C. and P. P. Wang, 1998, MT3DMS, A modular three-dimensional multispecies transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in groundwater systems. Documentation and user's guide. Departments of Geology and Mathematics, University of Alabama.

EKLER

EK 1. Genel Jeoloji Haritası

EK 2. Panel Diyagram

Ek 3. Çizgisellik Haritası

EK 4. Thornthwaite Yöntemi ile Yapılan Deneştirmeli Su Bütçesi Çizelgeleri

Ek 5. Blaney-Criddle Yöntemi ile Yapılan Deneştirmeli Su Bütçesi Çizelgeleri

Ek 6. Schendel Yöntemi ile Yapılan Deneştirmeli Su Bütçesi Çizelgeleri

EK 7. Drenaj Ağı Haritası

EK 8. Hidrojeoloji Haritası

Ek 9. DSİ Projeler Haritası

Ek10. DSİ Sondaj Kuyularına Ait Sondaj Logları

Ek11. Köy Hizmetleri Sondaj Kuyularına Ait Sondaj Logları

EK 12. Theis, Cooper-Jacob, Neuman, ve Moench Yöntemlerinin Çözümleri

EK 13. Yeraltısuyu Seviye Haritası (Mayıs-2002)

EK 14. Yeraltısuyu Seviye Değişim Haritası

EK 15. Üretim Debisi Haritası

EK 16. Kirlilik Kaynakları ve Örnek Alım Noktası Haritası

Ek 17. Su Örnekleri Hidrojeokimyasal Analiz Sonuçları (Mayıs-Ekim 2002)

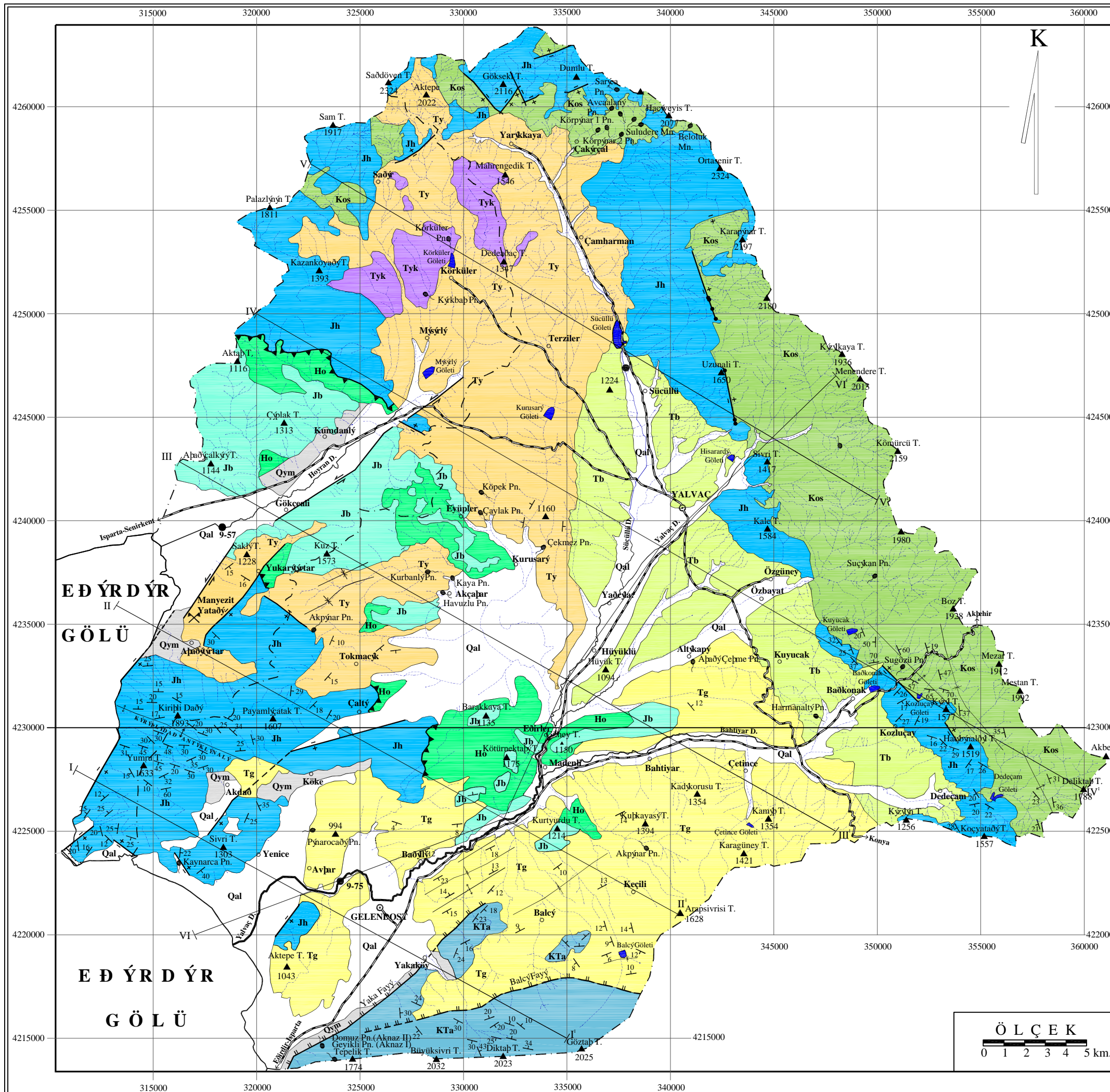
Ek 18. Kurşun konsantrasyonu değişim haritası

Ek 19. Krom konsantrasyonu değişim haritası

Ek 20. Bakır konsantrasyonu değişim haritası

Ek 21. Çinko konsantrasyonu değişim haritası

EK 1. Genel Jeoloji Haritası

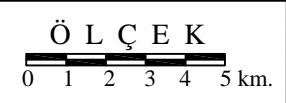


AÇIKLAMALAR

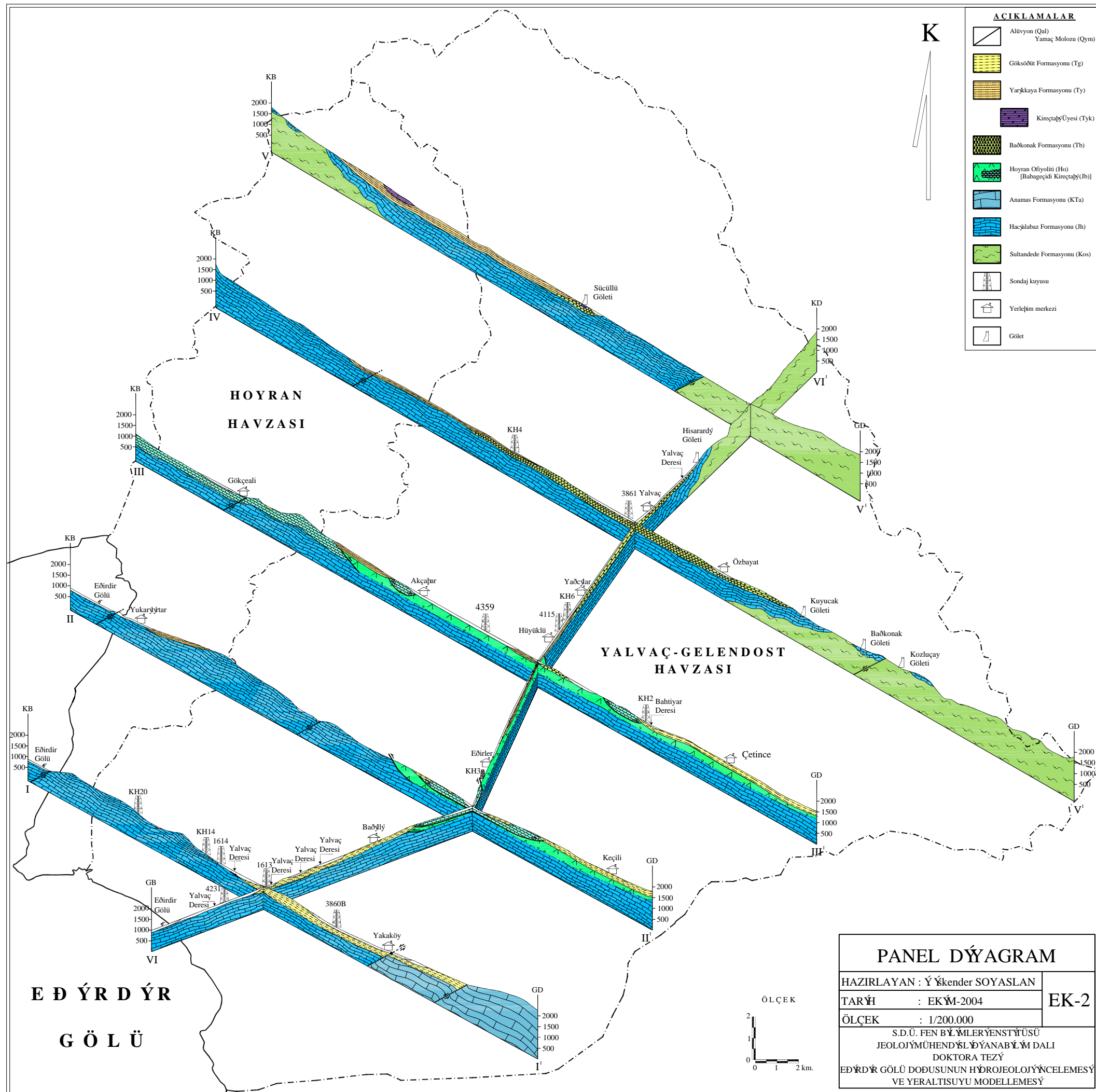
| SENOZOYİK | TERTİYER | KUVATERNER | HOLOSEN | |
|-----------|----------|------------|---------|-----------------------------|
| | | | Qal | Alüvyon (Qal) |
| | | | Qym | Yamaç Molozu (Qym) |
| | | | Tg | Göksöüt Formasyonu (Tg) |
| | | | Ty | Yarıkkaya Formasyonu (Ty) |
| | | | Tyk | Kireçtaşı Üyesi (Tyk) |
| | | | Tb | Bağkonak Formasyonu (Tb) |
| | | | Ho | Hoyran Ofiyoliti (Ho) |
| | | | Jb | [Babageçidi Kireçtaşı (Jb)] |
| | | | KTa | Anamas Formasyonu (KTa) |
| | | | Jh | Hacıalabaz Formasyonu (Jh) |
| | | | Kos | Sultandede Formasyonu (Kos) |
| | | | YALVAÇ | Yerleşim Merkezi |
| | | | | Beslenme Havzası Sınırı |
| | | | | Formasyon Sınırları |
| | | | | Karayolu |
| | | | T 47 | Tabaka Doğrultu Eğimi |
| | | | | Bindirme |
| | | | * | Eğim Atımlı Fay |
| | | | | Normal Fay |
| | | | | Doğrultu Atımlı Fay |
| | | | | Kıvrım Eksenini |
| | | | | Kesit Doğrultusu |
| | | | X | Manyezit Yatağı |

GENEL JEOLJY HARITASI

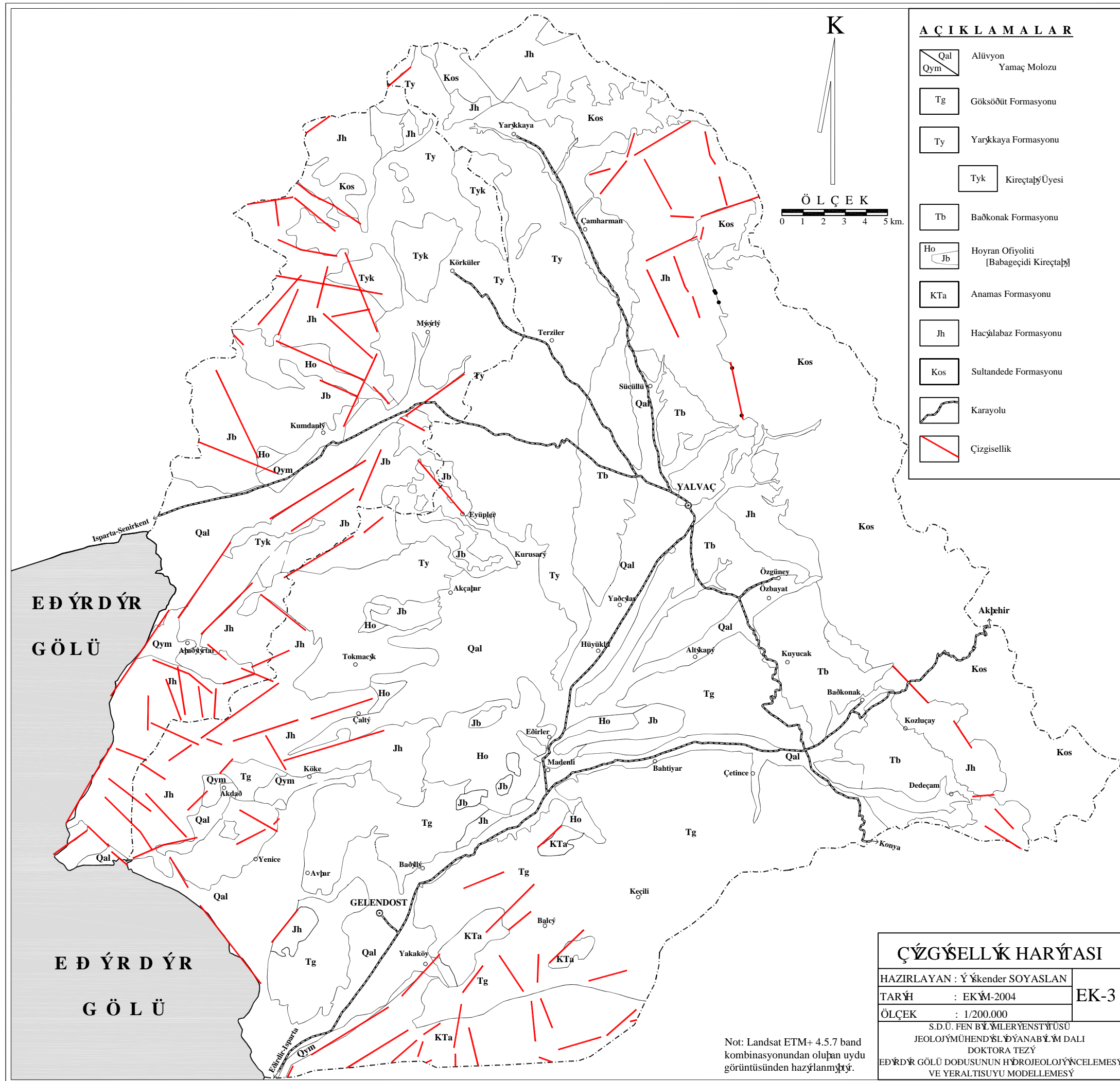
| | |
|--|------|
| HAZIRLAYAN : Ýřkender SOYASLAN | EK-1 |
| TARİH : EKİM-2004 | |
| ÖLÇEK : 1/200.000 | |
| S.D.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JEOLJY MÜHENDİSLİĞYANABİLİM DALI DOKTORA TEZİ EDİRNE GÖLÜ DOBUNUN HİDROJEOLJY CELEMESİ VE YERALTISUYU MODELLEMESİ | |



EK 2. Panel Diyagram



Ek 3. Çizgisellik Haritası



**EK 4. Thornthwaite Yöntemi ile Yapılan Deneştirmeli Su
Bütçesi Çizelgeleri**

Ek 4.a. DMİ ortalama değerleri için Thornthwaite yöntemi ile yapılan meteorolojik su bütçesi

| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Toplam |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Aylık sıcaklık (t) °C | 0.8 | 1.5 | 4.9 | 10.2 | 14.8 | 18.9 | 22.4 | 22.4 | 18.5 | 12.1 | 5.9 | 2.2 | |
| Aylık endeks (i) | 0.062 | 0.162 | 0.970 | 2.943 | 5.171 | 7.487 | 9.684 | 9.684 | 7.249 | 3.812 | 1.285 | 0.289 | 48.80 |
| Etp (mm) | 1.40 | 3.03 | 16.57 | 44.64 | 79.20 | 108.72 | 136.92 | 128.16 | 88.62 | 48.83 | 17.28 | 4.86 | 678.24 |
| Yağış (mm) | 62.35 | 55.39 | 54.33 | 59.47 | 43.58 | 31.53 | 18.34 | 8.56 | 12.43 | 42.01 | 55.83 | 72.58 | 516.40 |
| Etr (mm) | 1.40 | 3.03 | 16.57 | 44.64 | 79.20 | 95.91 | 18.34 | 8.56 | 12.43 | 42.01 | 17.28 | 4.86 | 344.24 |
| Zemin rezervi (mm) | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 64.38 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 38.55 | 100.00 | |
| Zemin rezerv değişimi (mm) | | | | | -35.62 | -64.38 | | | | | +38.55 | +61.45 | |
| Su Noksanı (mm) | | | | | | 12.81 | 118.58 | 119.60 | 76.19 | 6.82 | | | 334.00 |
| Su Fazlası (mm) | 60.95 | 52.36 | 37.76 | 14.83 | | | | | | | | 6.27 | 172.17 |
| Enlem düz. katsayısı (I) | 0.86 | 0.84 | 1.03 | 1.10 | 1.22 | 1.23 | 1.25 | 1.17 | 1.03 | 0.97 | 0.85 | 0.83 | |

Ek 4.b. Yalvaç DMİ değerleri için Thornthwaite yöntemi ile yapılan meteorolojik su bütçesi

| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Toplam |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Aylık sıcaklık (t) °C | 0.2 | 1.0 | 4.9 | 9.9 | 14.6 | 19.0 | 22.6 | 22.4 | 18.0 | 11.9 | 5.5 | 2.1 | |
| Aylık endeks (i) | 0.01 | 0.09 | 0.97 | 2.81 | 5.07 | 7.55 | 9.81 | 9.68 | 6.95 | 3.72 | 1.16 | 0.27 | 48.08 |
| Etp (mm) | 0.26 | 1.88 | 16.87 | 43.45 | 78.36 | 109.85 | 138.71 | 128.40 | 85.97 | 48.24 | 16.09 | 4.71 | 672.81 |
| Yağış (mm) | 62.80 | 54.00 | 54.40 | 59.90 | 44.70 | 36.30 | 15.70 | 8.20 | 14.00 | 40.60 | 48.70 | 75.10 | 514.40 |
| Etr (mm) | 0.26 | 1.88 | 16.87 | 43.45 | 78.36 | 102.64 | 15.70 | 8.20 | 14.00 | 40.60 | 16.09 | 4.71 | 342.77 |
| Zemin rezervi (mm) | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 66.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 32.61 | 100.00 | |
| Zemin rezerv değişimi (mm) | | | | | -33,66 | -66,34 | | | | | +32,61 | +67,39 | |
| Su Noksanı (mm) | | | | | | 7.21 | 123.01 | 120.20 | 71.97 | 7.64 | | | 330.03 |
| Su Fazlası (mm) | 62.54 | 52.12 | 37.53 | 16.45 | | | | | | | | 3.00 | 171.64 |
| Enlem düz. katsayısı (l) | 0.86 | 0.84 | 1.03 | 1.10 | 1.22 | 1.23 | 1.25 | 1.17 | 1.03 | 0.97 | 0.85 | 0.83 | |

Ek 4.c. Gelendost DMİ değerleri için Thornthwaite yöntemi ile yapılan meteorolojik su bütçesi

| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Toplam |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Aylık sıcaklık (t) °C | 2.9 | 2.9 | 5.4 | 10.9 | 15.6 | 19.4 | 23.0 | 22.8 | 19.5 | 12.6 | 7.3 | 3.2 | |
| Aylık endeks (i) | 0.44 | 0.44 | 1.12 | 3.25 | 5.60 | 7.79 | 10.08 | 9.95 | 7.85 | 4.05 | 1.77 | 0.51 | 52.85 |
| Etp (mm) | 6.21 | 6.07 | 16.96 | 45.90 | 81.85 | 110.14 | 140.24 | 129.75 | 92.86 | 49.04 | 20.86 | 6.83 | 706.72 |
| Yağış (mm) | 88.90 | 70.40 | 62.70 | 63.90 | 44.50 | 31.30 | 10.80 | 9.10 | 17.00 | 43.60 | 52.50 | 82.80 | 577.50 |
| Etr (mm) | 6.21 | 6.07 | 16.96 | 45.90 | 81.85 | 93.95 | 10.80 | 9.10 | 17.00 | 43.60 | 20.86 | 6.83 | 359.13 |
| Zemin rezervi (mm) | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 62.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 31.64 | 100.00 | |
| Zemin rezerv değişimi (mm) | | | | | -37,35 | -62,65 | | | | | -31,64 | +68,36 | |
| Su Noksanı (mm) | | | | | | 16.19 | 129.44 | 120.65 | 75.86 | 5.44 | | | 347.58 |
| Su Fazlası (mm) | 82.69 | 64.33 | 45.74 | 18.00 | | | | | | | | 7.61 | 218.37 |
| Enlem düz. katsayısı (l) | 0.86 | 0.84 | 1.03 | 1.10 | 1.22 | 1.23 | 1.25 | 1.17 | 1.03 | 0.97 | 0.85 | 0.83 | |

Ek 4.d. Bağkonak DMİ değerleri için Thornthwaite yöntemi ile yapılan meteorolojik su bütçesi

| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Toplam |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Aylık sıcaklık (t) °C | -0,6 | 0.7 | 4.4 | 10.0 | 14.2 | 18.4 | 21.7 | 22.0 | 18.0 | 12.0 | 4.9 | 1.2 | |
| Aylık endeks (i) | 0.00 | 0.05 | 0.82 | 2.86 | 4.86 | 7.19 | 9.23 | 9.42 | 6.95 | 3.76 | 0.97 | 0.12 | 46.23 |
| Etp (mm) | 0.00 | 1.33 | 15.51 | 45.23 | 77.03 | 106.63 | 132.60 | 126.21 | 86.92 | 49.85 | 14.60 | 2.55 | 658.48 |
| Yağış (mm) | 35.34 | 41.76 | 45.88 | 54.60 | 41.54 | 27.00 | 28.52 | 8.37 | 6.30 | 41.85 | 66.30 | 59.83 | 457.29 |
| Etr (mm) | 0.00 | 1.33 | 15.51 | 45.23 | 77.03 | 91.51 | 28.52 | 8.37 | 6.30 | 41.85 | 14.60 | 2.55 | 332.81 |
| Zemin rezervi (mm) | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 64.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 51.70 | 100.00 | |
| Zemin rezerv değişimi (mm) | | | | | -35.49 | -64.51 | | | | | +51,70 | +48,3 | |
| Su Noksanı (mm) | | | | | | 15.12 | 104.08 | 117.84 | 80.62 | 8.00 | | | 325.66 |
| Su Fazlası (mm) | 35.34 | 40.43 | 30.37 | 9.37 | | | | | | | | 8.98 | 124.49 |
| Enlem düz. katsayısı (l) | 0.86 | 0.84 | 1.03 | 1.10 | 1.22 | 1.23 | 1.25 | 1.17 | 1.03 | 0.97 | 0.85 | 0.83 | |

Ek 4.e. Kumdanlı DMİ değerleri için Thornthwaite yöntemi ile yapılan meteorolojik su bütçesi

| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Toplam |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Aylık sıcaklık (t) °C | 1.9 | 2.2 | 6.1 | 11.5 | 15.9 | 20.4 | 23.7 | 23.8 | 20.2 | 14.1 | 7.2 | 2.7 | |
| Aylık endeks (i) | 0.23 | 0.29 | 1.35 | 3.53 | 5.76 | 8.41 | 10.55 | 10.61 | 8.28 | 4.80 | 1.74 | 0.39 | 55.95 |
| Etp (mm) | 3.13 | 3.73 | 18.56 | 47.31 | 81.86 | 116.18 | 145.05 | 136.55 | 95.98 | 55.19 | 19.23 | 4.89 | 727.65 |
| Yağış (mm) | 38.44 | 42.92 | 38.13 | 57.60 | 32.24 | 22.80 | 14.57 | 9.92 | 4.50 | 23.56 | 46.20 | 60.14 | 391.02 |
| Etr (mm) | 3.13 | 3.73 | 18.56 | 47.31 | 81.86 | 73.18 | 14.57 | 9.92 | 4.50 | 23.56 | 19.23 | 4.89 | 304.43 |
| Zemin rezervi (mm) | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 50.38 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 26.97 | 82.22 | |
| Zemin rezerv değişimi (mm) | | | | | -49,62 | -50,38 | | | | | +26,97 | +55,25 | |
| Su Noksanı (mm) | | | | | | 43.00 | 130.48 | 126.63 | 91.48 | 31.63 | | | 423.22 |
| Su Fazlası (mm) | 35.31 | 39.19 | 19.57 | 10.29 | | | | | | | | | 104.36 |
| Enlem düz. katsayısı (l) | 0.86 | 0.84 | 1.03 | 1.10 | 1.22 | 1.23 | 1.25 | 1.17 | 1.03 | 0.97 | 0.85 | 0.83 | |

**Ek 5. Blaney-Criddle Yöntemi ile Yapılan Deneşirmeli Su
Bütçesi Çizelgeleri**

Ek 5.a. DMİ Ortalama değerleri için Blaney-Criddle yöntemi ile yapılan meteorolojik su bütçesi

| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Toplam |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Aylık sıcaklık (t) °C | 0.8 | 1.5 | 4.9 | 10.2 | 14.8 | 18.9 | 22.4 | 22.4 | 18.5 | 12.1 | 5.9 | 2.2 | |
| Etp (mm) | 1.75 | 3.20 | 12.82 | 28.50 | 45.86 | 59.05 | 71.12 | 66.57 | 48.40 | 29.81 | 12.74 | 4.64 | 384.45 |
| Yağış (mm) | 62.35 | 55.39 | 54.33 | 59.47 | 43.58 | 31.53 | 18.34 | 8.56 | 12.43 | 42.01 | 55.83 | 72.58 | 516.40 |
| Etr (mm) | 1.75 | 3.20 | 12.82 | 28.50 | 45.86 | 59.05 | 71.12 | 25.98 | 12.43 | 29.81 | 12.74 | 4.64 | 307.89 |
| Zemin rezervi (mm) | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 97.72 | 70.20 | 17.42 | 0.00 | 0.00 | 12.20 | 55.29 | 100.00 | |
| Zemin rezerv değişimi (mm) | | | | | -2.28 | -27.52 | -52.78 | -17.42 | | +12.20 | +43.09 | +44.71 | |
| Su Noksanı (mm) | | | | | | | | 40.59 | 35.97 | | | | 76.56 |
| Su Fazlası (mm) | 60.60 | 52.19 | 41.51 | 30.97 | | | | | | | | 23.23 | 208.50 |
| Enlem düz. katsayısı (I) | 0.86 | 0.84 | 1.03 | 1.10 | 1.22 | 1.23 | 1.25 | 1.17 | 1.03 | 0.97 | 0.85 | 0.83 | |

Ek 5.b. Yalvaç DMİ için Blaney-Criddle yöntemi ile yapılan meteorolojik su bütçesi

| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Toplam |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Aylık sıcaklık (t) °C | 0,2 | 1,0 | 4,9 | 9,9 | 14,6 | 19,0 | 22,6 | 22,4 | 18,0 | 11,9 | 5,5 | 2,1 | |
| Etp (mm) | 0,44 | 2,13 | 12,82 | 27,66 | 45,24 | 59,36 | 71,76 | 66,57 | 47,09 | 29,32 | 11,87 | 4,43 | 378,69 |
| Yağış (mm) | 62,80 | 54,00 | 54,40 | 59,90 | 44,70 | 36,30 | 15,70 | 8,20 | 14,00 | 40,60 | 48,70 | 75,10 | 514,40 |
| Etr (mm) | 0,44 | 2,13 | 12,82 | 27,66 | 45,24 | 59,36 | 71,76 | 28,54 | 14,00 | 29,32 | 11,87 | 4,43 | 307,57 |
| Zemin rezervi (mm) | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 99,46 | 76,40 | 20,34 | 0,00 | 0,00 | 11,28 | 48,11 | 100,00 | |
| Zemin rezerv değişimi (mm) | | | | | -0,54 | -23,06 | -56,06 | -20,34 | | +11,28 | +36,83 | +51,89 | |
| Su Noksanı (mm) | | | | | | | | 38,03 | 33,09 | | | | 71,12 |
| Su Fazlası (mm) | 62,36 | 51,87 | 41,58 | 32,24 | | | | | | | | 18,78 | 206,83 |
| Enlem düz. katsayısı (l) | 0,86 | 0,84 | 1,03 | 1,10 | 1,22 | 1,23 | 1,25 | 1,17 | 1,03 | 0,97 | 0,85 | 0,83 | |

Ek 5.c. Gelendost DMİ için Blaney-Criddle yöntemi ile yapılan meteorolojik su bütçesi

| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Toplam |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Aylık sıcaklık (t) °C | 2,9 | 2,9 | 5,4 | 10,9 | 15,6 | 19,4 | 23,0 | 22,8 | 19,5 | 12,6 | 7,3 | 3,2 | |
| Etp (mm) | 6,33 | 6,19 | 14,13 | 30,45 | 48,34 | 60,61 | 73,03 | 67,76 | 51,02 | 31,04 | 15,76 | 6,75 | 411,40 |
| Yağış (mm) | 88,90 | 70,40 | 62,70 | 63,90 | 44,50 | 31,30 | 10,80 | 9,10 | 17,00 | 43,60 | 52,50 | 82,80 | 577,50 |
| Etr (mm) | 6,33 | 6,19 | 14,13 | 30,45 | 48,34 | 60,61 | 73,03 | 13,72 | 17,00 | 31,04 | 15,76 | 6,75 | 323,36 |
| Zemin rezervi (mm) | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 96,16 | 66,85 | 4,62 | 0,00 | 0,00 | 12,56 | 49,30 | 100,00 | |
| Zemin rezerv değişimi (mm) | | | | | -3,84 | -29,31 | -62,23 | -4,62 | | +12,56 | +36,74 | +50,70 | |
| Su Noksanı (mm) | | | | | | | | 54,04 | 34,02 | | | | 88,06 |
| Su Fazlası (mm) | 82,57 | 64,21 | 48,57 | 33,45 | | | | | | | | 25,35 | 254,15 |
| Enlem düz. katsayısı (l) | 0,86 | 0,84 | 1,03 | 1,10 | 1,22 | 1,23 | 1,25 | 1,17 | 1,03 | 0,97 | 0,85 | 0,83 | |

Ek 5.d. Bağkonak DMI için Blaney-Criddle yöntemi ile yapılan meteorolojik su bütçesi

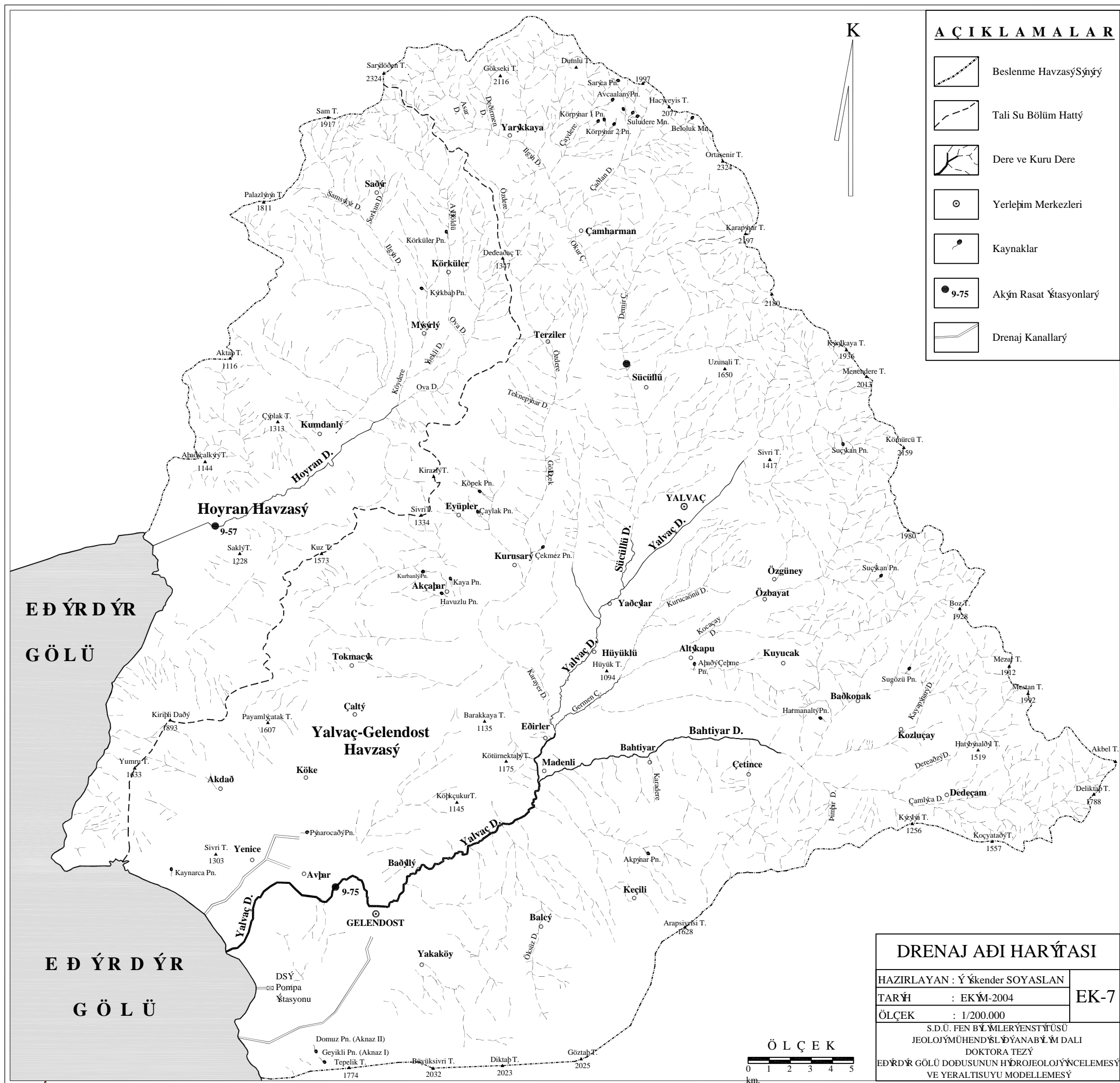
| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Toplam |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Aylık sıcaklık (t) °C | -0,6 | 0,7 | 4,4 | 10,0 | 14,2 | 18,4 | 21,7 | 22,0 | 18,0 | 12,0 | 4,9 | 1,2 | |
| Etp (mm) | 0,00 | 1,49 | 11,51 | 27,94 | 44,00 | 57,49 | 68,90 | 65,38 | 47,09 | 29,57 | 10,58 | 2,53 | 366,48 |
| Yağış (mm) | 35,34 | 41,76 | 45,88 | 54,60 | 41,54 | 27,00 | 28,52 | 8,37 | 6,30 | 41,85 | 66,30 | 59,83 | 457,29 |
| Etr (mm) | 0,00 | 1,49 | 11,51 | 27,94 | 44,00 | 57,49 | 68,90 | 35,04 | 6,30 | 29,57 | 10,58 | 2,53 | 295,35 |
| Zemin rezervi (mm) | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 97,54 | 67,05 | 26,67 | 0,00 | 0,00 | 12,28 | 68,00 | 100,00 | |
| Zemin rezerv değişimi (mm) | | | | | -2,46 | -30,49 | -40,38 | -26,67 | | +12,28 | +55,72 | +32,00 | |
| Su Noksanı (mm) | | | | | | | | 30,34 | 40,79 | | | | 71,13 |
| Su Fazlası (mm) | 35,34 | 40,27 | 34,37 | 26,66 | | | | | | | | 25,30 | 161,94 |
| Enlem düz. katsayısı (l) | 0,86 | 0,84 | 1,03 | 1,10 | 1,22 | 1,23 | 1,25 | 1,17 | 1,03 | 0,97 | 0,85 | 0,83 | |

Ek 5.e. Kumdanlı DMİ için Blaney-Criddle yöntemi ile yapılan meteorolojik su bütçesi

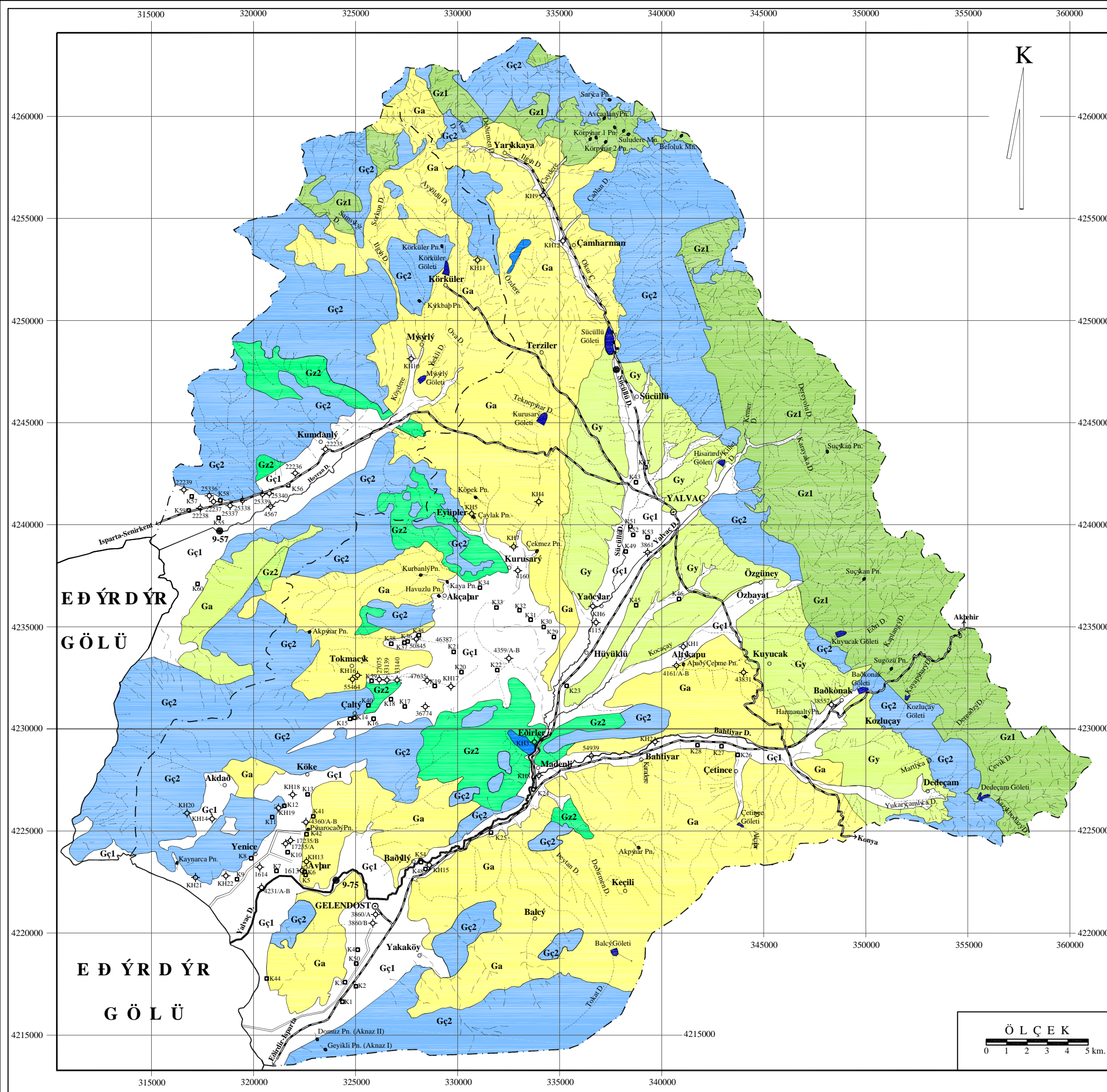
| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Toplam |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Aylık sıcaklık (t) °C | 1,9 | 2,2 | 6,1 | 11,5 | 15,9 | 20,4 | 23,7 | 23,8 | 20,2 | 14,1 | 7,2 | 2,7 | |
| Etp (mm) | 4,15 | 4,69 | 15,96 | 32,13 | 49,27 | 63,73 | 75,25 | 70,73 | 52,85 | 34,74 | 15,54 | 5,69 | 424,74 |
| Yağış (mm) | 38,44 | 42,92 | 38,13 | 57,60 | 32,24 | 22,80 | 14,57 | 9,92 | 4,50 | 23,56 | 46,20 | 60,14 | 391,02 |
| Etr (mm) | 4,15 | 4,69 | 15,96 | 32,13 | 49,27 | 63,73 | 56,61 | 9,92 | 4,50 | 23,56 | 15,54 | 5,69 | 285,76 |
| Zemin rezervi (mm) | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 82,97 | 42,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 30,66 | 85,11 | |
| Zemin rezerv değişimi (mm) | | | | | -17,03 | -40,93 | -42,04 | | | | +30,66 | +54,45 | |
| Su Noksanı (mm) | | | | | | | 18,64 | 60,81 | 48,35 | 11,18 | | | 138,98 |
| Su Fazlası (mm) | 34,29 | 38,23 | 22,17 | 25,47 | | | | | | | | | 120,16 |
| Enlem düz. katsayısı (l) | 0,86 | 0,84 | 1,03 | 1,10 | 1,22 | 1,23 | 1,25 | 1,17 | 1,03 | 0,97 | 0,85 | 0,83 | |

**Ek 6. Schendel Yöntemi ile Yapılan Deneştirmeli Su Bütçesi
Çizelgeleri**

EK 7. Drenaj Ağı Haritası



EK 8. Hidrojeoloji Haritası



AÇIKLAMALAR

- Gç1 Geçirimli Birim
Alüvyon-Yamaç Molozu
- Gç2 Geçirimli Birim
Hacıalabaz Fm.-Anamas Fm.
- Gy YarıGeçirimli Birim
Göksöğüt Fm.-Yarıkaya Fm.
- Ga Az Geçirimli Birim
Baðkonak Fm.
- Gz1 Geçirimsiz Birim
Sultandede Fm.
- Gz2 Geçirimsiz Birim
Hoyran Ofiyoliti
- YALVAÇ Yerleşim Merkezi
- [Dashed Line] Beslenme Havzası Sınırı
- [Double Line] Karayolu
- [Dotted Line] Formasyon Sınırları
- [Thin Line] Dere ve Kuru Dereler
- [Circle with Cross] 4359/A-B Sondaj Kuyuları
- [Square] K14 Şif Kuyular
- [Circle] Kaynaklar
- [T-shaped] Drenaj Kanalı
- [Circle with Dot] 9-75 Akım Rasat İstasyonu
- [Blue Arrow] Gölet

HİDROJEOLOJY HARİTASI

HAZIRLAYAN : Yşkender SOYASLAN
 TARİH : EKİM-2004
 ÖLÇEK : 1/200.000
 S.D.Ü. FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
 JEOLJY MÜHENDİSLY ANABİLİM DALI
 DOKTORA TEZİ
 EDİRNE GÖLÜ DOĞUSUNUN HİDROJEOLOJY NCELEMESY
 VE YERALTISUYU MODELLEMESY

EK-8

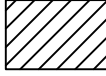
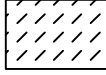


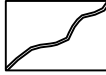





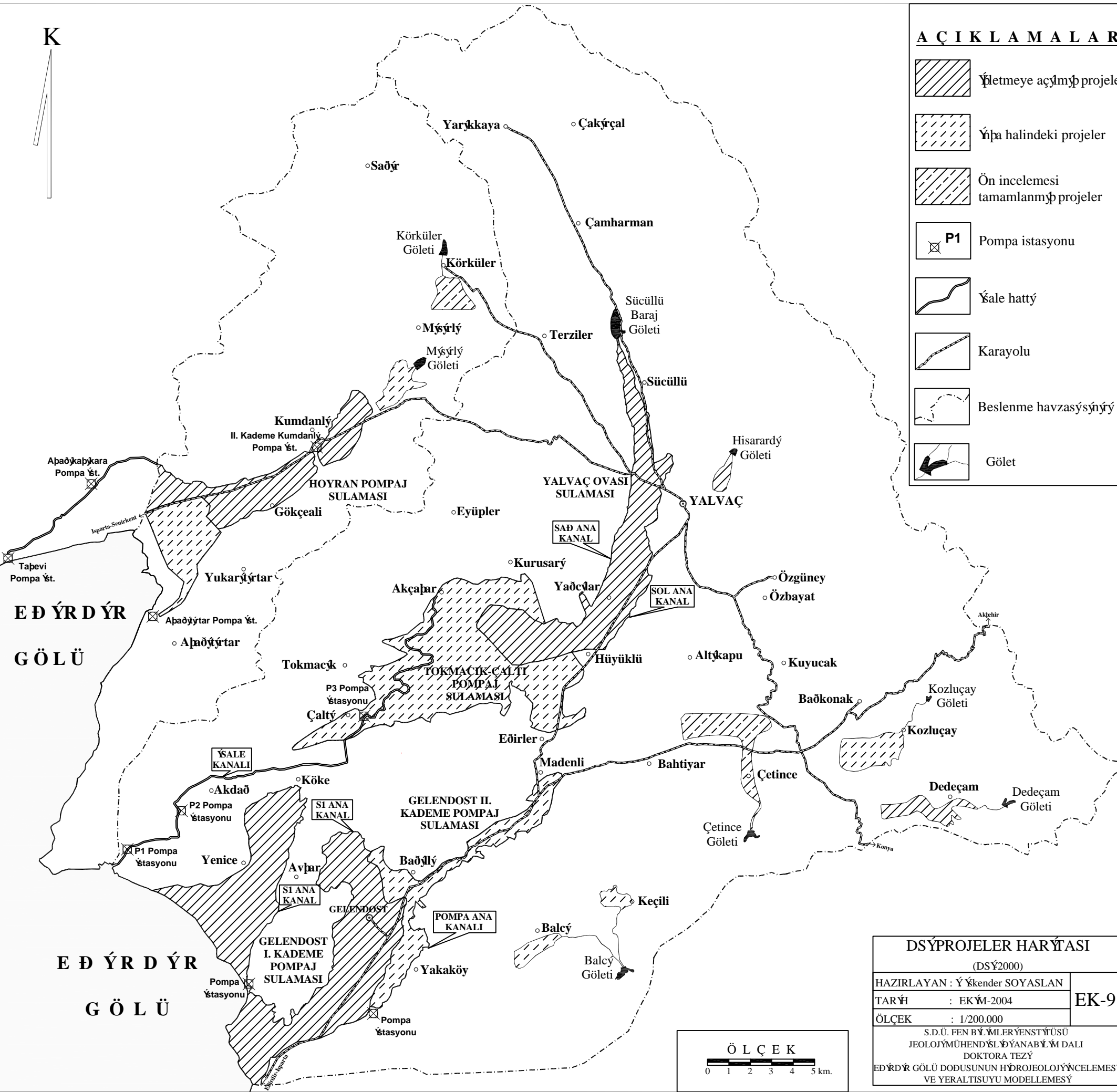
Ek 9. DSi Projeler Haritası

K



AÇIKLAMALAR

-  İletmeye açılmış projeler
-  İşba halindeki projeler
-  Ön incelemesi tamamlanmış projeler
-  Pompa istasyonu
-  İşale hattı
-  Karayolu
-  Beslenme havzası sınırı
-  Gölet



DSİ PROJELER HARİTASI

(DSİ 2000)

HAZIRLAYAN : İşkender SOYASLAN

TARİH : EKİM-2004

ÖLÇEK : 1/200.000

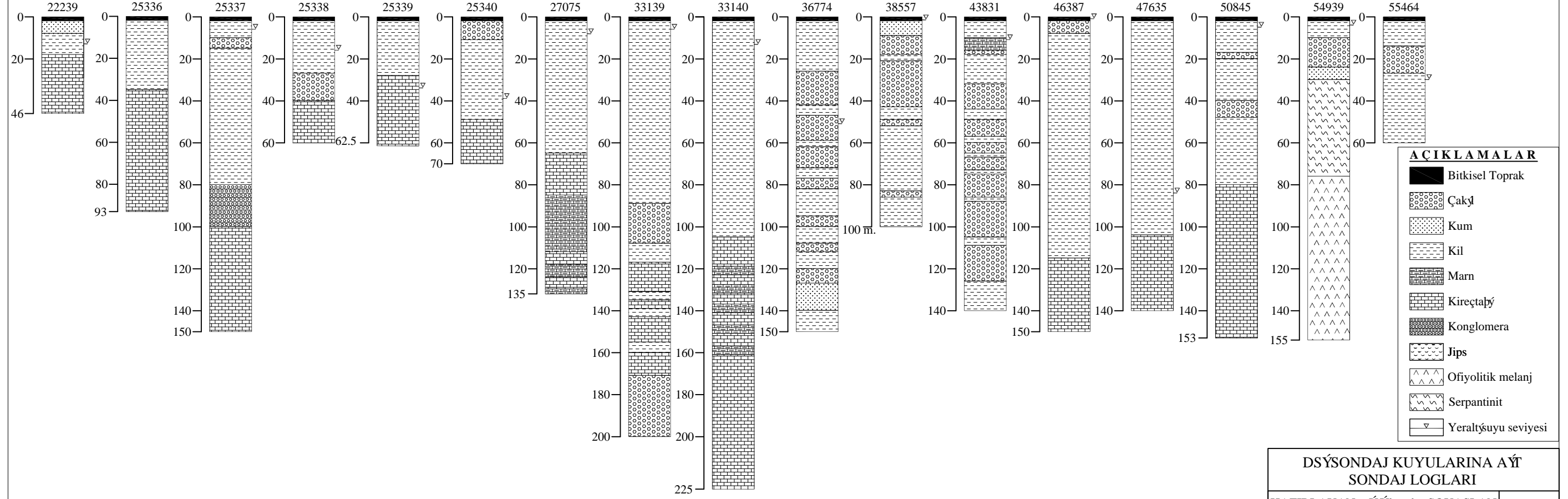
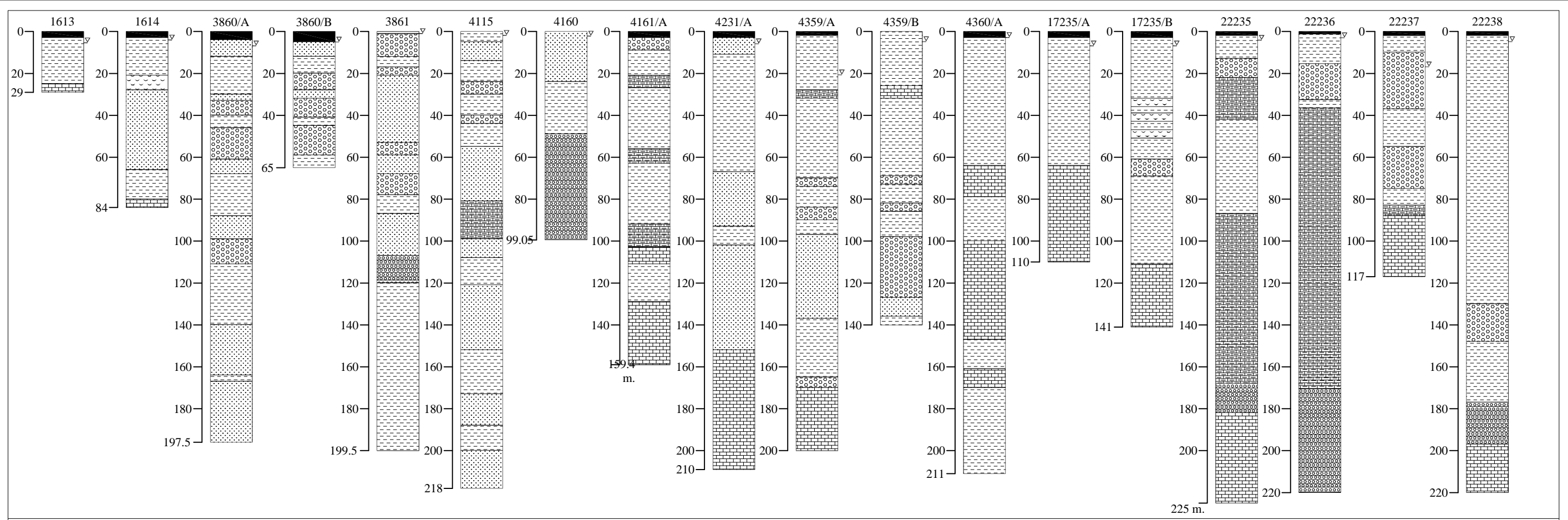
EK-9

S.D.Ü. FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
 JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
 DOKTORA TEZİ
 EDİR DİR GÖLÜ DODUSUNUN HİDROJEOLJİ İNCELEMESİ
 VE YERALTISUYU MODELLEMESİ

ÖLÇEK

0 1 2 3 4 5 km.

Ek10. DSİ Sondaj Kuyularına Ait Sondaj Logları



- AÇIKLAMALAR**
- Bitkisel Toprak
 - Çakıl
 - Kum
 - Kil
 - Marn
 - Kireçtaşı
 - Konglomera
 - Jips
 - Ofiyolitik melanj
 - Serpantinit
 - Yeraltısuyu seviyesi

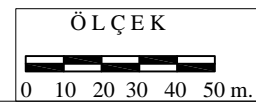
**DSYSONDAJ KUYULARINA AIT
SONDAJ LOGLARI**

HAZIRLAYAN : Ýşkender SOYASLAN

TARİH : EKİM-2004

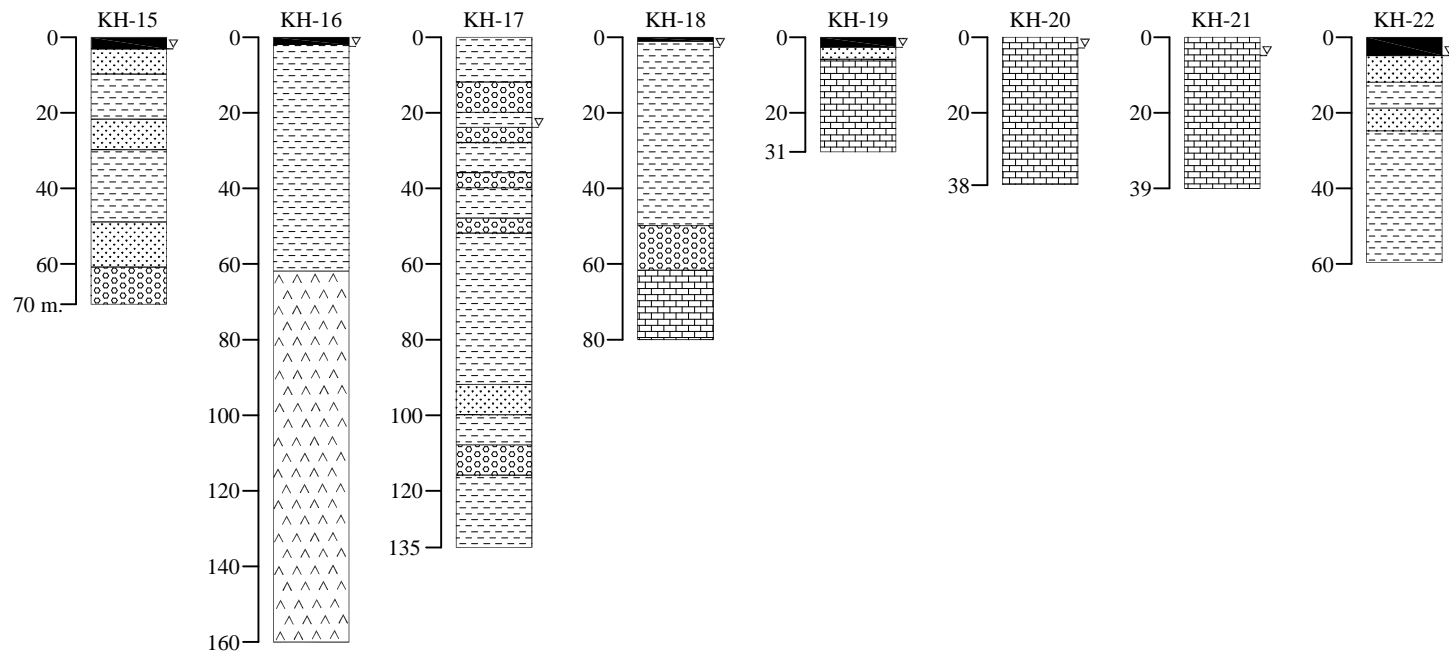
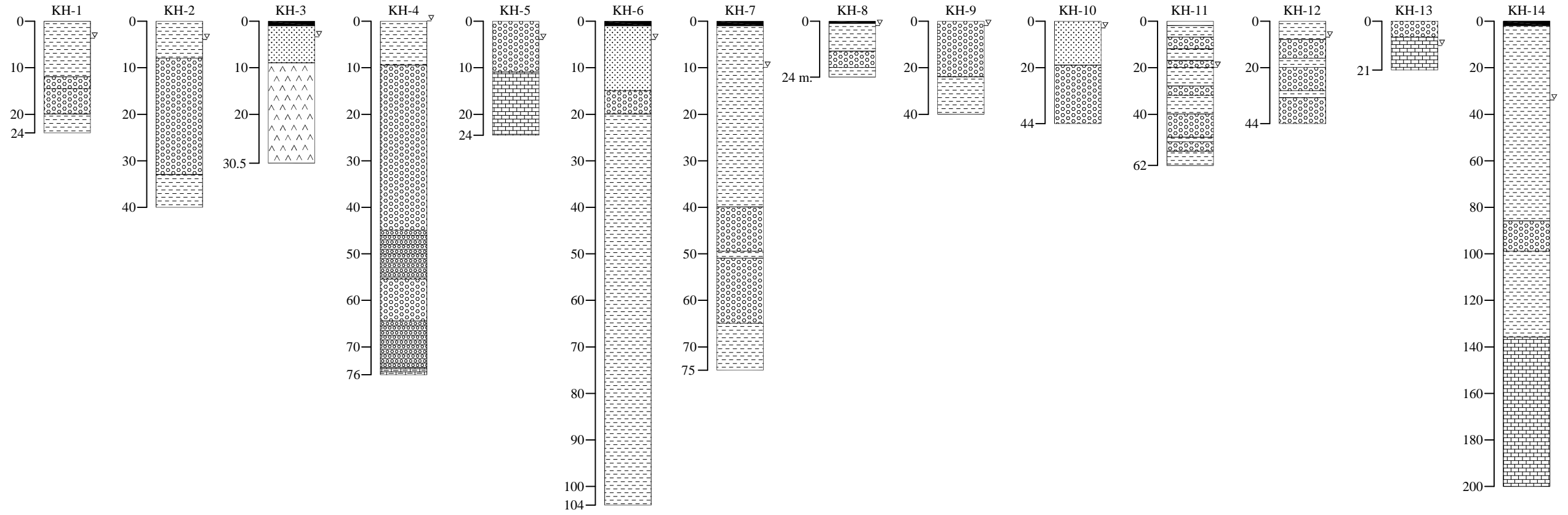
DÜŞEY ÖLÇEK: 1/2.000

S.D.Ü. FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
JEOLJY MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ
EDİR DİR GÖLÜ DOĞUSUNUN HİDROJEOLJY İNCELEMESİ
VE YERALTISUYU MODELLEMESİ












EK-10

Ek11. Köy Hizmetleri Sondaj Kuyularına Ait Sondaj Logları



AÇIKLAMALAR

-  Bitkisel Toprak
-  Çakıl
-  Kum
-  Kil
-  Marn
-  Kireçtaşı
-  Konglomera
-  Ofiyolitik Melanj
-  Yersaltısu Seviyesi

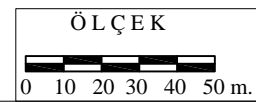
**KÖY HİZMETLERİ SONDAJ
KUYULARINA AYT SONDAJ LOGLARI**

HAZIRLAYAN : Yşkender SOYASLAN

TARİH : EKİM-2004

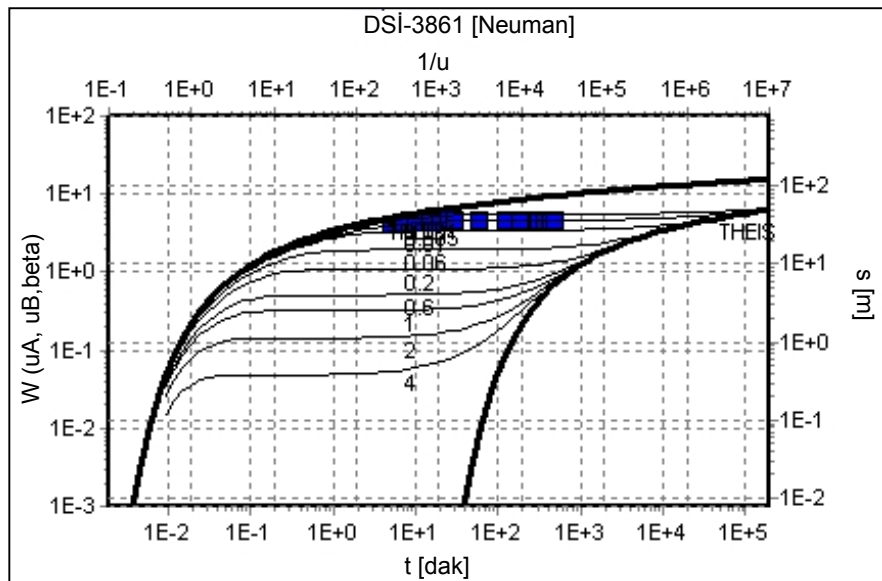
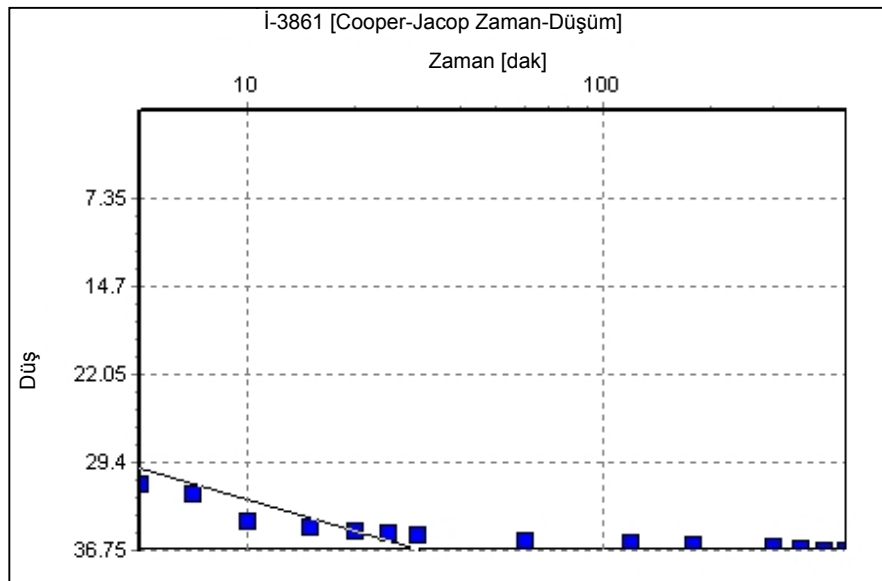
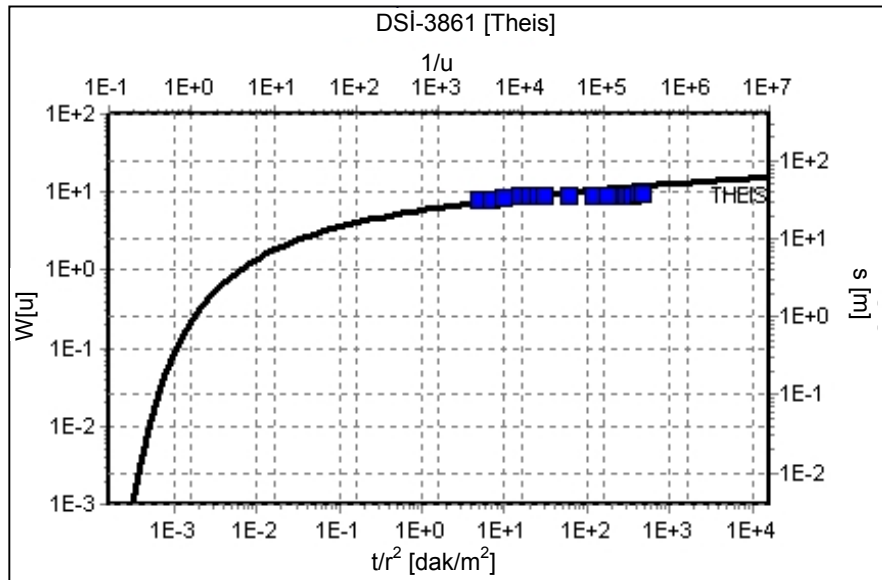
DÜBEY ÖLÇEK: 1/2.000

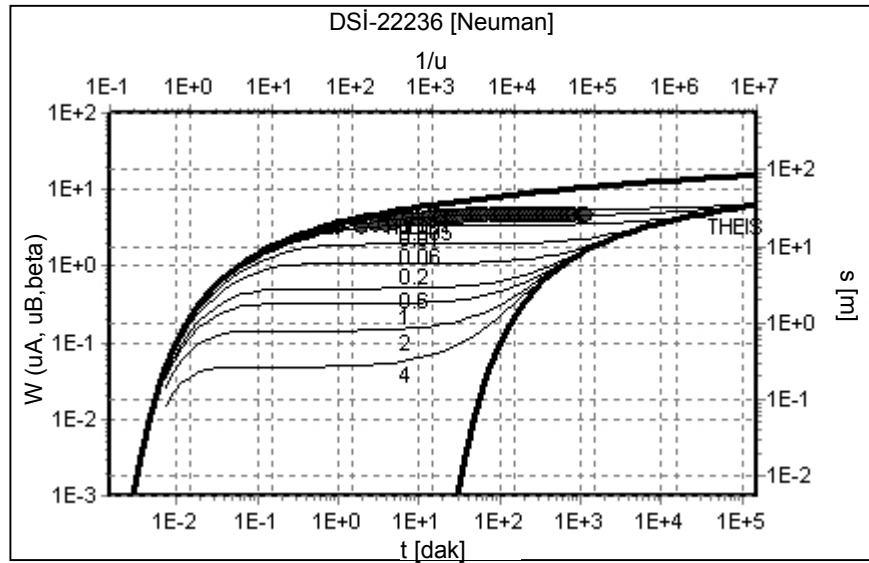
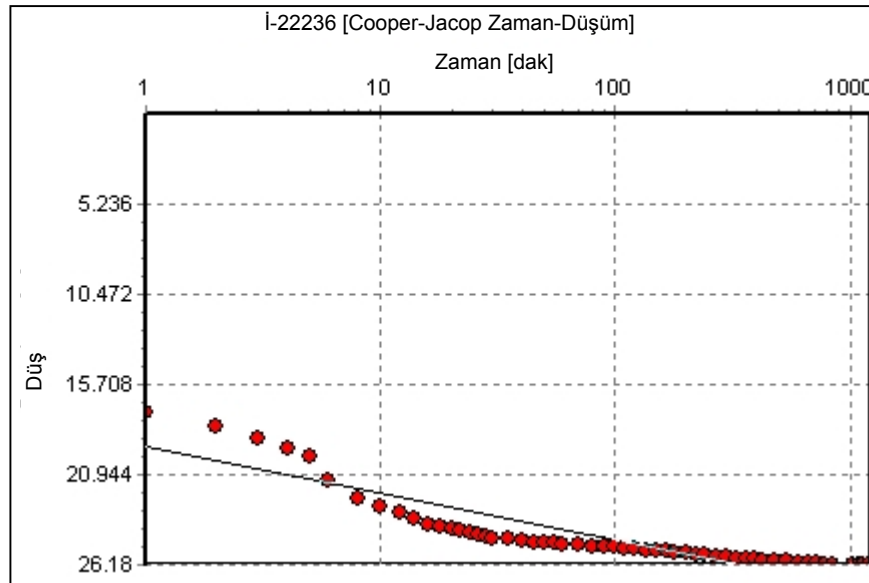
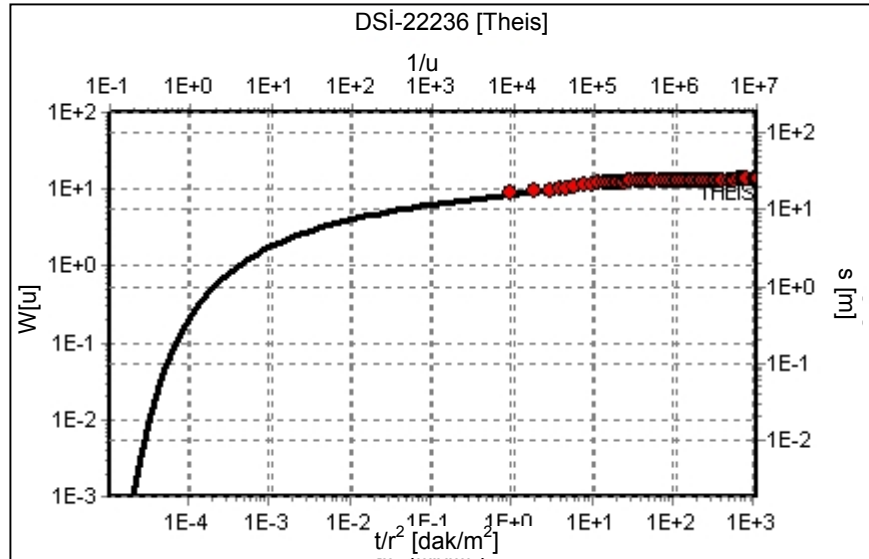
S.D.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJY MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ
EDİR DİR GÖLÜ DOĞUSUNUN HİDROJEOLJY İNCELEMESİ
VE YERALTISUYU MODELLEMESİ

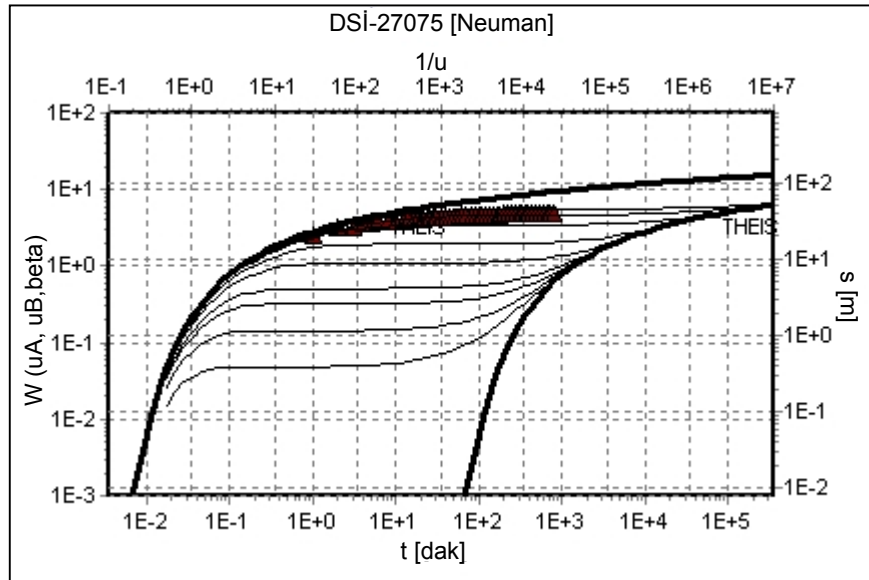
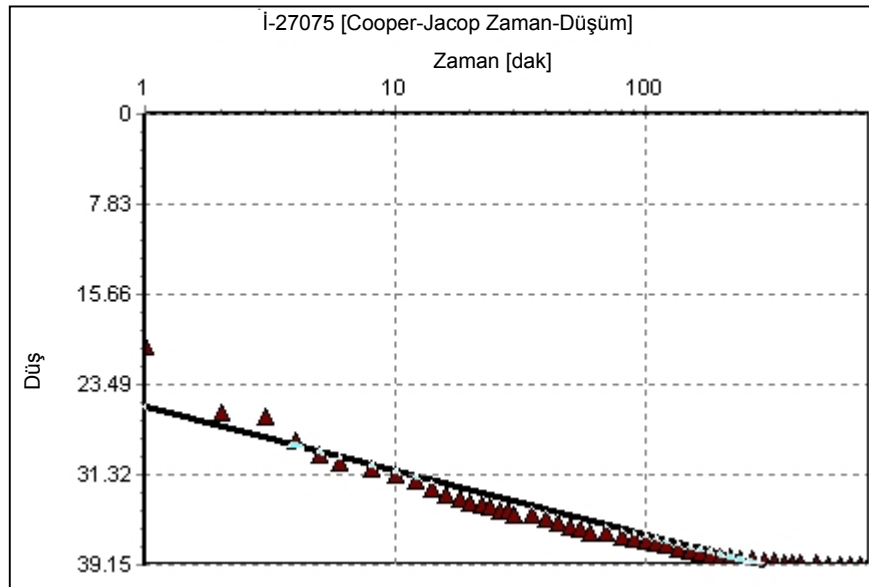
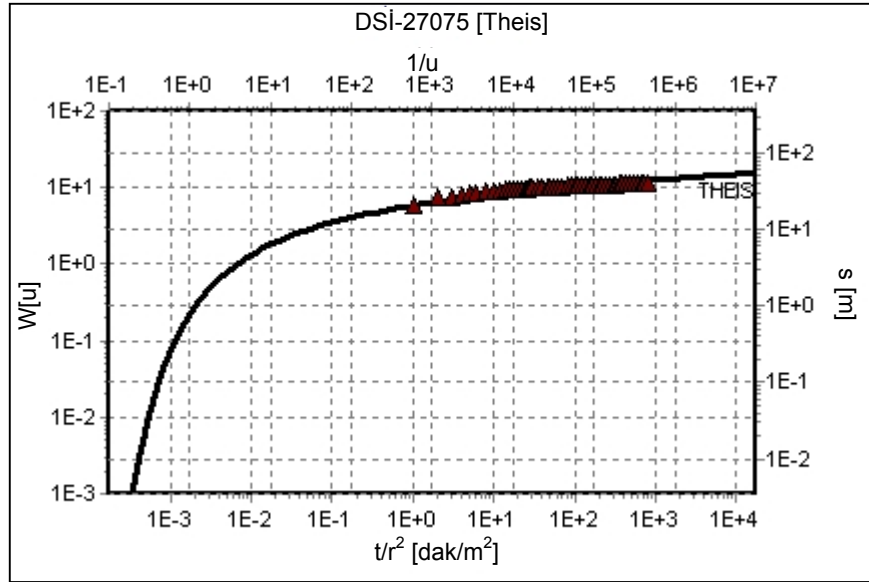


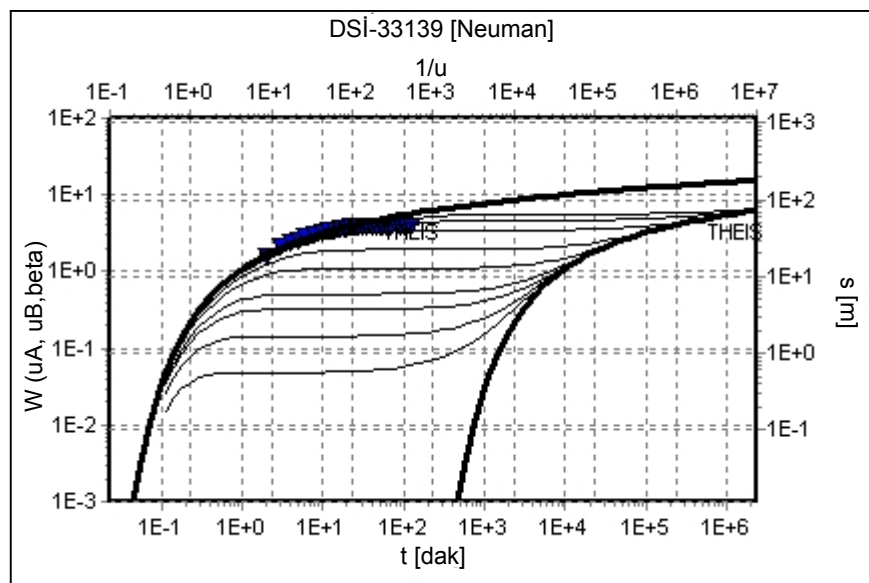
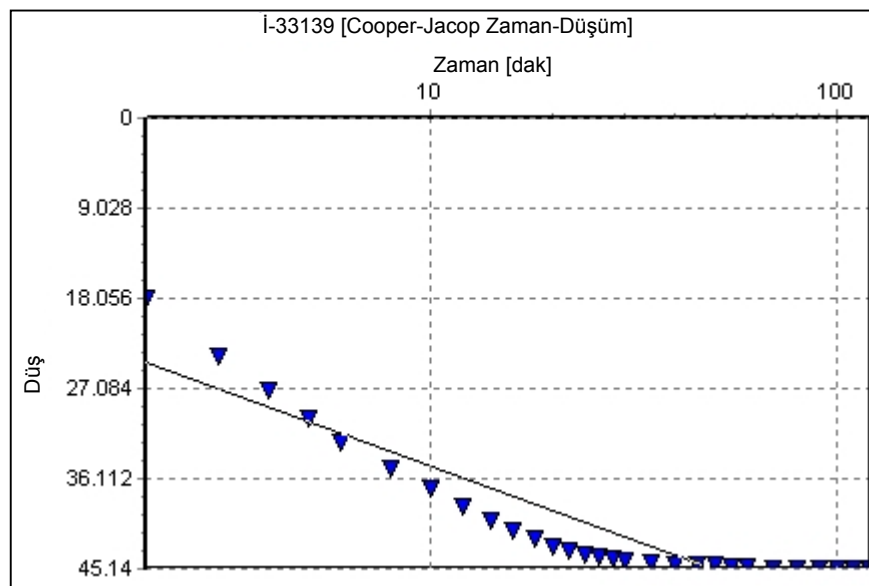
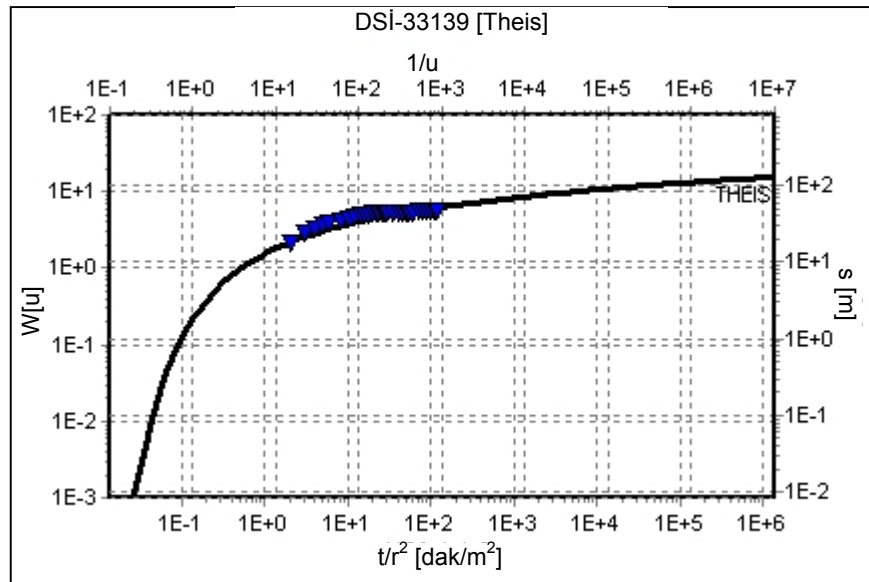
EK-11

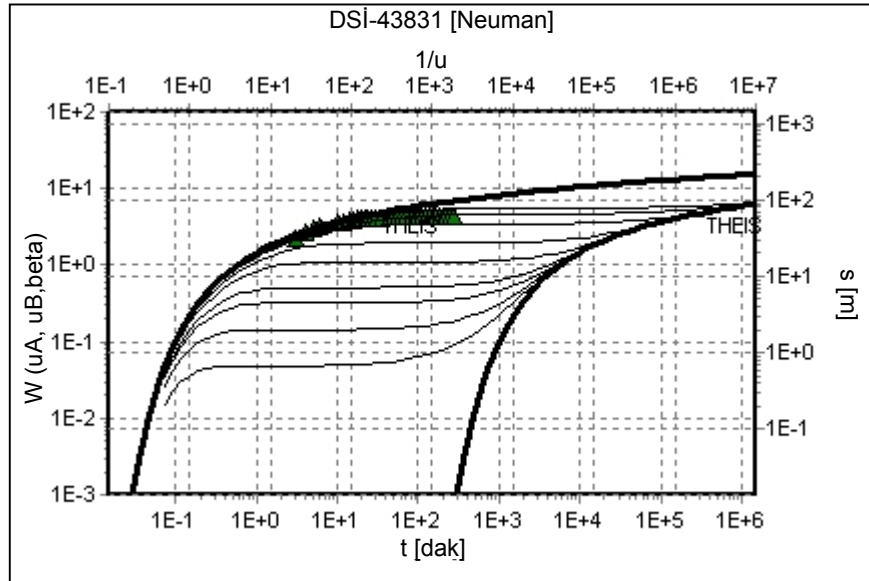
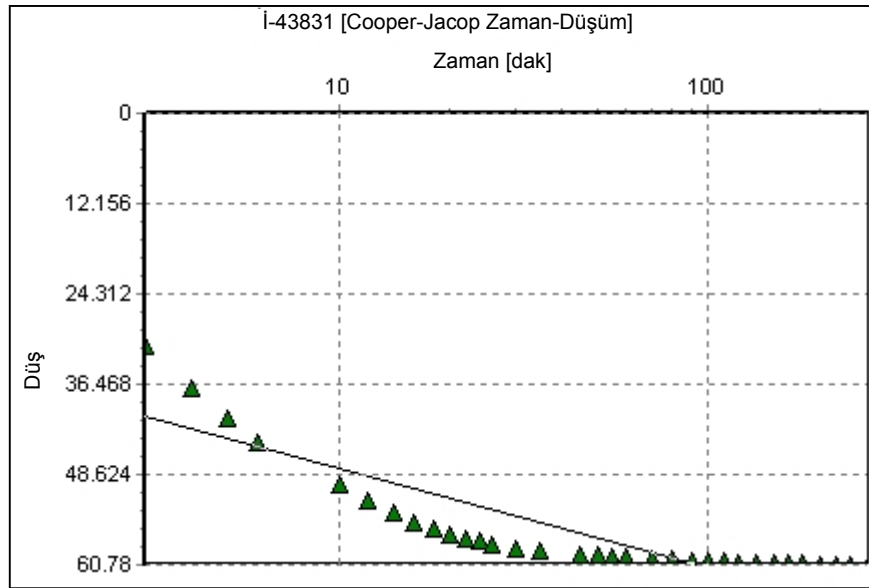
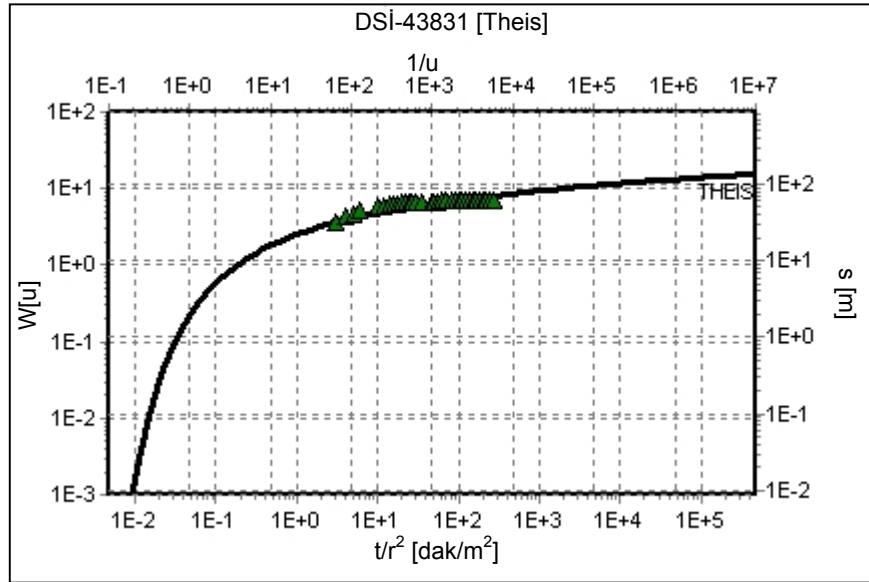
**EK 12. Theis, Cooper-Jacob, Neuman, ve Moench
Yöntemlerinin Çözümleri**

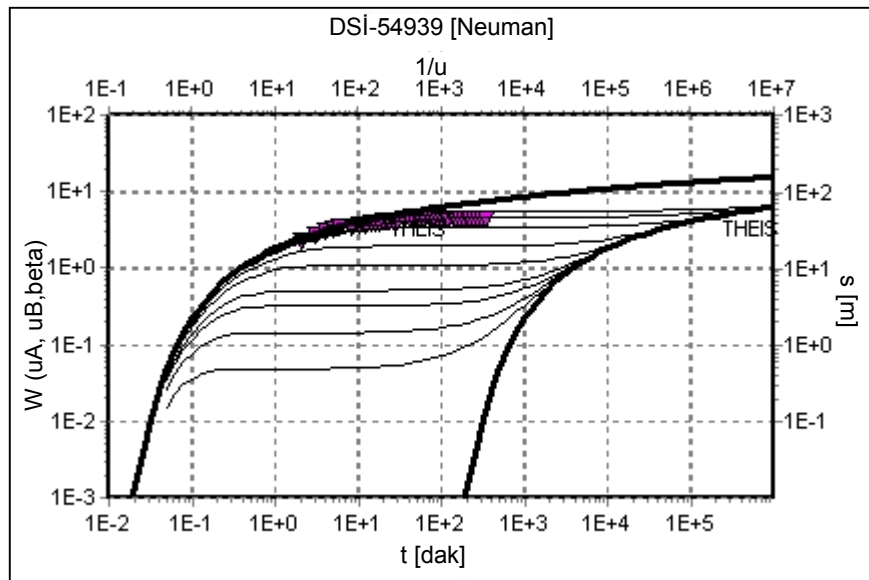
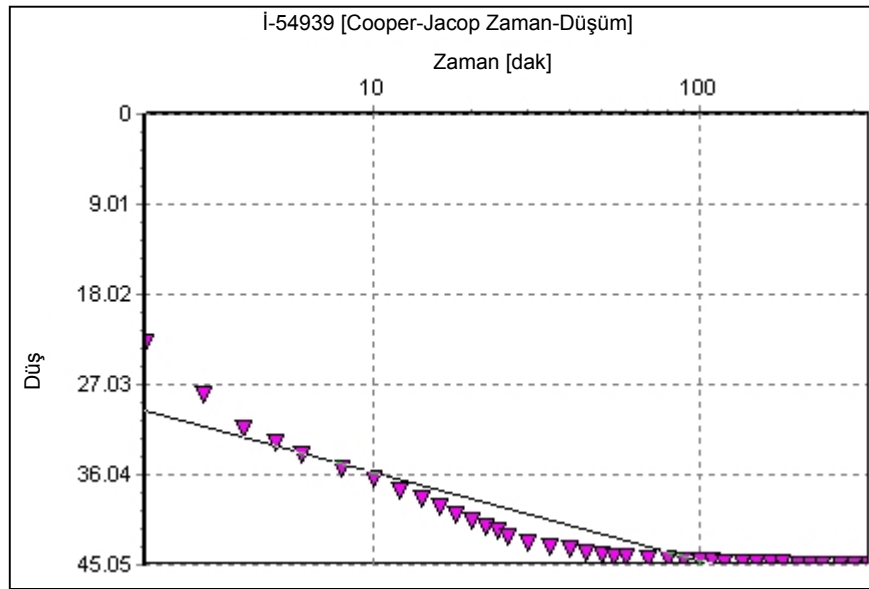
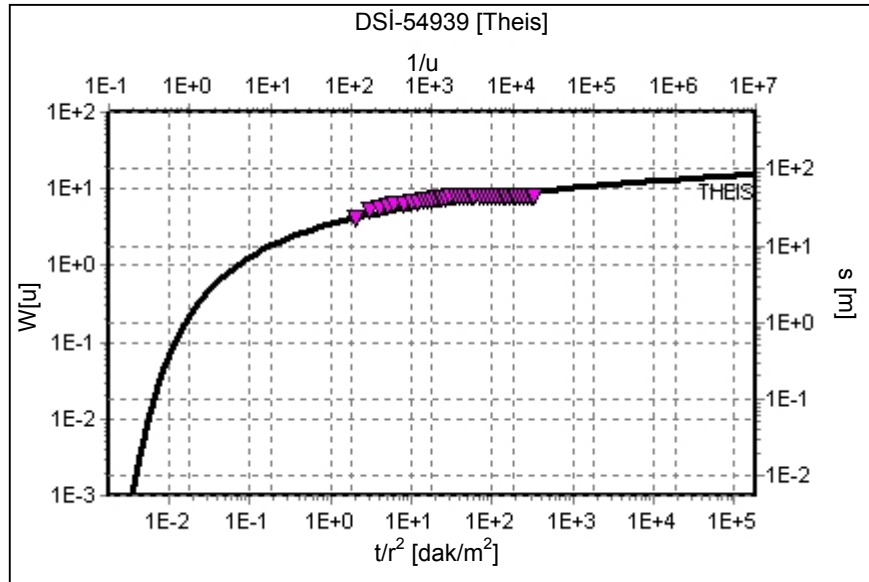


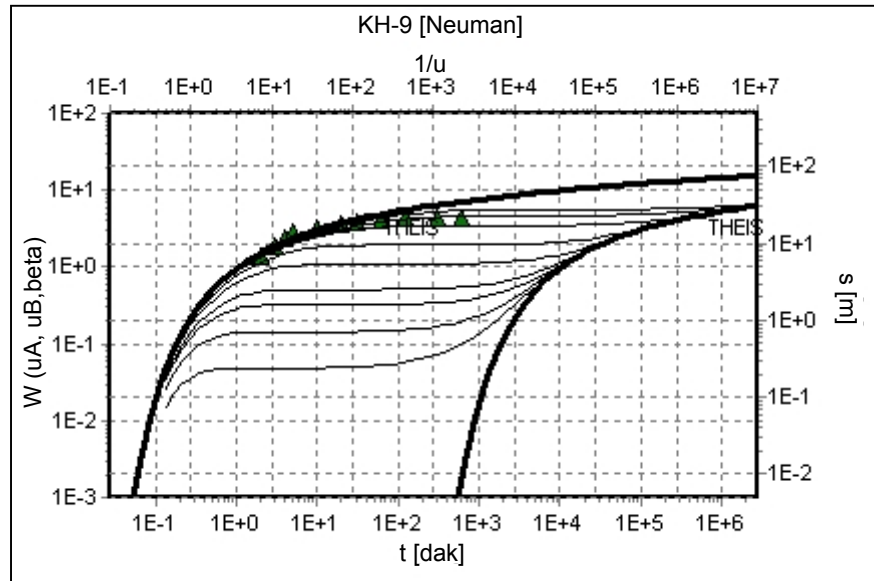
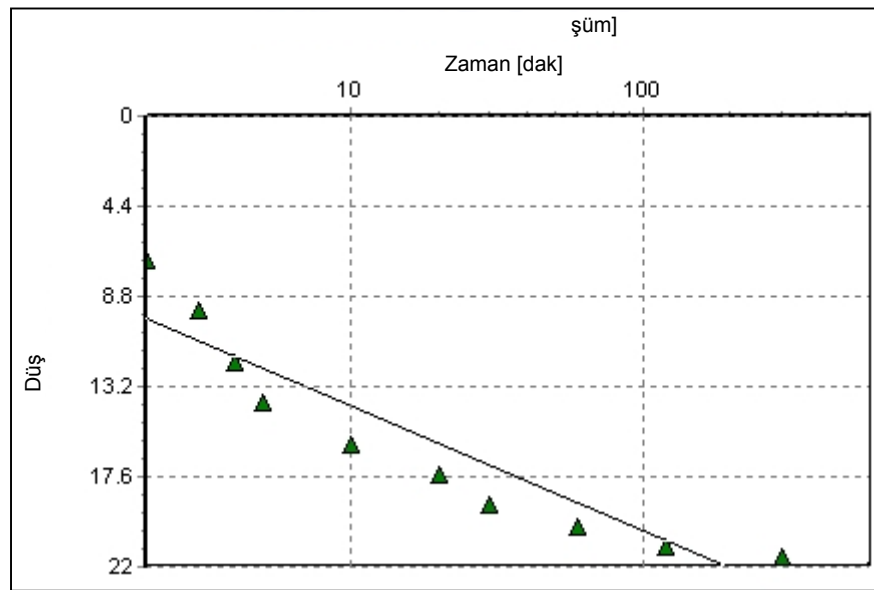
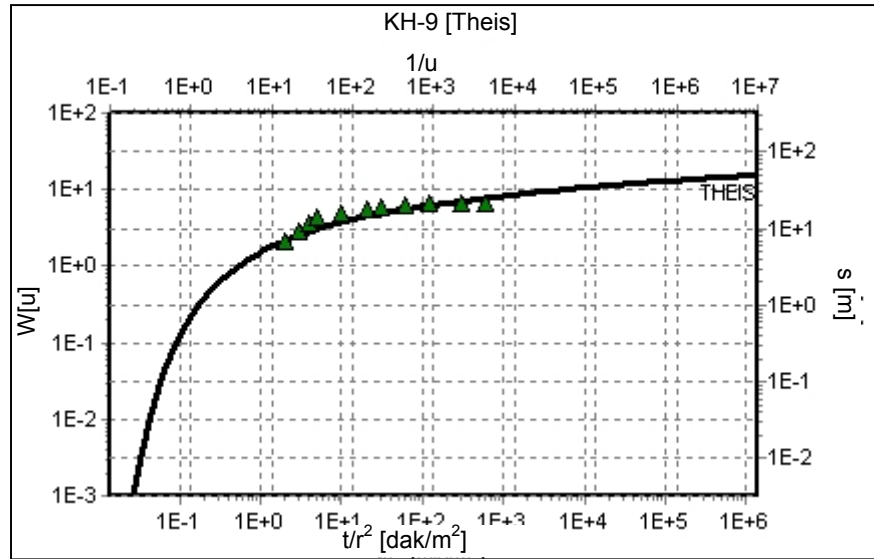


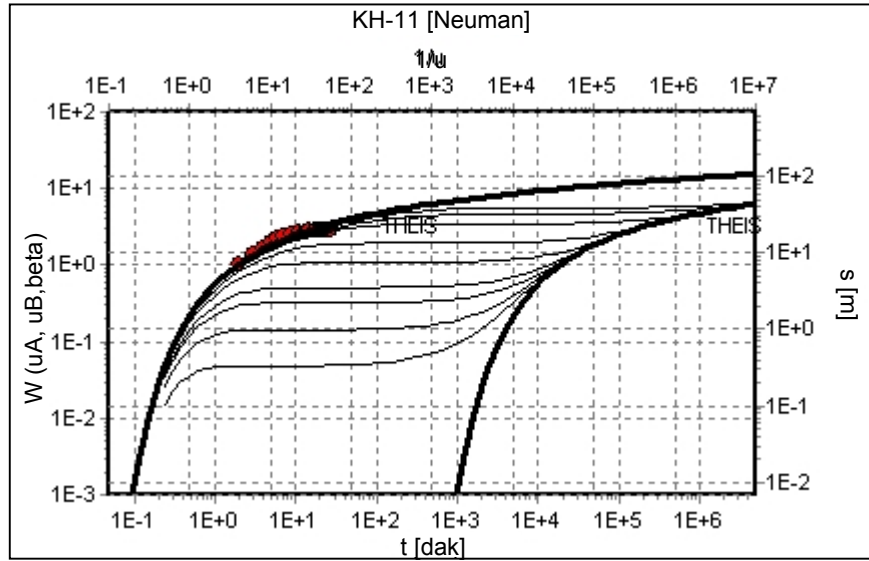
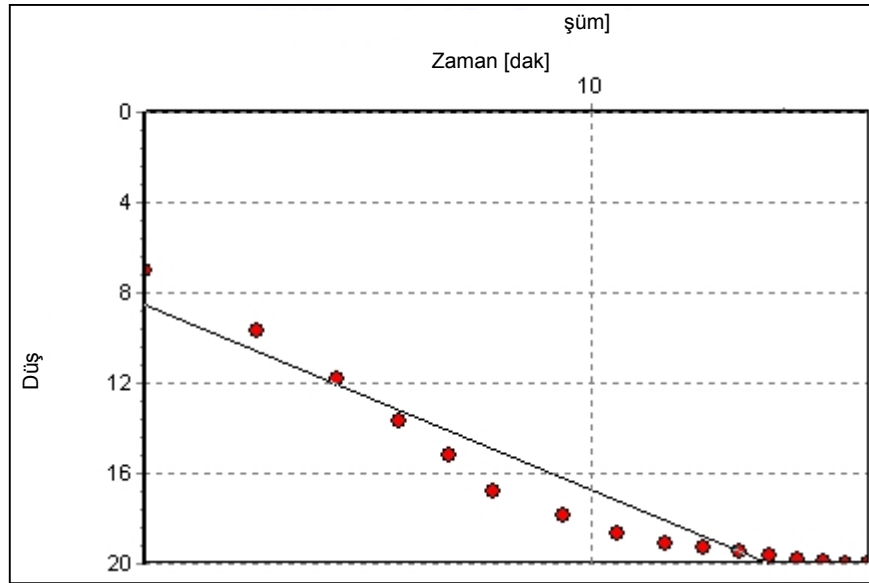
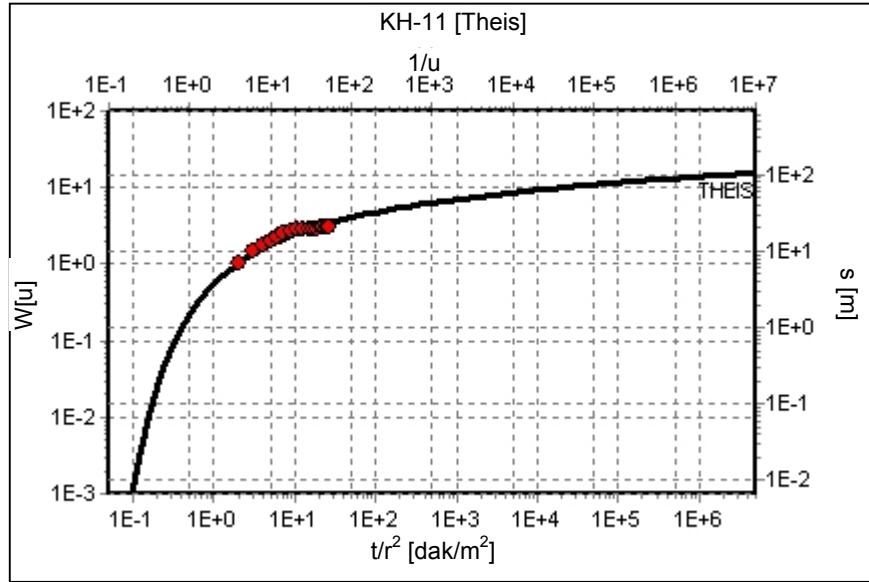


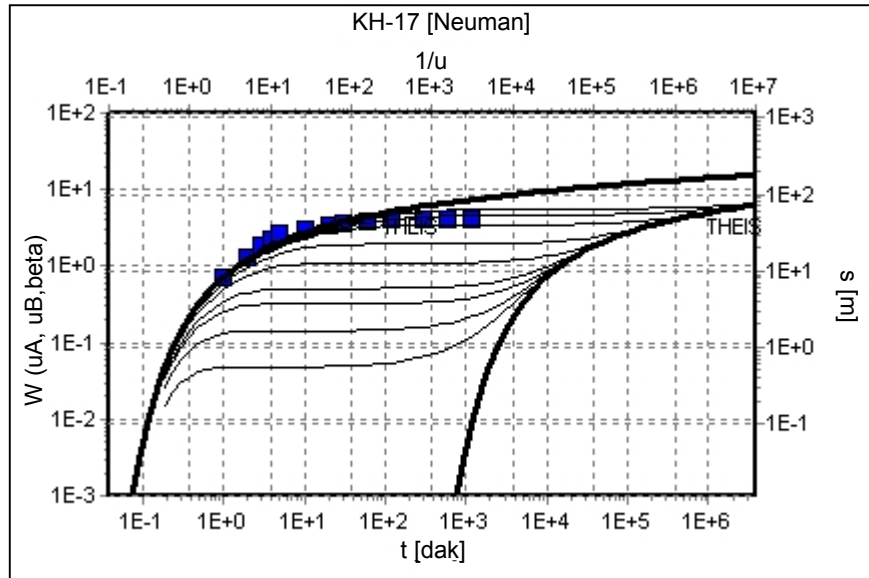
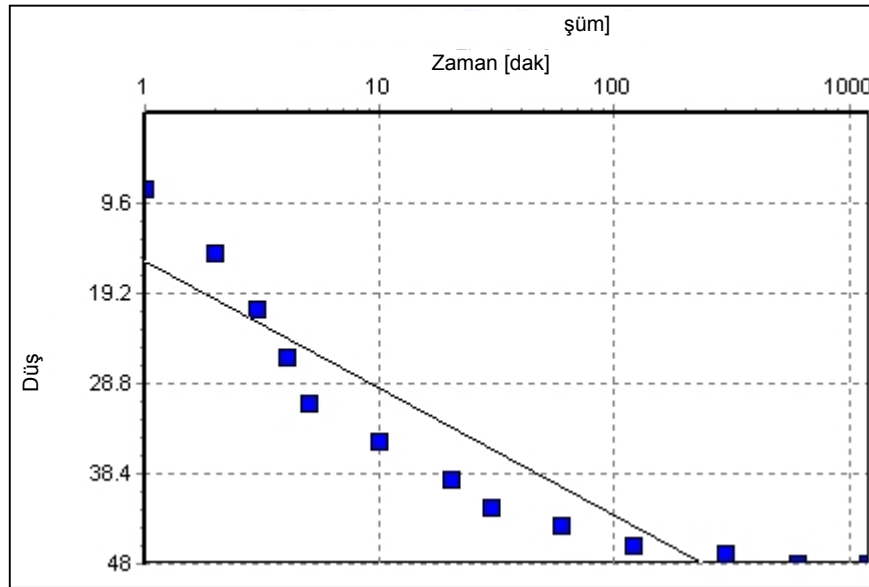
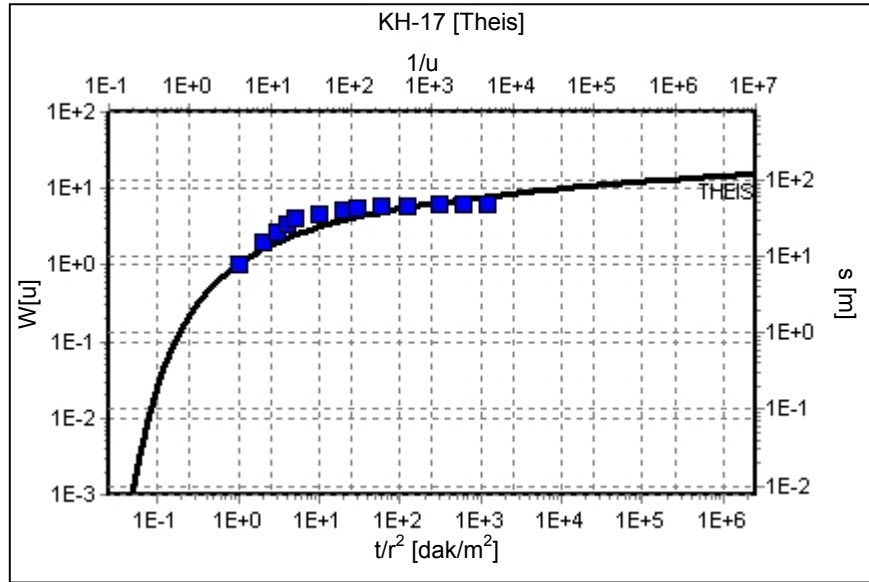


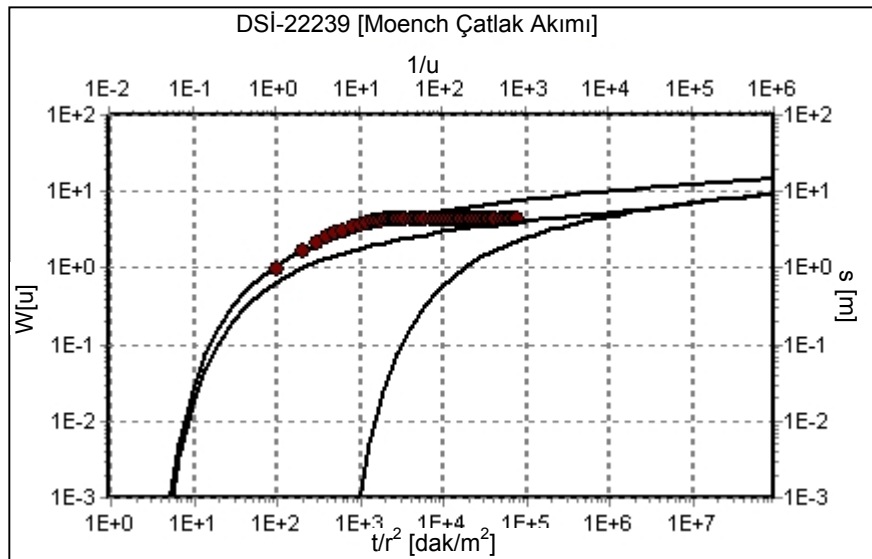
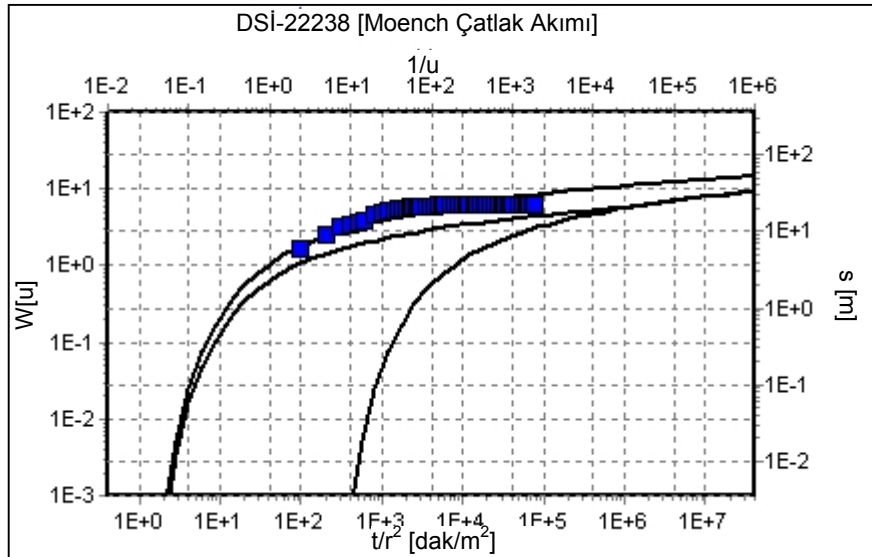
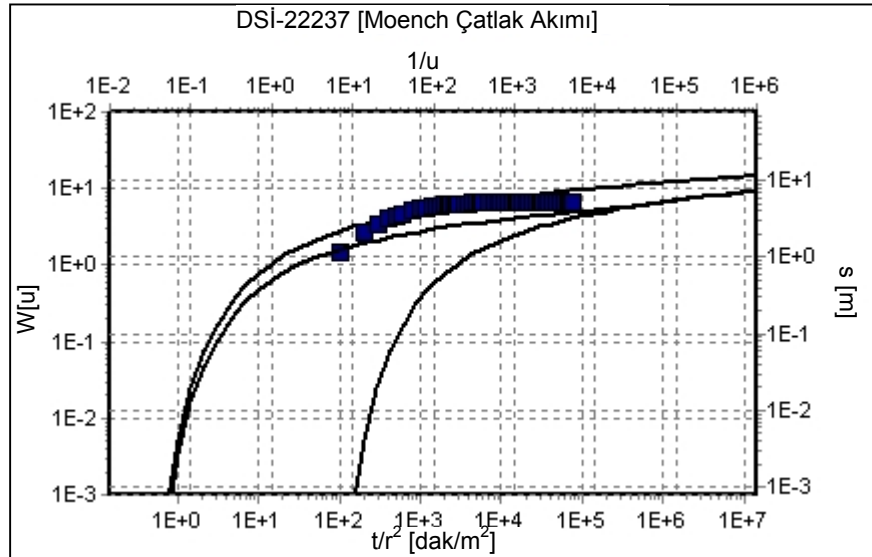


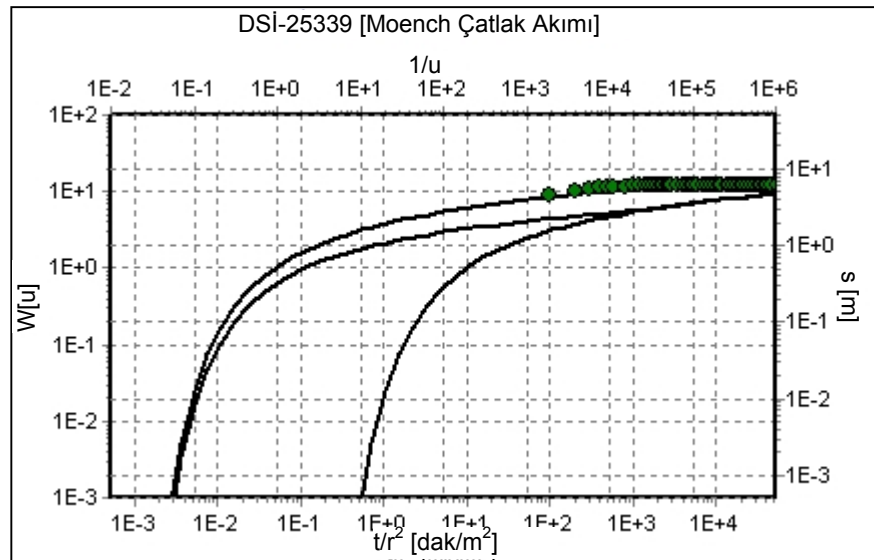
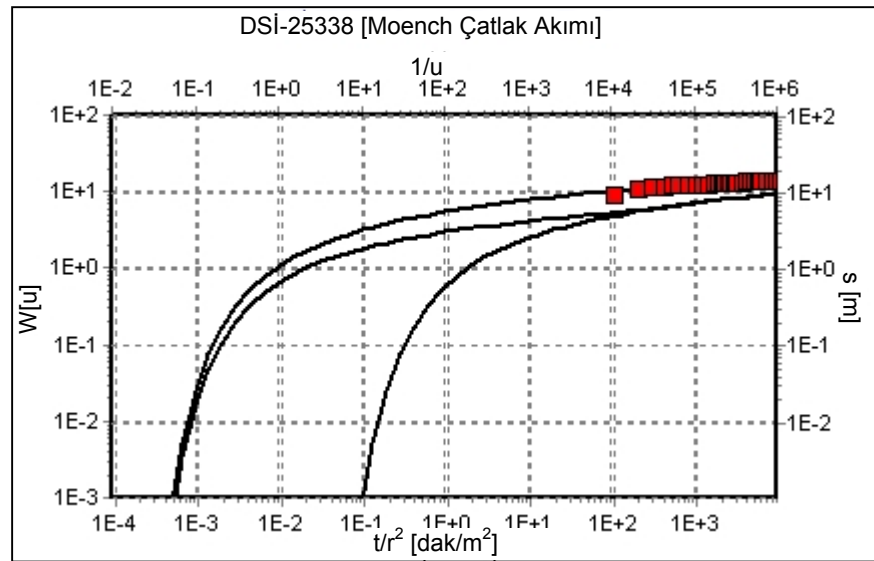
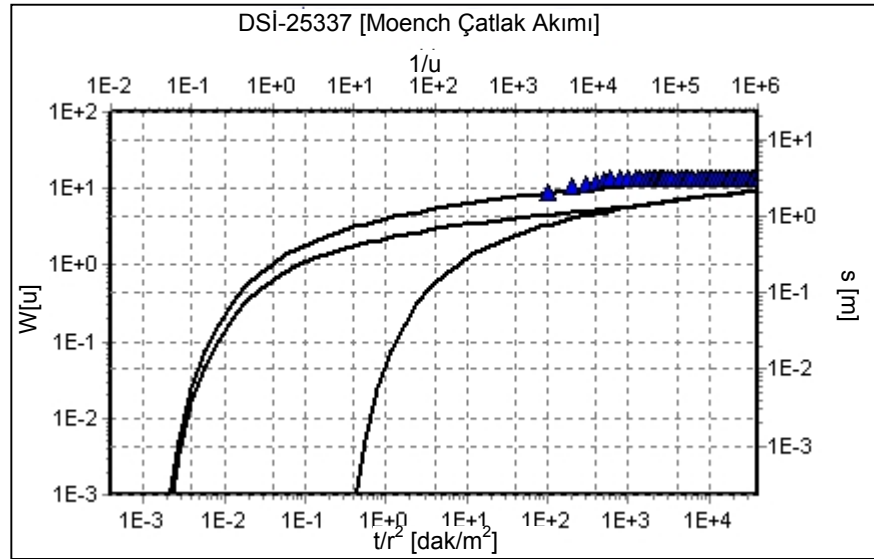


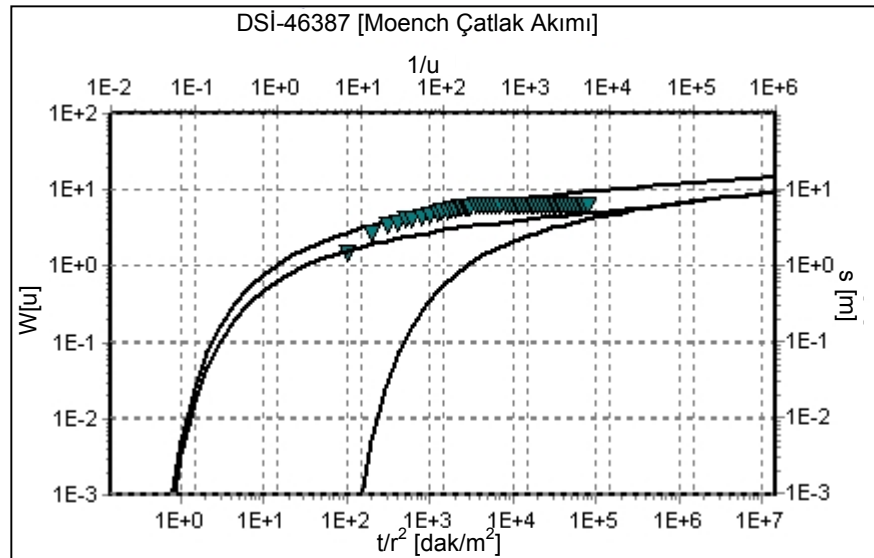
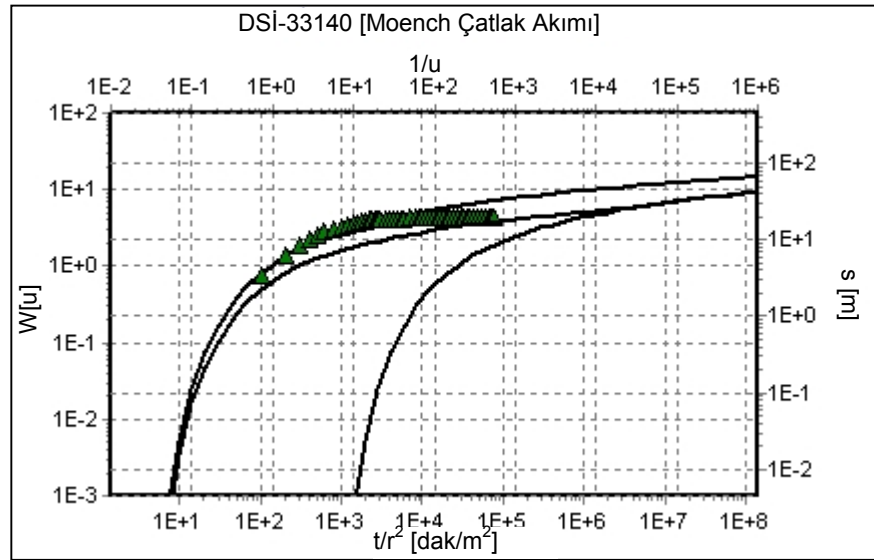
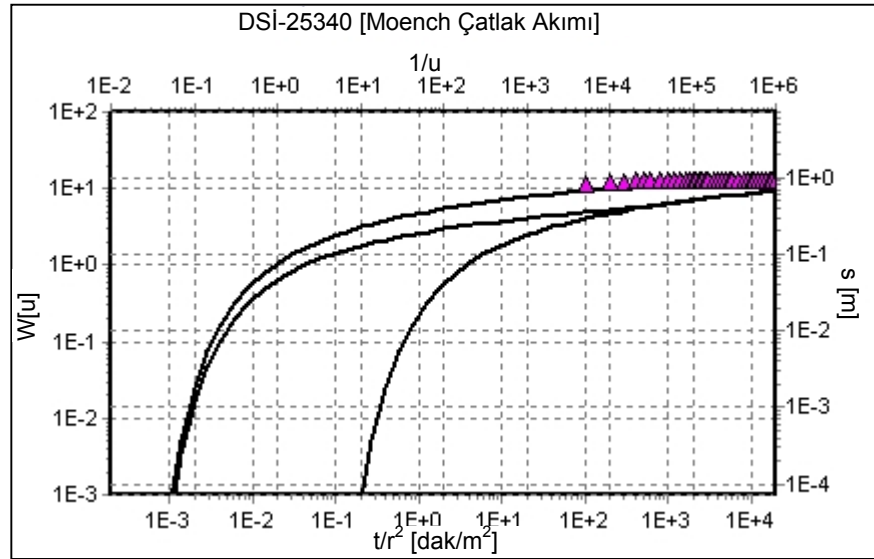


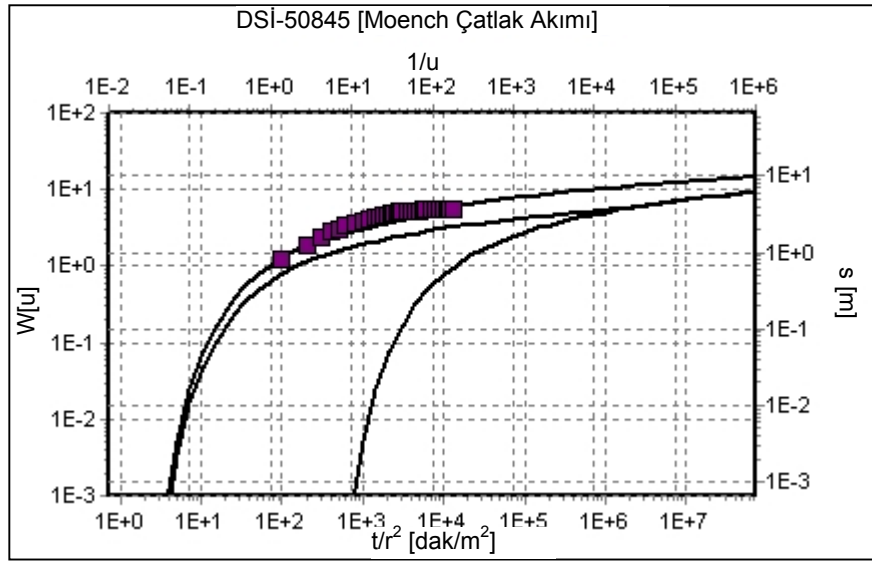
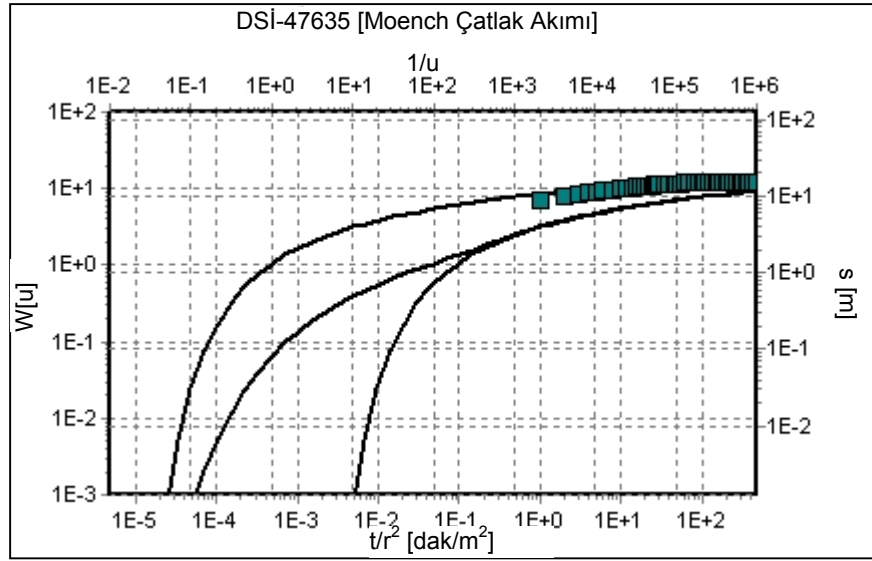




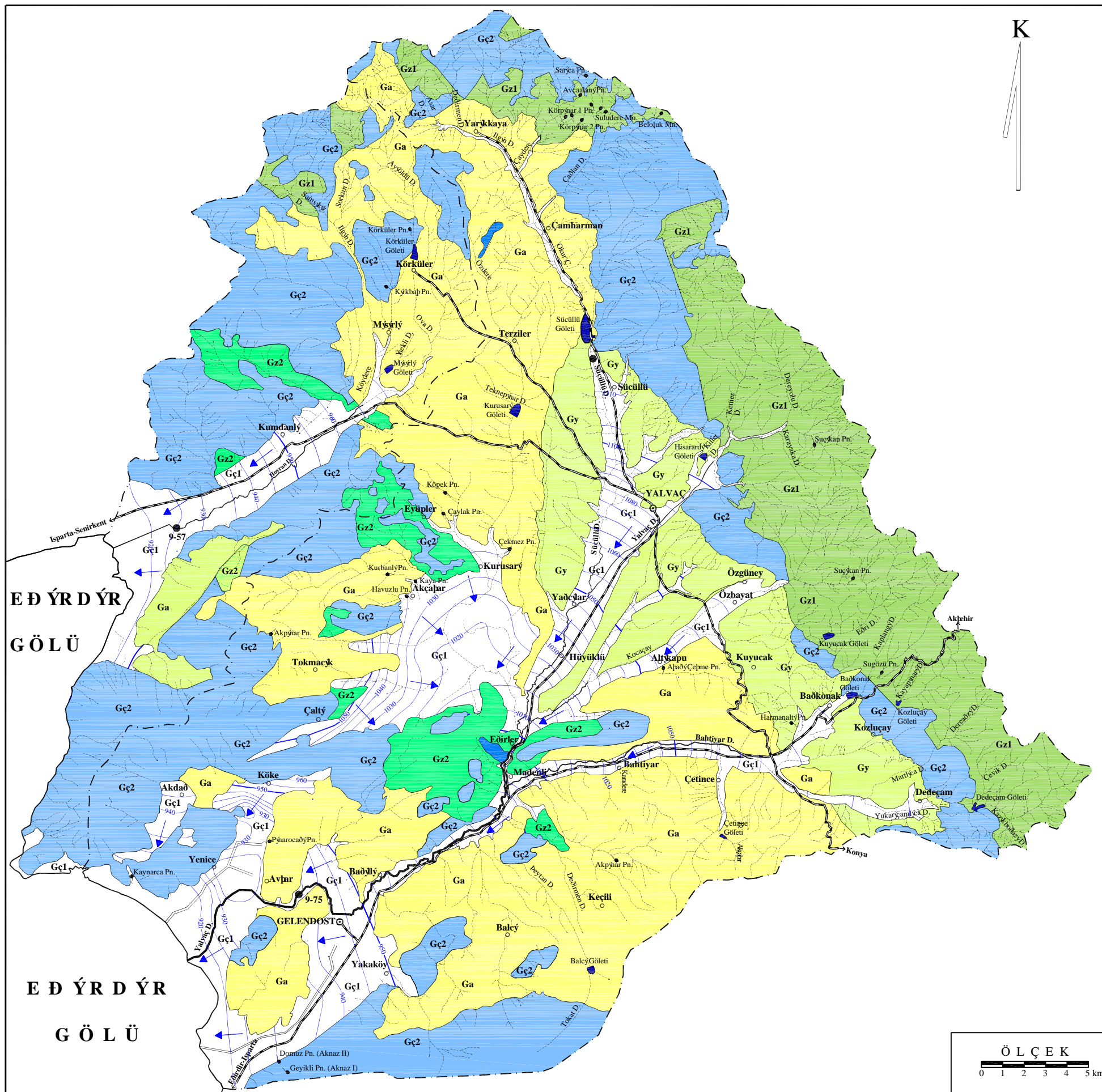








EK 13. Yeraltısuyu Seviye Haritası (Mayıs-2002)



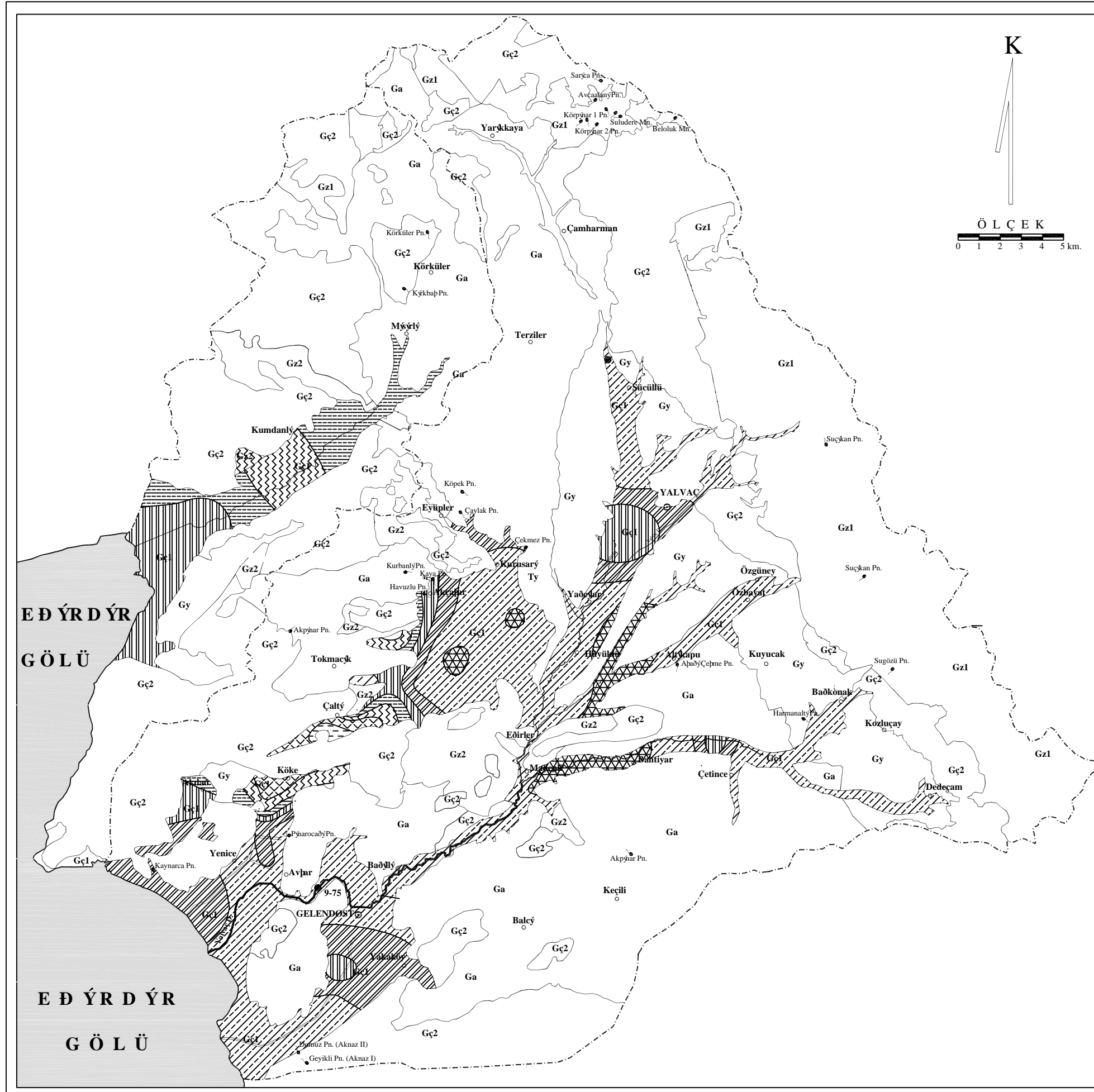
A Ç I K L A M A L A R

- Gç1 Geçirimli Birim
Alüvyon-Yamaç Molozu
- Gç2 Geçirimli Birim
Hacıalabaz Fm.-Anamas Fm.
- Gy YarıGeçirimli Birim
Göksöðüt Fm.-Yarıkkaya Fm.
- Ga Az Geçirimli Birim
Baðkonak Fm.
- Gz1 Geçirimsiz Birim
Sultandede Fm.
- Gz2 Geçirimsiz Birim
Hoyran Ofiyoliti
- YALVAÇ Yerleşim Merkezi
- Beslenme Havzası Sınırı
- Karayolu
- Formasyon Sınırları
- Dere ve Kuru Dereler
- Kaynaklar
- Drenaj Kanalı
- Akım Rasat İstasyonu
- Gölet

| | |
|---|--------------|
| YERALTISUYU SEVİYE HARİTASI (MAYIS-2002) | |
| HAZIRLAYAN : Y. Ekender SOYASLAN | EK-13 |
| TARİH : EKİM-2004 | |
| ÖLÇEK : 1/200.000 | |
| S.D.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI DOKTORA TEZİ EDİRNE GÖLÜ DOĞUSUNUN HİDROJEOLOJİK ÇEÇİMİ VE YERALTISUYU MODELLEMESİ | |



EK 14. Yeraltısuyu Seviye Değişim Haritası



AÇIKLAMALAR

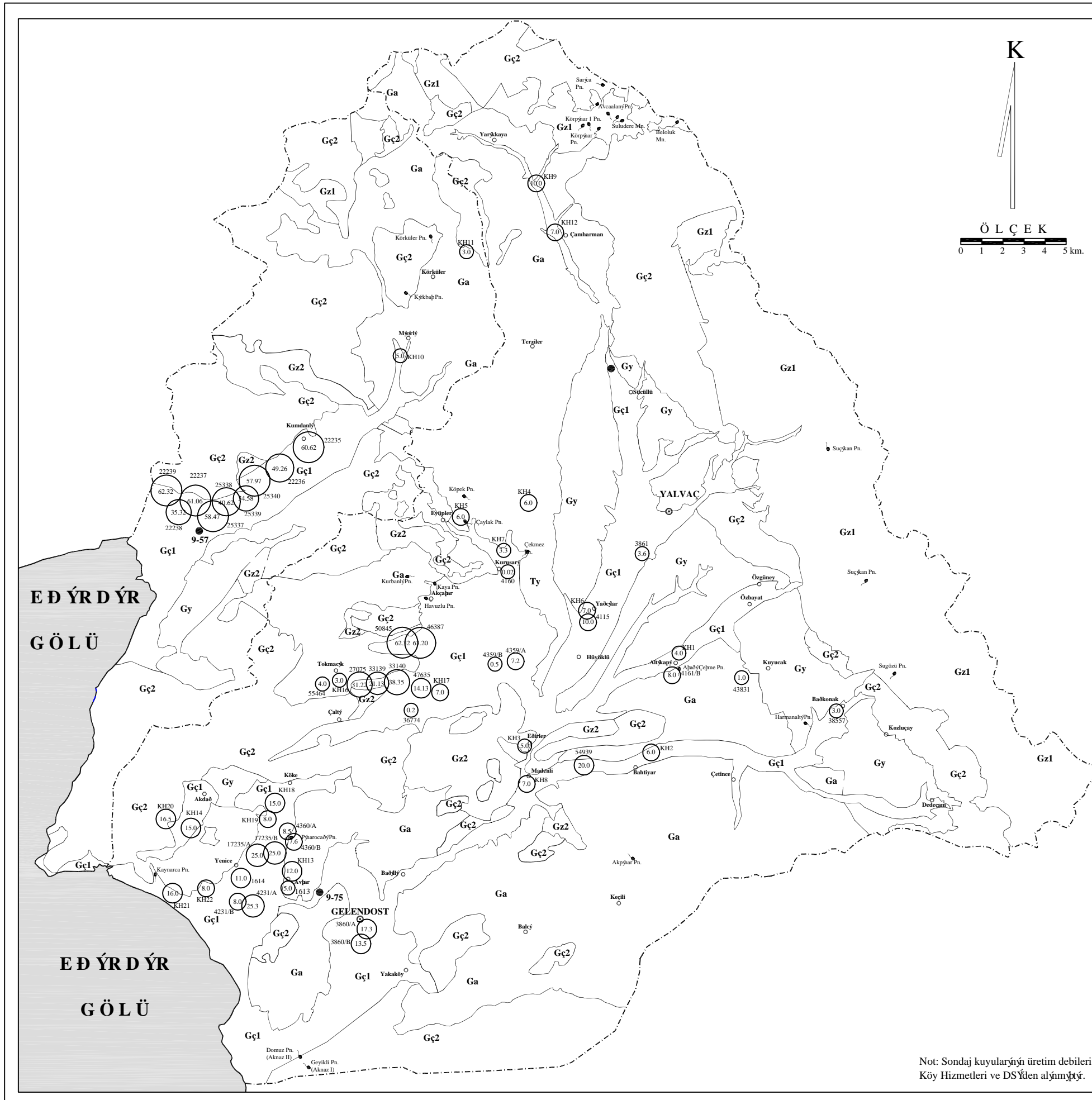
- Gç1 Geçirimli Birim
Alüvyon-Yamaç Molozu
- Gç2 Geçirimli Birim
Hacıalabaz Fm.-Anamas Fm.
- Gy YarıGeçirimli Birim
Göksöğüt Fm.-Yarıkkaya Fm.
- Ga Az Geçirimli Birim
Bağkonak Fm.
- Gz1 Geçirimsiz Birim
Sultandede Fm.
- Gz2 Geçirimsiz Birim
Hoyran Ofiyoliti
- Beslenme Havzası Sınırı
- Formasyon Sınırları

YERALTISUYU SEVİYE DERİNLİĞİ

- < 0.5 m.
- 0.5-0.75 m.
- 0.75-1.0 m.
- 1.0-1.25 m.
- 1.25-1.50 m.
- 1.50-1.75 m.
- 1.75-2.00 m.
- > 2.00 m.

| | |
|--|--------------|
| YERALTISUYU SEVİYE DERİNLİĞİ HARİTASI (MAYIS-EKİM 2002) | |
| HAZIRLAYAN : Y. Şekender SOYASLAN | EK-14 |
| TARİH : EKİM-2004 | |
| ÖLÇEK : 1/200.000 | |
| S.D.U. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI DOKTORA TEZİ EDİRNE GÖLÜ DODUSUNUN HİDROJEOLOJİK İNCELEMESİ VE YERALTISUYU MODELLEMESİ | |

EK 15. Üretim Debisi Haritası



AÇIKLAMALAR

- Gç1 Geçirimli Birim
Altıvyon-Yamaç Molozu
- Gç2 Geçirimli Birim
Haçyalabaz Fm.-Anamas Fm.
- Gy YarıGeçirimli Birim
Göksödütl Fm.-Yarıkaya Fm.
- Ga Az Geçirimli Birim
Baðkonak Fm.
- Gz1 Geçirimsiz Birim
Sultandede Fm.
- Gz2 Geçirimsiz Birim
Hoyran Ofiyoliti
- 6.0 Debi Miktarı(l/s)
- ~ Beslenme Havzası/Sınırı
- / Formasyon Sınırları
- Kaynak
- Akým Rasat Ýstasyonu

SONDAJ KUYULARI ÜRETİM DEBİ MİKTARLARI

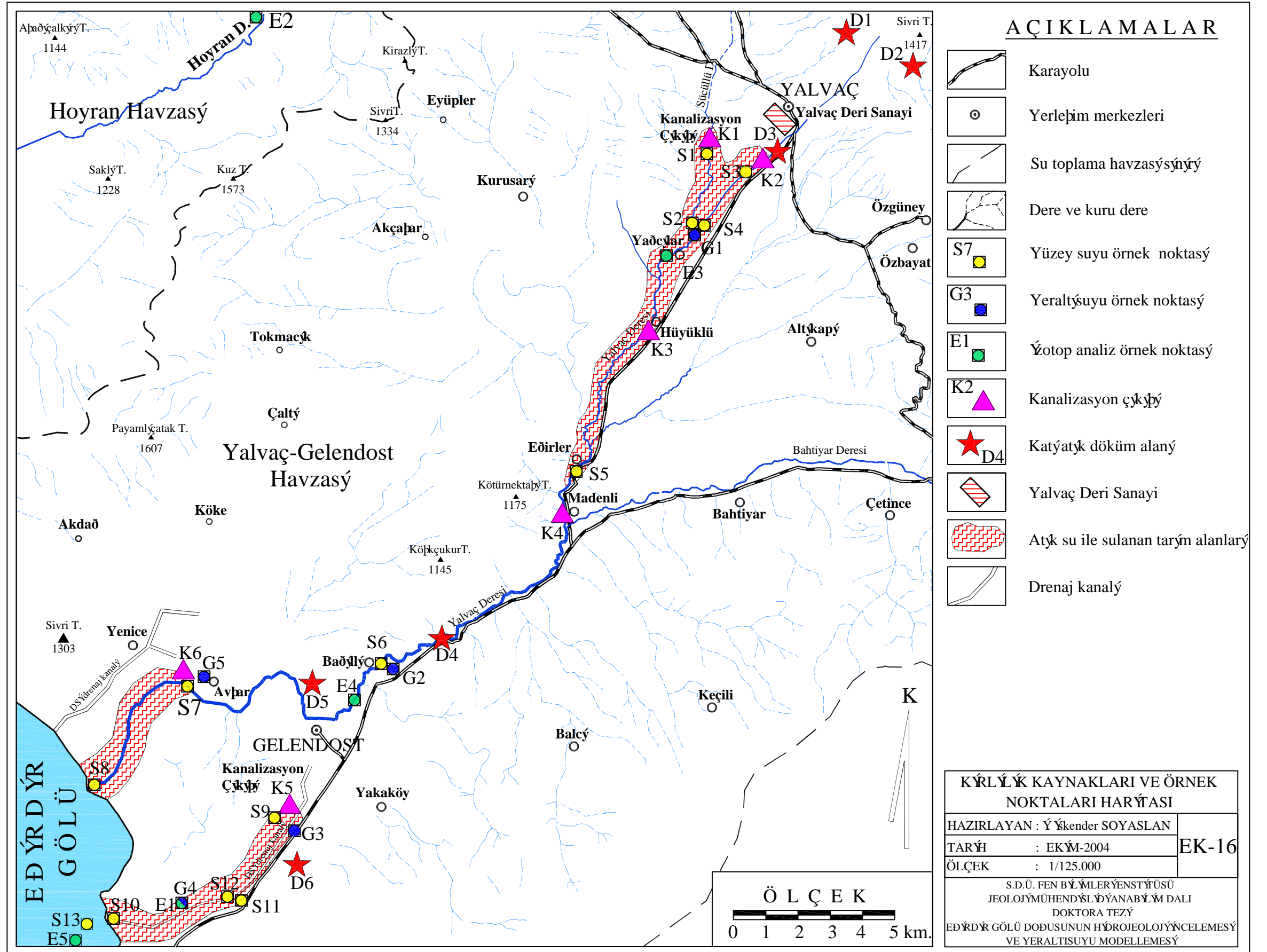
- 0-5 l/s
- 5-10 l/s
- 10-20 l/s
- 20-30 l/s
- 30-40 l/s
- 40-50 l/s
- > 50 l/s

ÜRETİM DEBİ ŞEHARİTASI

| | | |
|--|--|--------------|
| HAZIRLAYAN : Ýkender SOYASLAN | | EK-15 |
| TARİH : EKİM-2004 | | |
| ÖLÇEK : 1/200.000 | | |
| S.D.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JEOLOJİ MÜHÜRLENDİRME VE YERALTI SUYU BÖLÜMÜ DOKTORA TEZİ EDİRNE GÖLÜ DOBUSUNUN HİDROJEOLOJİK İNCELEMESİ VE YERALTI SUYU MODELLEMESİ | | |

Not: Sondaj kuyularının üretim debileri Köy Hizmetleri ve DSİ'den alınmıştır.

EK 16. Kirlilik Kaynakları ve Örnek Alım Noktası Haritası



**Ek 17. Su Örnekleri Hidrojeokimyasal Analiz Sonuçları
(Mayıs-Ekim 2002)**

Ek 17. Su Örnekleri Hidrojeokimyasal Analiz Sonuçları

Ek 17. Su Örnekleri Hidrojeokimyasal Analiz Sonuçları (Mayıs, 2002)

| Örnek No | Örnekleme Tarihi | T* (C°) | pH* | Eh* (mV) | Ec* (µS/cm) | TDS* | O ₂ * (mgr/l) | NH ₄ * (mgr/l) | NO ₂ | Alkalinite* | | Asidide* | | Na ⁺ (mek/l) | K ⁺ (mek/l) | Mg ²⁺ (mek/l) | Ca ²⁺ (mek/l) | Cl ⁻ (mek/l) | SO ₄ ²⁻ (mek/l) | Cr ³⁺ (mek/l) | Cu ²⁺ (mek/l) | Zn ²⁺ (mek/l) | Pb ²⁺ (mek/l) | CO ₃ ²⁻ (mek/l) | HCO ₃ ⁻ (mek/l) |
|----------|------------------|---------|------|----------|-------------|-------|--------------------------|---------------------------|-----------------|-------------|-----|----------|----|-------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | | | | | | | | + P | + M | -P | -M | | | | | | | | | | | | |
| S1 | 04.05.2002 | 13.3 | 7.53 | 146 | 632 | 354 | 2.41 | 3-5 | TSA | 0 | 5.8 | 0.8 | 0 | 1.721 | 0.309 | 1.251 | 3.040 | 0.79 | 1.228 | 0.011 | 0.008 | 0.006 | 0.019 | 0 | 5.798 |
| S2 | 04.05.2002 | 16.7 | 7.83 | 202 | 503 | 251 | 7.39 | TSA | TSA | 0 | 4 | 0.3 | 0 | 0.664 | 0.053 | 1.193 | 3.174 | 0.451 | 0.77 | 0.004 | 0 | 0.002 | 0.006 | 0 | 3.999 |
| S3 | 04.05.2002 | 16.8 | 8.21 | 35 | 233 | 117 | 7.69 | 0-0.5 | TSA | 0 | 2.2 | 0.3 | 0 | 0.531 | 0.059 | 0 | 1.156 | 0.141 | 0.187 | 0.0052 | 0 | 0.003 | 0.003 | 0 | 2.199 |
| S4 | 04.05.2002 | 19 | 7.89 | 190 | 276 | 142 | 5.87 | 1.0 | <0 | 0 | 2.5 | 0.7 | 0 | 0.637 | 0.071 | 1.201 | 1.385 | 0.197 | 0.229 | 0.0063 | 0 | 0.001 | 0.003 | 0 | 2.499 |
| S5 | 04.05.2002 | 16.7 | 7.97 | 178 | 467 | 232 | - | | TSA | 0 | 4.4 | 0.4 | 0 | 0.659 | 0.095 | 1.218 | 2.975 | 0.931 | 0.583 | 0.0063 | 0 | 0.002 | 0.007 | 0 | 4.399 |
| S6 | 04.05.2002 | 14 | 8.08 | 248 | 462 | 225 | 8.58 | | TSA | 0 | 4.5 | 0.2 | 0 | 0.616 | 0.095 | 1.160 | 3.075 | 0.367 | 0.708 | 0.0098 | 0.004 | 0.004 | 0.01 | 0 | 4.499 |
| S7 | 04.05.2002 | 13.2 | 8.09 | | 464 | 201 | 8.44 | TSA | TSA | 0 | 4.6 | 0.1 | 0 | 0.637 | 0.095 | 1.012 | 3.174 | 0.395 | 0.583 | 0.0104 | 0.007 | 0.003 | 0.009 | 0 | 4.599 |
| S8 | 04.05.2002 | 13.5 | 8.35 | 237 | 462 | 224 | 8.18 | | TSA | 0 | 4.1 | 0.2 | 0 | 0.642 | 0.058 | 1.366 | 3.174 | 0.367 | 0.791 | 0.0162 | 0.004 | 0.002 | 0.013 | 0 | 4.099 |
| S9 | 03.05.2002 | 13.3 | 7.54 | 62 | 1073 | 534 | | >10 | TSA | 0 | 8.3 | 0.6 | 0 | 1.907 | 0.926 | 1.374 | 2.478 | 1.692 | 0.958 | 0.0052 | 0.009 | 0.003 | 0.001 | 0 | 8.298 |
| S10 | 03.05.2002 | 21.8 | 8.38 | 226 | 611 | 341 | 15.9 | <0 | TSA | 0.5 | 5.8 | 0 | 0 | 0.841 | 0.219 | 2.263 | 3.372 | 0.677 | 0.479 | 0.0035 | 0 | 0.006 | 0.008 | 2.000 | 4.799 |
| S11 | 03.05.2002 | 18.4 | 8.4 | | 763 | 630 | 12.3 | <0 | TSA | 1 | 7 | 0 | 0 | 1.126 | 0.487 | 1.654 | 2.478 | 0.903 | 0.541 | 0.0035 | 0 | 0.003 | 0.002 | 3.999 | 4.999 |
| S12 | 03.05.2002 | 17.9 | 7.86 | 237 | 698 | 322 | 13.3 | <0 | TSA | 0 | 6.4 | 0.7 | 0 | 0.956 | 0.357 | 1.884 | 2.478 | 0.79 | 0.541 | 0.0035 | 0.004 | 0.003 | 0.008 | 0 | 6.298 |
| S13 | 03.05.2002 | 19.8 | 8.9 | 200 | 385 | 190.9 | 11.2 | | TSA | 0.65 | 5.8 | 0 | 0 | 0.744 | 0.107 | 1.670 | 1.385 | 0.282 | 0.187 | 0.0075 | 0.003 | 0.003 | 0.005 | 2.600 | 2.499 |
| G1** | 04.05.2002 | 11.4 | 7.55 | 234 | 771 | 370 | 4.39 | TSA | TSA | 0 | 6.2 | 1.1 | 0 | 1.424 | 0.059 | 1.893 | 4.267 | 1.269 | 1.228 | 0.004 | 0.003 | 0.007 | 0.007 | 0 | 6.198 |
| G2** | 04.05.2002 | 13.4 | 7.32 | 244 | 815 | 405 | 3.04 | TSA | TSA | 0 | 7.2 | 0.5 | 0 | 1.084 | 0.119 | 2.370 | 4.267 | 0.959 | 1.228 | 0.0052 | 0 | 0.002 | 0.008 | 0 | 7.198 |
| G3** | 03.05.2002 | 13.5 | 7.45 | 219 | 906 | 456 | 7.3 | <0 | TSA | 0 | 7.1 | 0.8 | 0 | 1.285 | 0.063 | 1.777 | 4.366 | 1.777 | 1.291 | 0.0035 | 0.008 | 0.002 | 0.013 | 0 | 7.098 |
| G4** | 03.05.2002 | 13.4 | 7.27 | 278 | 639 | 295 | 5.03 | | TSA | 0 | 6.7 | 0.9 | 0 | 0.744 | 0.143 | 1.670 | 2.975 | 0.338 | 0.229 | 0.004 | 0 | 0.004 | 0.004 | 0 | 6.698 |
| G5** | 04.05.2002 | 13.4 | 7.72 | 223 | 497 | 235 | 5.9 | TSA | TSA | 0 | 4.6 | 0.3 | 0 | 0.744 | 0.285 | 1.703 | 3.174 | 0.395 | 0.354 | 0.0058 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0 | 4.599 |

Ek 17. Su Örnekleri Hidrojeokimyasal Analiz Sonuçları (Ekim, 2002)

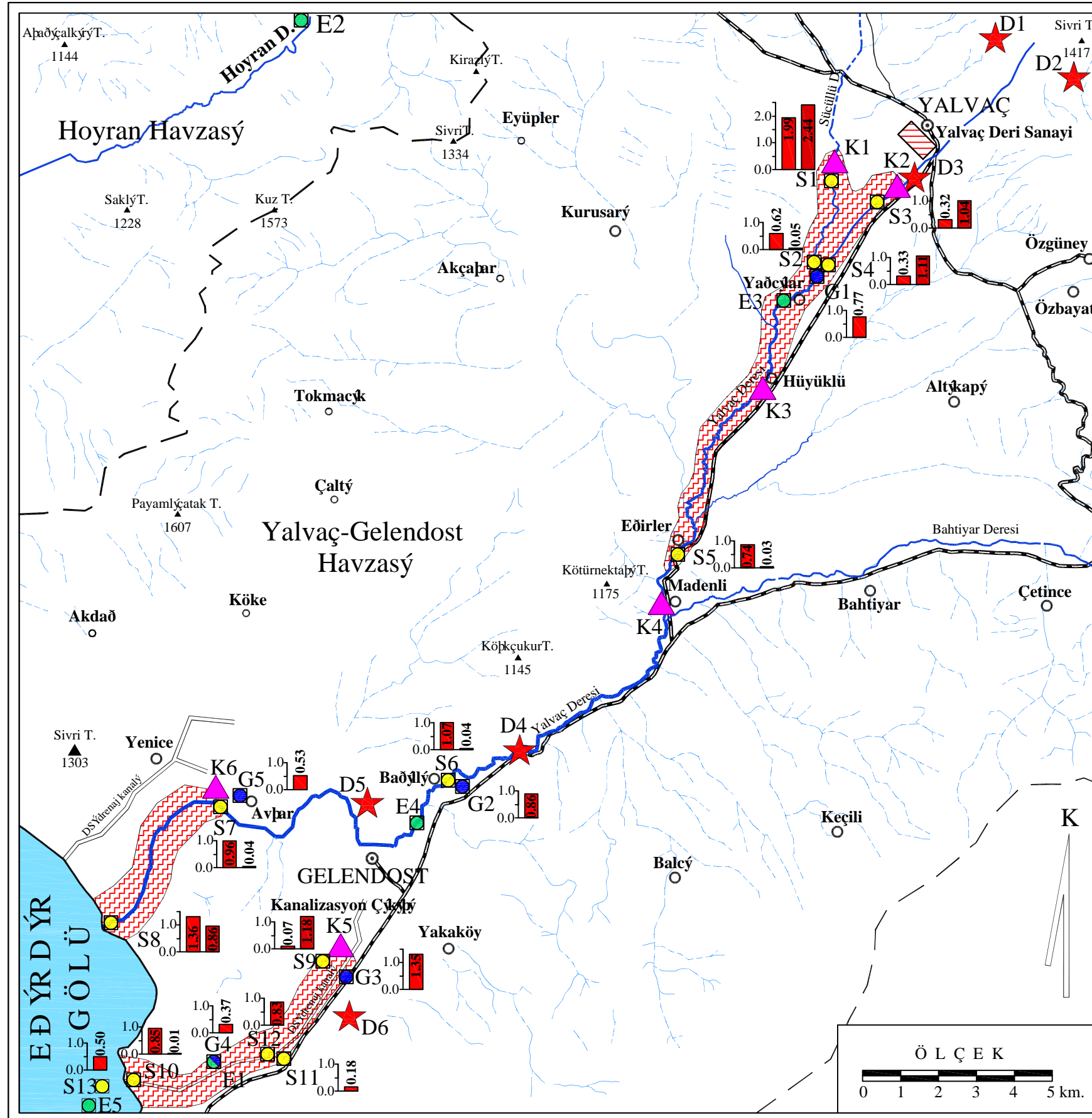
| Örnek No | Örnekleme Tarihi | T* (C°) | pH* | Eh* (mV) | Ec* (µS/cm) | TDS* | O ₂ * (mgr/l) | NH ₄ * (mgr/l) | NO ₂ | Alkalinite* | | Asidide* | | Na ⁺ (mek/l) | K ⁺ (mek/l) | Mg ²⁺ (mek/l) | Ca ²⁺ (mek/l) | Cl ⁻ (mek/l) | SO ₄ ²⁻ (mek/l) | Cr ³⁺ (mek/l) | Cu ²⁺ (mek/l) | Zn ²⁺ (mek/l) | Pb ²⁺ (mek/l) | CO ₃ ²⁻ (mek/l) | HCO ₃ ⁻ (mek/l) |
|----------|------------------|---------|------|----------|-------------|------|--------------------------|---------------------------|-----------------|-------------|-----|----------|----|-------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | | | | | | | | + P | + M | -P | -M | | | | | | | | | | | | |
| S1 | 29.11.2002 | 13.1 | 7.27 | -89 | 773 | 387 | 0.9 | 3.5 | TSA | 0 | 6.0 | 1.2 | 0 | 3.485 | 0.464 | 1.679 | 0.805 | 2.031 | 0.25 | 0.0467 | 0.054 | 0.021 | 0.024 | 0 | 5.998 |
| S2 | 29.11.2002 | 10.9 | 7.23 | 182 | 861 | 432 | 5.18 | <0 | TSA | 0 | 6.9 | 0.8 | 0 | 1.657 | 0.143 | 2.740 | 5.088 | 1.580 | 1.124 | 0.0008 | 0.003 | 0.007 | 0 | 0 | 6.898 |
| S3 | 29.11.2002 | 11.1 | 7.64 | -7.7 | 420 | 211 | 5.3 | 0-0.5 | TSA | 0 | 4.0 | 0.5 | 0 | 1.508 | 0.19 | 1.728 | 1.230 | 0.536 | 0.458 | 0.0147 | 0.02 | 0.009 | 0.01 | 0 | 3.999 |
| S4 | 29.11.2002 | 10.1 | 7.37 | 78 | 441 | 221 | 3.22 | 1 | TSA | 0 | 4.4 | 0.4 | 0 | 1.381 | 0.202 | 1.399 | 1.443 | 0.536 | 0.396 | 0.0152 | 0.024 | 0.011 | 0.011 | 0 | 4.399 |
| S5 | 29.11.2002 | 7.2 | 7.57 | 128 | 667 | 334 | 8.75 | <0 | TSA | 0 | 6.1 | 0.5 | 0 | 1.147 | 0.143 | 2.107 | 4.177 | 0.903 | 0.583 | 0 | 0.003 | 0.004 | 0 | 0 | 6.098 |
| S6 | 29.11.2002 | 5.5 | 8.07 | 174 | 679 | 341 | 11.63 | <0 | TSA | 0.7 | 6.3 | 0 | 0 | 1.084 | 0.167 | 2.419 | 4.177 | 0.818 | 0.791 | 0.0007 | 0.002 | 0.006 | 0 | 2.800 | 4.899 |
| S7 | 29.11.2002 | 4.9 | 7.35 | 176 | 688 | 346 | 12.5 | <0 | TSA | 0.4 | 6.3 | 0.3 | 0 | 1.232 | 0.202 | 2.526 | 4.177 | 0.818 | 0.75 | 0.0013 | 0.004 | 0.005 | 0 | 1.600 | 5.503 |
| S8 | 29.11.2002 | 7.6 | 7.29 | 122 | 415 | 215 | 3.18 | <0 | TSA | 0 | 4.6 | 0.5 | 0 | 0.807 | 0.167 | 3.250 | 1.306 | 0.338 | 0.146 | 0 | 0.022 | 0.005 | 0.008 | 0 | 4.599 |
| S9 | 29.11.2002 | 13.5 | 7.39 | -47 | 715 | 663 | 1.48 | >10 | TSA | 0 | 7.2 | 0.7 | 0 | 1.594 | 0.963 | 2.172 | 1.825 | 1.015 | 0.437 | 0.0087 | 0.009 | 0.005 | 0.011 | 0 | 7.198 |
| S10 | 29.11.2002 | 5.3 | 7.62 | 98 | 695 | 347 | 8.94 | <0 | TSA | 0 | 6.9 | 0.4 | 0 | 0.893 | 0.285 | 2.732 | 4.329 | 0.592 | 0.5 | 0 | 0.003 | 0.002 | 0 | 0 | 6.898 |

* : Arazi deneyleri





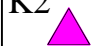


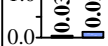

** : Yeraltısuyu örnekleri

TSA : Tespitedilebilir Sınırların Altında

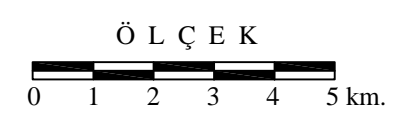
Ek 18. Kurşun konsantrasyonu değişim haritası



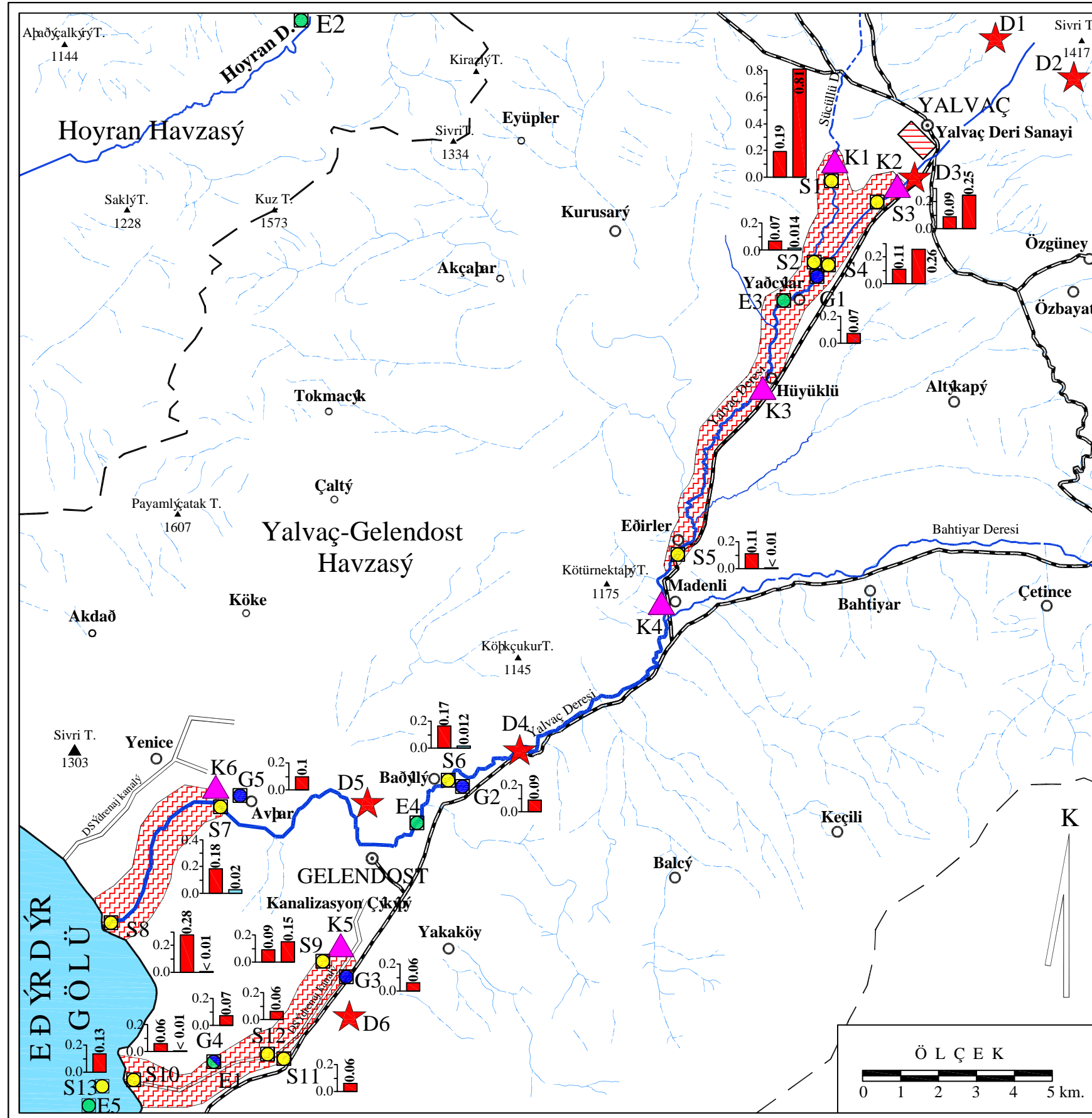
AÇIKLAMALAR

-  Karayolu
-  Yerleşim merkezleri
-  Su toplama havzası sınırı
-  Dere ve kuru dere
-  Yüzeysel su örnek noktası
-  Yeraltı suyu örnek noktası
-  İzotop analiz örnek noktası
-  Kanalizasyon çıkışı
-  Katı atık
-  Katı atık
-  Yalvaç Deri Sanayi
-  Atık su ile sulanan tarım alanları
-  Drenaj kanalı
-  Mayıs-Ekim dönemi Pb²⁺ konsantrasyonları (mg/l)
-  TSE (266)'ya içme suyu sınırı aşan (>0.05 mg/l) Pb²⁺ değerleri

| KURPUN KONSANTRASYONU DEDİŞİM HARİTASI | |
|--|-------|
| HAZIRLAYAN : Ýkender SOYASLAN | EK-18 |
| TARİH : EKİM-2004 | |
| ÖLÇEK : 1/125.000 | |
| S.D.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI DOKTORA TEZİ EĐYRDÝR GÖLÜ DOĐUSUNUN HİDROJEOLJİ İNCELEMESİ VE YERALTISUYU MODELLEMESİ | |



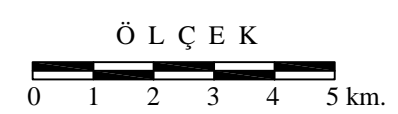
Ek 19. Krom konsantrasyonu değişim haritası



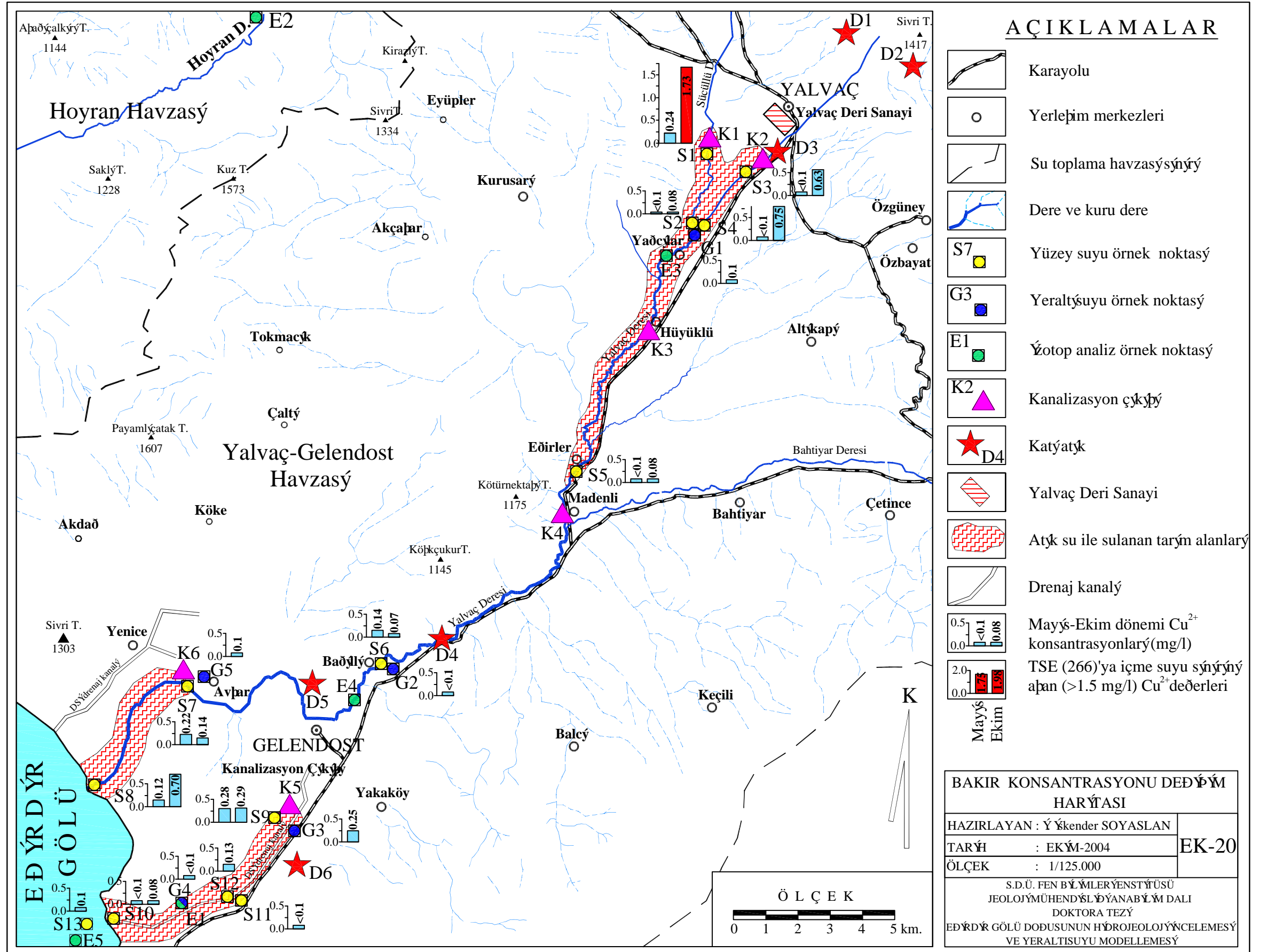
AÇIKLAMALAR

- Karayolu
- Yerleşim merkezleri
- Su toplama havzası sınırı
- Dere ve kuru dere
- Yüzeysel su örnek noktası
- Yeraltı suyu örnek noktası
- İzotop analiz örnek noktası
- Kanalizasyon çıkışı
- Katı atık
- Yalvaç Deri Sanayi
- Atık su ile sulanan tarım alanları
- Drenaj kanalı
- Mayıs-Ekim dönemi Cr³⁺ konsantrasyonları (mg/l)
- TSE (266)'ya içme suyu sınırı (>0.05 mg/l) Cr³⁺ değerleri

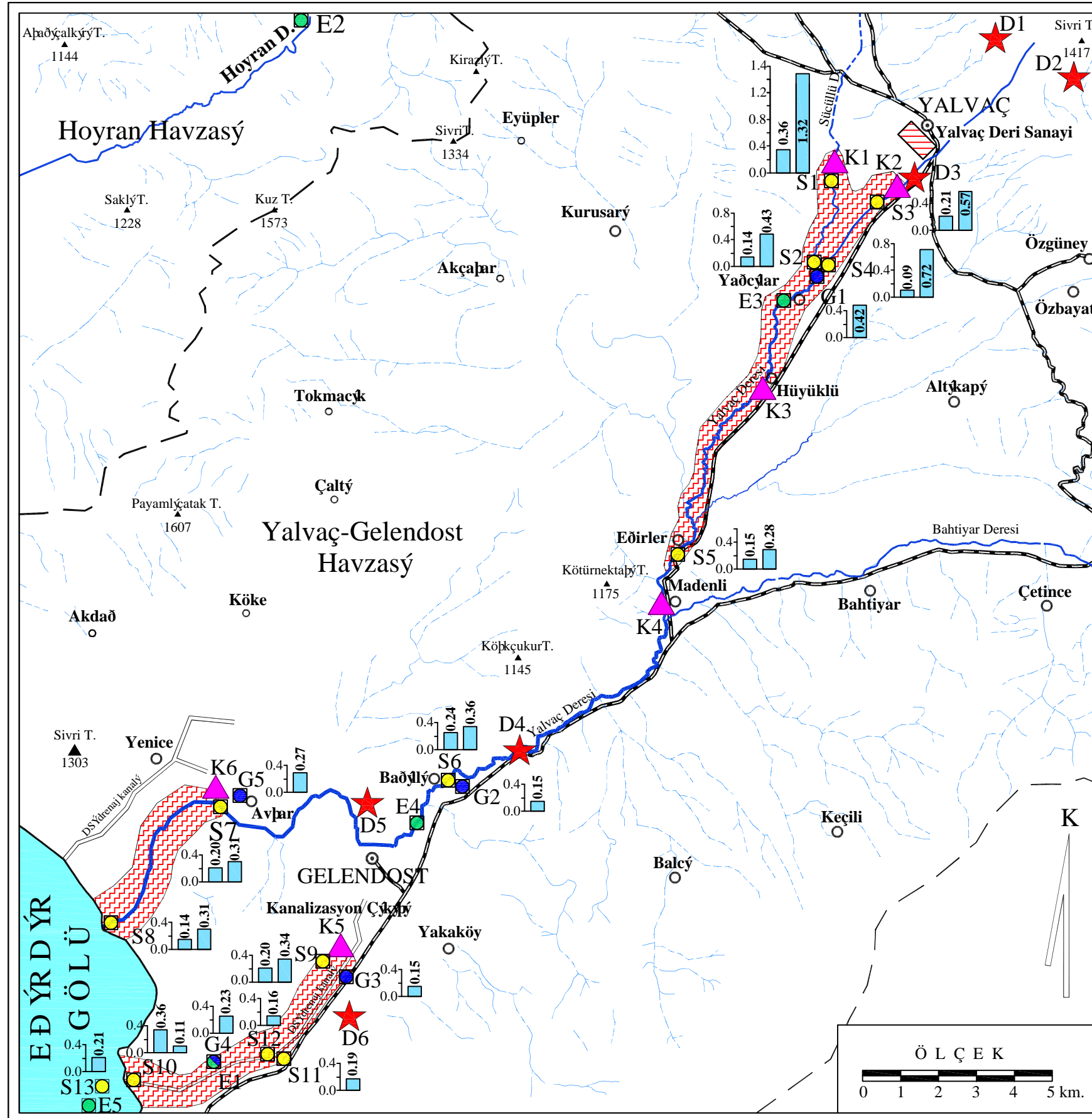
| KROM KONSANTRASYONU DEĞERLERİ HARİTASI | |
|---|-------|
| HAZIRLAYAN : Y. Kender SOYASLAN | EK-19 |
| TARİH : EKİM-2004 | |
| ÖLÇEK : 1/125.000 | |
| S.D.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI DOKTORA TEZİ EDİRNE GÖLÜ DOĞUSUNUN HİDROJEOLOJİK ÇELEMEŞİ VE YERALTISUYU MODELLEMESİ | |



Ek 20. Bakır konsantrasyonu değişim haritası



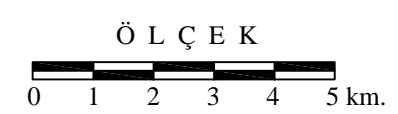
Ek 21. Çinko konsantrasyonu değişim haritası



AÇIKLAMALAR

- Karayolu
- Yerleşim merkezleri
- Su toplama havzası sınırı
- Dere ve kuru dere
- Yüzeysel su örnek noktası
- Yeraltı suyu örnek noktası
- İzotop analiz örnek noktası
- Kanalizasyon çıkışı
- Katı atık
- Yalvaç Deri Sanayi
- Atık su ile sulanan tarım alanları
- Drenaj kanalı
- TSE (266)'ya içme suyu sınırı aşımayan (<5.0 mg/l) Zn³⁺ değerleri

| ÇİNKO KONSANTRASYONU DEĞERİM HARİTASI | |
|---|-------|
| HAZIRLAYAN : Y. Şekender SOYASLAN | EK-21 |
| TARİH : EKİM-2004 | |
| ÖLÇEK : 1/125.000 | |
| S.D.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI DOKTORA TEZİ EDİRNE GÖLÜ DOĞUSUNUN HİDROJEOLJİK ÇELEMEŞİ VE YERALTISUYU MODELLEMESİ | |



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : İ. İskender SOYASLAN

Doğum Yeri : Isparta

Doğum Yılı : 1970

Medeni Hali : Evli

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise : 1984-1987 Isparta Lisesi / Isparta

Lisans : 1989-1993 Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh-Mim. Fak.

Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce

İş Deneyimi :

1994-1995 Mensoy İnşaat Ltd. Şti. İzmir,

1996-1997 Yedek Subay olarak askerlik görevini tamamladı,

1998-2000 SDÜ Isparta Meslek Yüksekokulu'ndan Part-Time olarak Bilgisayar derslerine girdi,

2000- SDÜ. Müh. Mim. Fak. Jeo. Müh. Böl. Isparta