

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FENBİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hanife DEMİR**

**KAHRAMANMARAŞ-AFŞİN-ELBİSTAN KÖMÜR HAVZASI  
E SEKTÖRÜ'NDE GİDYA BİRİMİNİN GEÇİRİMLİLİK  
ÖZELLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE SUSUZLAŞTIRMA  
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA-2019**

**ÇUUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAHRAMANMARAŞ-AFŞİN-ELBİSTAN KÖMÜR HAVZASI E  
SEKTÖRÜ'NDE GİDYA BİRİMİNİN GEÇİRİMLİLİK ÖZELLİĞİNİN  
BELİRLENMESİ VE SUSUZLAŞTIRMA AÇISINDAN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Hanife DEMİR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

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

.....  
Prof. Dr. Şaziye BOZDAĞ Prof. Dr. Hasan ÇETİN Doç. Dr. Zübeyde  
HATİPOĞLU DANIŞMAN ÜYE ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

**Kod No:**

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

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

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KAHRAMANMARAŞ-AFŞİN-ELBİSTAN KÖMÜR HAVZASI E SEKTÖRÜ'NDE GİDYA BİRİMİNİN GEÇİRİMLİLİK ÖZELLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE SUSUZLAŞTIRMA AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hanife DEMİR

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Şaziye BOZDAĞ  
Yıl: 2019, Sayfa: 92  
Jüri : Prof. Dr. Şaziye BOZDAĞ  
: Prof. Dr. Hasan ÇETİN  
: Doç. Dr. Zübeyde HATİPOĞLU BAĞCI

Bu tezin amacı Afşin-Elbistan Kömür havzası E Sektörü içinde yer alan Gıda biriminin geçirgenlik özelliğinin belirlenmesi ve susuzlaştırma açısından öneminin ortaya konmasıdır. Bu kapsamda, çalışma alanı olarak seçilen E-Sektöründe, akifer testi planlanarak 12 adet pompaj kuyusu ve farklı derinliklerde 35 adet gözlem kuyusu açılmıştır. Bu kuyularda, akiferin ve kuyunun verimini belirleyebilmek amacıyla 16 kademeli test, 29 adet sabit debili çekim testi ile gözlem kuyularında 40 adet slug testi gerçekleştirilmiştir. Gerek jeolojik model, gerek yeraltı suyu köken değerlendirmeleri ve E-Sektörü içerisinde gerçekleştirilen testler, E-Sektöründe yer alan kömür-gıda katmanlarının bulunan yeraltı suyunun büyük ölçüde geçirimsiz ve oldukça önemli kalınlığa sahip olan iki kil seviyesi arasında basınçlı bir nitelik taşıdığını göstermiştir. Kavramsal olarak, basınçlı ve serbest akifer niteliği taşıyan bu iki sistem arasında önemli bir hidrolik alışveriş olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca yapılan kararlı izotop analizlerine göre gıda ve kömür katmanlarındaki yeraltı suyunun birimlerin oluşum sürecinde gözeneklerde bulunan sular oldukları söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Afşin-Elbistan Havzası, Kömür Havzası, Gıda, Susuzlaştırma

## ABSTRACT

### MSc THESIS

# DETERMINATION OF THE PERMAABILITY PROPERTIES OF THE GYTTJA IN THE SECTION KAHRAMANMARAŞ-AFŞİN-ELBİSTAN COAL BASIN AND EVALUATION IN THE TERMS OF DEWATERİNG

Hanife DEMİR

ÇUUROVA UNIVERSTY  
INSTITUTE OF NATURAL END APPLIED SCIENCES  
JDEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Şaziye BOZDAĞ  
Yıl: 2019, Sayfa: 92  
Jury : Prof. Dr. Şaziye BOZDAĞ  
: Prof. Dr. Hasan ÇETİN  
: Assoc. Prof. Dr. Zübeyde HATİPOĞLU BAĞCI

The aim of this thesis is to determine the permeability of gyttja unit in Sector E of Afşin-Elbistan Lignite basin and to determine its importance in terms of dewatering. In this context, in the E-Sector selected as the study area, aquifer test was planned and 12 pumping wells and 35 observation wells were drilled at different depths. In order to determine the yield of aquifer and well in these wells, 16 stage test, 29 constant flow attraction tests and 40 slug tests were performed in observation wells. Both geological model, groundwater origin evaluations and tests conducted within the E-Sector have shown that the coal-gyttja layers in the E-Sector is largely impermeable and pressurized between two clay levels of considerable thickness. Conceptually; it is concluded that there is no significant hydraulic exchange between these two systems which have the characteristics of confined and unconfined. In addition, according to the improvement isotope analysis, it can be said that the groundwater in the gyttja and coal layers are the waters in the pores during the formation of the units.

**Keywords:** Afşin-Elbistan Basin, Coal Basin, Gyttja, Dewatering

## GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Afşin-Elbistan Kömür Havzası çok dinamik bir hidrojeolojik yapıya sahiptir. Çalışma alanı olarak belirlenen Afşin-Elbistan Kömür havzası alt sektörlerinden biri olan ve inceleme alanı olarak seçilen E-Sektöründe güvenli ve sürdürülebilir madencilik faaliyetleri için ortamdan uzaklaştırılması gereken yeraltı suyu hareketini kontrol eden hidrolik özellikleri belirleyebilmek amacıyla akifer testleri yapılmıştır. Bu amaçla konum, derinlik ve teşhiz özellikleri açısından 12 farklı noktada 12 adet çekim kuyusu ile bu kuyuların çevresinde farklı derinliklerde 35 adet dar çaplı gözlem kuyusu açılmıştır.

Bu çalışma için açılan test kuyularında, havzada gerçekleştirilen önceki çalışmalardan farklı olarak, sadece hidrolik özellikleri test edilecek birim filtrelenmiştir. Bu kuyularda, akiferin ve kuyunun verimini belirleyebilmek üzere 16 kademeli test, 29 adet sabit debili çekim testi ile gözlem kuyularında 40 adet slug testi gerçekleştirilmiştir.

İnceleme alanında, çalışmanın konusunu oluşturan, gidya seviyeleri içeren Ahmetcik formasyonu ile gidyanın susuzlaştırılması açısından önemli olan ve havzanın kenar kesimlerinde kontak halinde bulunan litolojik birimler Çayderesi formasyonu (Permien yaşlı) ve Kemaliye formasyonu (Kretase yaşlı) yer almaktadır.

Ahmetçik formasyonu içerisinde yer alan gidya, gri ve bej renkli olarak iki farklı katman olarak gözlenmektedir. Bej gidyanın kalınlığı yaklaşık 20-30 metre olup sektörün batı kesiminde yaklaşık 50-80 m kalınlığa kadar yükselmektedir. Yapılan sondaj loglarının değerlendirilmesi sonucunda kesilen birimlerin ortalama kalınlıklarının; lehim birimi 6,20-52,80 m, mavi-yeşil kil 1,90-53,10 m, gölsel kireçtaşı 1,80-10,00 m, bej gidya 13,10-107,30 m, gri gidya 3,60-73,50 m, kömür horizonu 1,90-74,60 m arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Akifer testlerden elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile E-Sektöründe hidrolik iletkenlik katsayısı gidya biriminde  $5.4 \times 10^{-5}$  ile  $5 \times 10^{-9}$  m/sn, kömür de

$7.5 \times 10^{-7}$  ile  $1.1 \times 10^{-10}$  m/sn, Kemaliye formasyonunda  $1.3 \times 10^{-6}$  m/sn, Çaydere formasyonunda ise  $1.01 \times 10^{-5}$  ile  $2.6 \times 10^{-6}$  m/sn arasında hesaplanmıştır. Taban kili için yapılan bir testte ise  $6.7 \times 10^{-11}$  m/sn değeri elde edilmiştir. Kömür ve gıdy katmanlarının hidrolik iletkenliğinin düşük olması ve bu katmanlarda bulunan yeraltı suyu ile karbonatlı kayaçlar arasında doğal gradyanın düşük olması nedeni ile karbonatlı kayaçlar ile etkileşimin kısıtlı olduğu görülmektedir.

Tüm bu çalışmalar kapsamında E Sektöründe yer alan akiferlerin özellikleri ve birbiri ile olan ilişkileri tanımlanmış. Buna göre havzada gıdy ve kömür katmanları da dahil olmak üzere gözlenen formasyonların genel olarak basınçlı akifer özelliği gösterdiği belirlenmiştir.

Ayrıca kararlı izotop içeriklerine bağlı olarak, E-Sektöründe kömür ve gıdy katmanlarında bulunan yeraltı suyunun mevcut koşullarda, ne karbonatlı kayaçlarda yer alan yeraltı suyundan ne de güncel yağışlardan etkilenmediği görülmektedir. Kömür ve gıdy katmanlarının tabanında ve tavanında yer alan kil katmanlarının, kömür ve gıdy çökellerinin oluştuğu dönemde gözeneklerde bulunan yeraltı suyunu, güncel dolaşımdan izole ettiği, kömür havzası sınırlarında ise karbonatlı kayaçlarda bulunan yeraltı suyu ile bir karışımın olduğu görülmektedir.

Yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler kullanılarak E sektörünün 3 boyutlu jeolojik modeli ve bu model de altlık olarak kullanılarak hidrojeolojik modeli oluşturulmuştur. Yapılan bu modeller çerçevesinde E Sektörü için susuzlaştırma planı yapılmıştır. Bu kapsamda iç dökümde istiflenecek olan gıdy biriminin dökümde ve ocak içerisinde heyelana sebep olmaması için gıdy ve kömürlü birimin ocak açılmaya başlamadan önce minimum 3 yıl süre ile susuzlaştırılması öngörülmektedir. Nihai şevlerin bölgesel olarak (basamak kuyuları) susuzlaştırılması ocak ömrü boyunca devam etmelidir.

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Şaziye BOZDAĞ'a, ve tez jüri üyeleri Prof. Dr. Hasan ÇETİN, Doç. Dr. Zübeyde HATİPOĞLU BAĞCI'ya sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile bana sürekli destek olan Yrd. Doç. Dr. Levent TEZCAN'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA

ÖZ .....	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET .....	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER .....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
1. GİRİŞ .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	5
3. MATERYAL VE METOD.....	7
3.1. Materyal.....	7
3.2. Metot.....	11
3.2.1. Akifer Testleri.....	11
3.2.1.1. Değişken Debili Kademeli Pompa Testleri.....	14
3.2.1.2. Sabit Debili .....	15
3.2.1.3. Çoklu Uzun Süreli .....	17
3.2.2. Slug (Düşen Seviyeli) Testler .....	17
3.2.3. İzotop Analizi .....	19
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	23
4.1. Stratigrafi .....	23
4.1.1. Çayderesi Formasyonu .....	23
4.1.2. Karaböğürtlen Formasyonu .....	25
4.1.3. Köseyahya Napı.....	25
4.1.4. Kemaliye formasyonu.....	26
4.1.5. Gidya Birimi .....	27
4.1.6. Ahmetcik formasyonu.....	29
4.1.7. Alüvyon .....	30



4.1.8. Yamaç Molozu.....	30
4.2. Tektonizma ve Faylar .....	31
4.3. Jeolojik Tarihçe.....	33
4.4. Jeolojik Model .....	34
4.5. Hidrojeoloji.....	40
4.5.1. Meteorolojik veriler .....	40
4.5.2. Akarsular.....	43
4.5.3. Kaynaklar.....	44
4.5.4. Akiferler.....	46
4.5.5. Yeraltı Suyu Seviye Ölçümleri .....	48
4.6. Akifer Testleri Sonuçları .....	51
4.7. Hidrojeokimya .....	56
4.7.1. Kararlı Çevresel İzotop İçeriklerinin Değerlendirilmesi .....	56
4.7.2. Trityum İçeriği.....	70
4.8. Susuzlaştırma Planı.....	71
4.8.1. Susuzlaştırma Planı (5 Yıl).....	77
5. SONUÇLAR VE öneriler .....	83
KAYNAKLAR .....	87
ÖZGEÇMİŞ .....	91
EKLER.....	92

## ÇİZELGELER DİZİNİ

## SAYFA

Çizelge 1.1. E Sektörü sınır koordinatları (ED 50 6° UTM) .....	3
Çizelge 3.1. Kademeli Pompaj test sonuçları .....	9
Çizelge 3.2. E Sektöründe açılan gözlem kuyularına ait teçhiz bilgileri .....	14
Çizelge 3.3. Sabit debili pompa test verileri .....	15
Çizelge 3.4. Sabit debili çoklu pompa testleri bilgileri .....	17
Çizelge 3.5. Slug test kuyularına ait bilgiler .....	19
Çizelge 4.1. 1971-2012 yılları Afşin Meteoroloji İstasyonu yağış verileri.....	41
Çizelge 4.2. 1971-2012 yılları arası aylık ortalama sıcaklık verileri .....	42
Çizelge 4.3. 1971-2012 yılları Turc Yöntemi yıllık buharlaşma değerleri (mm) ...	42
Çizelge 4.4. Havzadaki kaynaklara ait debi değerleri .....	44
Çizelge 4.5. Sabit debili test sonucu hidrolik özellikler .....	54
Çizelge 4.6. Düşen seviyeli test sonucu hidrolik özellikler .....	54
Çizelge 4.7. Sabit debili testin istatistik hidrolik özellikleri .....	55
Çizelge 4.8. Slug testleri sonucu hidrolik özellikler .....	56
Çizelge 4.9. Susuzlaştırma kuyularına ait veriler .....	80



## ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA

Şekil 1.1.	Çalışma alanının yer bulduru görüntüsü.....	2
Şekil 1.2.	Kademeli Drenaj Planı görünümü .....	4
Şekil 3.1.	Pompaj gruplarına ait bulduru haritası. ....	8
Şekil 3.2.	Test alanından bir görüntü.....	13
Şekil 3.3.	Sabit debili testte belirlenen düşüm – zaman ve düşüm – türevi zaman değerlerinin analitik çözümü ile karşılaştırılması .....	16
Şekil 3.4.	Pompaj kuyusu düşüm-zaman ve radyal akım grafiği, sınır koşulu.....	16
Şekil 3.5.	Aralık 2016’da tekrarlanan slug testlerinden bir görüntü.....	18
Şekil 3.6.	İzotop örnekleme noktaları .....	20
Şekil 4.1.	Genelleştirilmiş stratigrafik kesit .....	24
Şekil 4.2.	Afşin-Elbistan Kömür havzasının enine kesiti .....	33
Şekil 4.3.	Jeolojik modelde kullanılan kuyulara ait lokasyon haritası ve E- Sektörü yeraltı suyu akım modelinin sınırları .....	36
Şekil 4.4.	Jeolojik modelin oluşturulmasında kullanılan kuyu loglarına dayalı stratigrafik istif .....	37
Şekil 4.5.	E-Sektörü yeraltı jeolojisi modeli .....	37
Şekil 4.6.	Bej gıdya biriminde farklı şev yükseklikleri. ....	39
Şekil 4.7.	Gri gıdya biriminde farklı şev yükseklikleri .....	40
Şekil 4.8.	Afşin-Elbistan kömür sahası hidroloji haritası .....	43
Şekil 4.9.	Mağaraözü Kaynağından bir görüntü.....	45
Şekil 4.10.	Kaynak debilerinin aylık değişimleri .....	46
Şekil 4.11.	Yeraltı suyu seviye gözlem noktaları .....	49
Şekil 4.12.	E Sektörü ve çevresinde kayıtlarına ulaşılmış en büyük seviye ölçümleri (sembol üzerindeki sayılar hidrolik yük değerlerini göstermektedir).....	50
Şekil 4.13.	Saptanan akifer tipleri ve geçirimsiz sınır koşullarının konumsal dağılımı .....	53

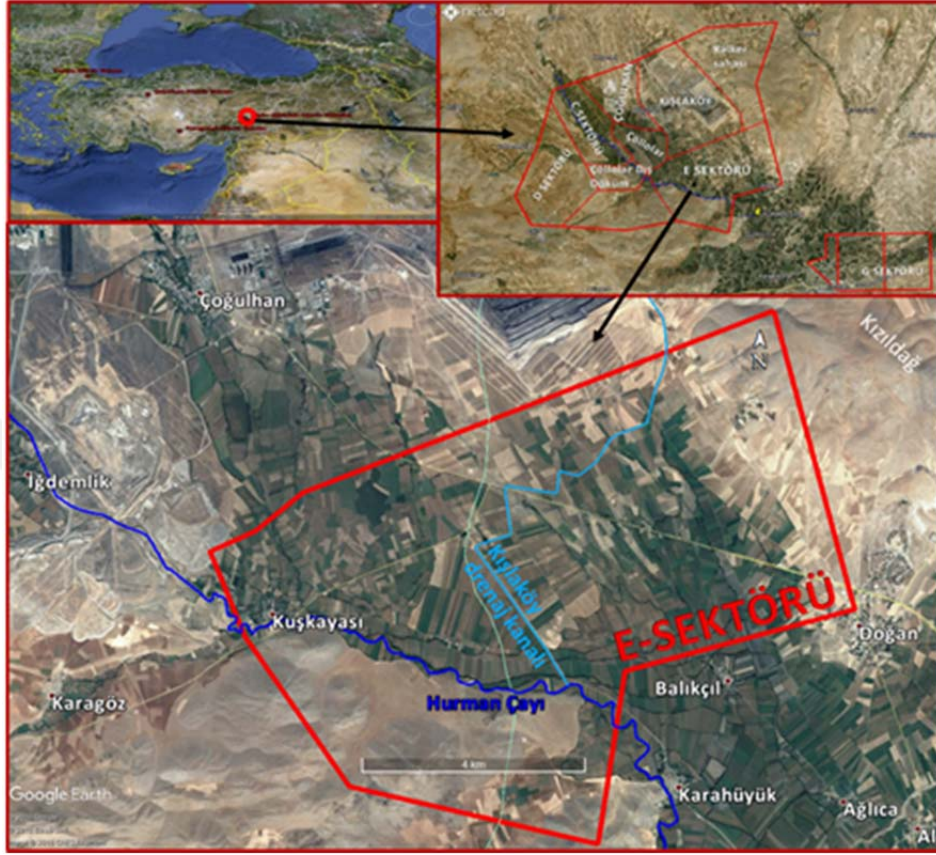
Şekil 4.14.	Çalışma alanındaki ölçülen $\delta^2\text{H}[\text{‰}]$ değerleri.....	59
Şekil 4.15.	Çalışma alanında ölçülen $\delta^{18}\text{O} [\text{‰}]$ değerleri .....	60
Şekil 4.16.	Çalışma alanı örneklerinin $\delta^{18}\text{O}[\text{‰}]$ , $\delta^2\text{H} [\text{‰}]$ ve döteryum fazlası (DF) değerlerinin frekans dağılımları .....	61
Şekil 4.17.	Yeraltı ve yerüstü sularının $^{18}\text{O}$ - $^2\text{H}$ ilişkisi .....	66
Şekil 4.18.	Kararlı izotopların litolojik yayılımı .....	67
Şekil 4.19.	Yeraltı suyunun döteryum fazlası için meteorik su doğruları .....	67
Şekil 4.20.	Örneklerinin kararlı izotop içeriği ve döteryum fazlası değerlerine göre sınıflandırılması .....	68
Şekil 4.21.	Kümeleme analizi sınıfların havzaya yayılımı .....	68
Şekil 4.22.	Tritiyum içeriklerinin frekans dağılımı .....	71
Şekil 4.23.	Susuzlaştırma hedefinin ocak yüzeyinden 50+5 m alınması durumunda drenaj edilmesi gereken su miktarları .....	72
Şekil 4.24.	Model katmanındaki hidrolik iletkenlik katsayısı dağılımı.....	73
Şekil 4.25.	Susuzlaştırma için çekilecek suyun kökeni .....	73
Şekil 4.26.	40. yıl sonunda susuzlaştırma sonucu oluşacak hidrolik yük (m) dağılımı.....	76
Şekil 4.27.	Nihai ocak sınırı ve 400 m çevresinde 860 m kotu üzerinde kalan birimlerde özgül kapasite dağılımı .....	76
Şekil 4.28.	E Sektörü işletme alanında taban kili üst kot (m) dağılımı .....	78
Şekil 4.29.	E Sektörü işletme alanında taban ve tavan killeri arasında transmissivite katsayısı (T, m <sup>2</sup> /gün dağılımı) .....	78
Şekil 4.30	E Sektöründe susuzlaştırma için açılacak kuyuların potansiyel derinlik (m) dağılımı .....	79
Şekil 4.31.	Madencilik faaliyeti öncesi (3 yıl) ve madencilik faaliyeti (5 yıl) süresince optimum susuzlaştırma kuyularının susuzlaştırma dönemlerine göre dağılımı.....	79
Şekil 4.32.	5 yıllık işletme dönemi sonunda ocak çevresinde susuzlaştırma sonucu oluşacak hidrolik yük dağılımı .....	80

**1. GİRİŞ**

Çalışma alanını da kapsayan Afşin-Elbistan Kömür Havzası Akdeniz Bölgesinde Kahramanmaraş ili Elbistan ilçesinin kuzeybatısında, ilçe'ye 20 km uzaklıkta yer almaktadır. Yaklaşık 300 km<sup>2</sup> alanı kapsayan Afşin-Elbistan kömür havzası Türkiye kömür rezervlerinin % 38'ini oluşturmakta ve toplam 4,8 Milyar ton görünür rezerve sahiptir.

Deniz seviyesinden ortalama 1200 m yükseklikte olan havza Kışlaköy (A), Çöllolar (B) ve Afşin (C) adı verilen üç ana sektör ile D, E ve F olarak tanımlanan 3 alt sektör olmak üzere 6 sektörden oluşmaktadır. Bu sektörlerden Kışlaköy (A) ve Çöllolar B) sektörlerinde halen kömür işletmesi yapılmaktadır. Bu sektörlerin işletmelerine paralel olarak 1.2 milyar ton kaynak ihtiva eden ve havzanın güneydoğu bölümünü oluşturan yeni işletmeye açılması planlanan alt sektörlerden E sektörü 67 km<sup>2</sup> büyüklüğünde bir alana sahip olup (Şekil 1.1.) alan koordinatları Çizelge 1.1. de verilmiştir.

İnceleme alanı, 1/25 000 ölçekli Elbistan L38-a3 ve L38-a4 paftalarında yer almakta olup güneyinde Karahüyük ve Balıkçıl köyleri, batısında Kuşkayası köyü, kuzeyinde Kışlaköy, doğusunda Doğan ve Küçükkışla köyleri ile kuzeybatısında Çoğulhan köyü bulunmaktadır. Plato özelliği taşıyan çalışma alanında yer alan önemli yükseltiler Engizek, Nurhak ve Binboğa dağlarıdır. Çevredeki dağlık kesim temel kayalarla kaplıdır. Havzada akarsu olarak Hurman Çayı yer almaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru görüntüsü.

Çalışma alanı Akdeniz Bölgesi içinde yer almasına rağmen havzada karasal iklim görülmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlıdır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün iklim verilerine göre ortalama yıllık yağış miktarı 415,60 mm ve yıllık ortalama sıcaklık ise 10,4 °C'dir. Havzada ortalama en yüksek sıcaklık 23,45 °C ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir.

Bitki örtüsü genelde tekdüze olup, özellikle dere kenarlarında söğüt ve selvi ağaçları bulunmaktadır. Yöre halkı genellikle tarımla uğraşmakta ve hayvancılık az gelişmiştir. Tarım ürünleri olarak buğday, pancar, fasulye, patates ve ayçiçeği ekimi yapılmaktadır.

Çizelge 1.1. E Sektörü sınır koordinatları (ED 50 6° UTM)

Nokta No	Sağa (m)	Yukarı (m)
E1	336.995	4.245.126
E2	338.330	4.239.600
E3	334.200	4.238.550
E4	333.650	4.235.375
E5	329.225	4.236.525
E6	327.418	4.239.315
E7	326.820	4.240.900
E8	327.640	4.241.260
E9	328.500	4.241.950
E10	330.955	4.242.868
E11	335.000	4.244.380

Afşin-Elbistan Kömür Havzasında daha önce yapılan hidrojeolojik etütler ve yaşanan tecrübeler göstermiştir ki havzada çok dinamik bir hidrojeolojik yapı vardır. Yapılan ve yapılacak olan maden işletmelerinde; güvenli ve sürdürülebilir madencilik koşullarının sağlanması yeraltı sularının drene edilerek bölgeden uzaklaştırılması ile mümkün olacaktır. Halen Kışlaköy ve Çöllolar sektörlerinde drenaj çalışmaları yürütülmektedir. Bu işletmelerde, yaklaşık 1500 adet drenaj kuyusu ile yılda 140 milyon m<sup>3</sup> su drene edilmektedir. Buna rağmen havzanın hidrojeolojik yapısı nedeniyle lokal susuzlaştırma çabalarının yetersiz kaldığı görülmektedir.

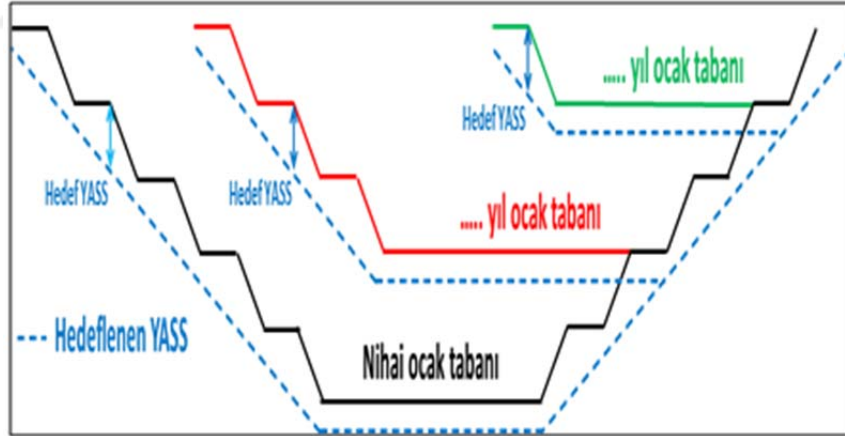
İnceleme alanını oluşturan Afşin-Elbistan Kömür Havzası E-Sektörü'nün güvenli ve sürdürülebilir şekilde işletilebilmesi için yeraltı suyunun ortamdaki uzaklaştırılması gerekmektedir. Susuzlaştırma çalışmalarının sorunsuz yapılabilmesi için havzadaki akifer birimlerin hidrojeolojik parametrelerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bu tez kapsamında güvenli susuzlaştırma planlaması yapmak, şev duraylılığı ve su basması gibi afet ve olumsuz durumların yaşanmaması için havzada yer alan birimlerin özellikle Gıdya biriminin hidrojeolojik karakteristiklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İşletmenin üretimini



emniyetli çalışma koşullarında sürdürülebilmesi için inceleme alanında akifer testleri gerçekleştirilmiştir.

Bu doğrultuda pompaj ve gözlem kuyularının konumları, derinlikleri ve filtreli olacak bölümleri tasarlanırken, E-Sektöründe bulunan bütün birimlerin hidrolik parametrelerinin ortaya konulması, yapısal unsurların hidrolik davranışlarının ve yüzey birimleri arasında düşey yönde akımın tanımlanması amaçlanmıştır. Daha sonra susuzlaştırma ve ocak şevlerinde güvenliği sağlamak için yeraltı suyunun ne kadar düşürülmesi gerektiği ve bu düşümlerin gerçekleşmesi için susuzlaştırma planı yapılmıştır.

Susuzlaştırma planı Şekil 1.2.'de verilmiştir. Nihai şevlere yönelik analizlerin yapıldığı kesit hatlarına göre stabilite koşullarını sağlayacak optimum yeraltı su seviyesi konumu, ocak tabanının durumuna göre belirlenen ölçekte değişmektedir. Aynı durumda her bir kesit hattı boyunca planlanan yeraltı su seviyesine kadar drenaj hedeflenmiştir. Nihai hedef kömür katmanının tabanıdır.



Şekil 1.2. Kademeli Drenaj Planı görünümü (Gül ve ark., 2018)

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Afşin-Elbistan Kömür havzasında jeolojik, hidrojeolojik amaçlı birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Özbek ve Güçlüer (1977), Maraş-Elbistan Çöllolar kömür sektöründe yaptıkları hidrojeolojik çalışmalar sonucunda, temele ait birimlerden kireçtaşlarının akifer özelliği taşıdığını saptamış ve faylanmalar ile bu seviyelerden kömür işletme sahasına yüksek miktarda su girişi olacağını belirtmişlerdir.

Gürsoy ve ark., (1981), Çöllolar, Hurman ve Sinekli köyleri arasında kalan sahada kömür rezervine yönelik yapmış oldukları çalışmada, 466 milyon ton kömür rezervi tespit etmişlerdir. Kömür damarlarından alınan numunelerden, birimin yaşını Pliyosen olarak, gri gıdya birimi içinde bulunan Ostrocodlara göre bu çökeller için ise Pliyosen-Pleistosen yaşını vermişlerdir.

Koçak ve ark., (1985), Kışlaköy açık işletmesinde batı şevlerine yönelik yaptıkları stabilite çalışmaları sonucunda güvenli çalışılabilecek şev açıları önermişlerdir.

Ergüder ve ark., (2000), Kışlaköy açık işletmesi doğu nihai şevlerinin jeofizik etüdü kapsamında bu yöredeki fayların doğrultu ve eğimlerinin tespitine yönelik çalışmalar yapmışlardır. Mevcut fayların ocak işletme yönünde devam ettiğini saptamışlardır.

Koçak ve ark., (2001), bölgenin kömür rezervine yönelik yaptıkları çalışmalarda, havzada görünür rezervin 4,3 milyar ton, ekonomik işletilebilir kömür rezervinin ise 3,8 milyar ton olduğunu belirlemişlerdir.

Ural ve Yüksel (2004), Kışlaköy açık işletmesinde duraylılık konusunda yaptıkları araştırmalarda, duraylılığı etkileyen faktörlerin; yeraltı su seviyesinin yüksek olması, gri gıdya biriminin zayıf zon olması, kömür altında yer alan killi birimin potansiyel kaymaya neden olabileceğini ve çalışma alanında yer alan birimlerin makaslama dayanımı değerlerinin artık makaslama dayanımı değerleri ile temsil edildiğini belirtmişlerdir.

Akbulut ve ark., (2007, 2008 ve 2009), Kışlaköy açık işletmesinde gerçekleştirdikleri şev stabilitesi çalışması ile ocağın doğu ve batı şevlerinin belirli bir kısmında güvenli şev açılarını belirlemişlerdir.

Bedi ve ark (2009), Afşin – Elbistan - Göksun ve Sarız'ın jeodinamik evrimini çalışmışlardır.

Besbelli ve ark., (2009), Afşin - Elbistan Kömür Havzası HB ve HD Sektörlerinde yapmış oldukları çalışmada HB sektörünün görünür rezervini 1,47 milyar ton, HD sektörünün görünür rezervini 1,49 milyar ton olarak tespit etmişlerdir.

Akbulut ve ark., (2013), Açık ocaklarda şev duraysızlığı ve geriye dönük analiz çalışmasında lehim ve siyah killerin kayma anında kayma yüzeylerinin artık makaslama dayanımı parametreleriyle temsil edildiğini saptamışlardır.

Akbulut ve ark., (2015a, b), Afşin-Elbistan Kömür Havzası E Sektöründe yaptıkları sondajlı jeoteknik etüt ile bu kesimde yer alan litolojilerin jeomekanik özelliklerini ve duraylı şev geometrilerini belirlemiştir.

Akbulut ve ark., (2017), “Kahramanmaraş Afşin Elbistan Kömür Havzası E Sektörü Paleotopoğrafyasının Belirlenmesine Yönelik Jeolojik, Jeofizik ve Jeoteknik Etüt” başlıklı çalışmasında E sektörü içerisindeki temeli oluşturan kireçtaşlarına ait paleotopoğrafyanın belirlenmesinin yanında Hurman fayı ve Kışlaköy faylarının konumlarını belirlemişlerdir. Ayrıca jeofizik veriler mekanik sondajlarla deneştirilmiş ve ocak içinde yer alan birimlerin jeomekanik özellikleri ortaya konulmuştur.

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

Afşin-Elbistan kömür havzasında susuzlaştırma planlaması yapılırken ocak şevlerinde güvenliği sağlayabilmek için yeraltı su seviyesinin hangi seviyeye kadar indirilmesi gerektiği ve bu seviye düşümlerinin tam olarak gerçekleştirilebilmesi için uzun vadeli planlamalar yapılması önemlidir. Afşin-Elbistan Kömür havzası hidrolik sisteminin bir parçası olan inceleme alanında Paleozoik ve Mezozoik yaşlı karbonatlı kayalardan oluşan bir akifer, gıdıya ve kömür katmanlarından oluşan ve yeraltı suyu içeren genç çökeller ile en üstte yer yer geçirimsiz de olsa yüzeysel hidrolojik süreçlerden etkilenen Kuvaterner yaşlı birimler olarak gruplandırılabilen 3 farklı su taşıyan formasyon bulunmaktadır. Bu katmanlar arasında ise üstteki Kuvaterner çökeller ile aradaki basınç altındaki gıdıya-kömür birimlerini ayıran tavan kili; gıdıya-kömür birimleri ile karstik birimi ayıran taban kili yer almaktadır.

Hidrolojik ve mühendislik özelliği itibari ile önemli bir katman olarak tanımlanan gıdıya birimini kapsayacak şekilde havzadaki litolojik birimlerin hidrolik parametrelerinin ve E-Sektörü sınırı boyunca oluşabilecek beslenme ve sınır şartlarını belirleyen koşulları ve bu koşullar dahilinde tanımlanan parametre dağılımının belirlenmesi amacıyla test kuyuları açılmış ve akifer testleri yapılmıştır.

Bu amaçla kömür ve üzerindeki birimlerde açılan 12 adet test amaçlı sondaj kuyuları (Şekil 3.1.), daha önceki hidrojeolojik etütlerden farklı olarak pompaj kuyusu tek bir akiferi/katmanı temsil edecek şekilde test yapılacak akiferin tüm kalınlığı boyunca filtreli olacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca pompaj kuyusu açılan katman/akifer ile bu katmanın/akiferin üstünde ve altında bulunan yeraltı suyu içeren birimlerde, pompaj kuyusuna yakın gözlem kuyuları açılarak, test edilen katmanda test sırasında oluşturulan akımın etkisi araştırılmak istenmiştir.



Çizelge 3.1. Kademeli Pompaj test sonuçları (Gül ve ark, 2017a)

Pompaj Test Grubu	TEST 1			TEST 2		
	Kademe	Debi (lt/sn)	Süre (saat)	Kademe	Debi (lt/sn)	Süre (saat)
CPT-2	1	0.1	1.0	1		
	2	0.2	1.0	2		
	3	0.7	1.0	3		
	4	1.4	1.0	4		
	5	2.1	1.0	5		
	6			6		
CPT-3	1	0.1	1.0	1		
	2	0.2	1.0	2		
	3	0.3	1.0	3		
	4	0.4	1.0	4		
	5	0.5	1.0	5		
	6	0.55	0.5	6		
CPT-4	1	0.1	1.25	1		
	2	0.2	1.25	2		
	3	0.3	1.25	3		
	4	0.4	1.25	4		
	5	0.5	1.25	5		
	6	0.8	1.33	6		
CPT-6	1	0.1	1.0	1	0.1	1.0
	2			2	0.2	1.0
	3			3	0.3	1.0
	4			4	0.6	1.0
	5			5	0.9	1.0
	6			6	1.2	1.0
	7			7	1.5	1.0
CPT-7	1	0.2	1.0	1		
	2	1.0	1.0	2		
	3	0.6	1.0	3		
	4	1.4	1.0	4		
	5	2.0	1.0	5		
	6	1.8	1.0	6		
CPT-8	1	0.2	1.0	1	0.83	1.0
	2	0.4	1.0	2	1.67	1.0
	3	0.6	1.0	3	2.5	1.0
	4	0.8	1.0	4	3.33	1.0
	5	1.0	1.0	5	3.03	3.0
	6	1.8	0.5	6	2.08	5.0

Çizelge 3.1. (devamı)

Pompaj Test Grubu	TEST 1			TEST 2		
	Kademe	Debi (lt/sn)	Süre (saat)	Kademe	Debi (lt/sn )	Süre (saat)
CPT-10	1	0.1	1.0	1		
	2	0.2	1.0	2		
	3	0.3	1.0	3		
	4	0.4	1.0	4		
	5	0.5	1.0	5		
	6			6		
CPT-11	1	0.1	1.0	1		
	2	0.2	1.0	2		
	3	0.3	1.0	3		
	4	0.4	1.0	4		
	5			5		
	6			6		
CPT-12	1	0.1	1.0	1	1.0	1.0
	2	0.2	1.0	2	1.94	1.0
	3	0.4	1.0	3	1.66	1.25
	4	0.6	0.5	4		
	5			5		
	6			6		
CPT-13	1	0.1	1.0	1		
	2	0.2	1.0	2		
	3	0.3	1.0	3		
	4	0.4	1.0	4		
	5	0.5	1.0	5		
	6			6		
CPT-14	1	0.1	1.0	1		
	2	0.2	1.0	2		
	3	0.6	1.0	3		
	4	1.0	1.0	4		
	5	1.4	1.0	5		
	6	1.8	1.0	6		
	7	2.05	1.0	7		
CPT-15	1	0.1	1.0	1	0.1	1.0
	2			2	0.25	1.0
	3			3	0.4	1.0
	4			4	0.55	1.0
	5			5	0.7	1.0
	6			6	0.85	0.754

Her bir pompaj test grubu bir pompaj kuyusu ile kuyunun etrafında yer alan sayıları 1 ile 4 arasında değişen, aynı ve/veya farklı katmanlarda açılan gözlem kuyularından oluşmaktadır. Bahse konu pompaj grupları CPT simgesi ile kodlanmıştır, bu pompaj grubu içinde bulunan sondaj kuyularıyla içerisinde yer aldığı litolojik birim ve kuyu tipi ile (PKM: Pompaj kuyusu-kömür katmanı, GBG: Gözlem kuyusu-Bej Gıyda katmanı gibi) adlandırılmıştır (Çizelge 3.1.). Şekil 3.1.'de verilen pompaj kuyularının konumlarına bakıldığında, E Sektöründe bulunan kömür sınırının kuzey, doğu ve batı sınırları ile sektörde bulunan fay ve akarsu açısından beslenme ve sınır koşullarının ortaya çıkarılması amacı ile tasarlandığı görülecektir.

Pompaj test grupları teçhizlenirken, hidrolik parametreleri tanımlanmak istenen katmanın neredeyse tümüne yakın bölümünün, kuyu içerisine geniş bir yüzey boyunca akım oluşturmak için katman boyunca filtreli teçhiz planı yapılmıştır. Filtrelenen bölüm, pompaj kuyusundan önce açılan en derin karotlu sondaj kuyusu baz alınarak tasarlanmış, akifer testi esnasında sondaj kuyusunda malzeme gelişine sebep olan ince taneli seviyelerden mümkün olduğunca kaçınılmıştır. Gözlem kuyularında ise filtreli kısımlar kısa tasarlanmıştır. Akifer testi esnasında gözlemlenecek yeraltı su seviye değişikliğinin doğru belirlenebilmesi için, gözlem kuyusu tabanının 2 m üzerinden itibaren 1.5-4 m aralığında filtreli teçhiz planlanmıştır. Fakat, düşük hidrolik parametrelere sahip ince taneli malzemedan oluşan birimler ile görece daha geçirimli birimlerin ince tabakalar halinde ardalanmalı yer aldığı kısımlarda filtreli teçhiz bölümü daha uzun tasarlanmıştır.

### **3.2. Metot**

#### **3.2.1. Akifer Testleri**

Akifer testleri, akifer testi gerçekleşen kuyuya yeraltı su hızını tabii durumdaki akım hızına göre arttırarak, kuyu etrafında yeraltı su miktarında zamana ve konuma göre hidrolik yük değişimi yaratmak ve akifer parametrelerini sayısal



eşitliklerle hesaplamak üzere yapılır. Söz konusu akifer testler esnasında, akiferde oluşan tepkinin (değişimin) temel nedeni, akifer test kuyusunda oluşan değişimden (çekim/beslenme ya da düşüm/yükselim) kaynaklanmasıdır. Akifer testleri sırasında, testin etki alanı içerisinde akiferden drene edilen ya da akifere şarj edilen su miktarlarının ve meydana gelen seviye farkının düşüm/yükselim zaman grafikleri elde edilmelidir. Bu kapsamda akifer testleri genellikle tek ya da birkaç pompaj grubunda sabit debi ile yapılır. Ayrıca pompaj kuyusu etki yarıçapı alanında herhangi bir su girdisi ve çıktısı olmamalıdır. Eğer bilinen bir su girdi/çıktısı mevcut ise su miktarların zamansal ve konumsal değerleri gözlenmeli ve akifer testi düşüm/yükselim zaman eğrileri değerlendirilirken mutlaka dikkate alınmalıdır (Gül ve ark., 2017a).

Akifer testi yapılan bütün kuyularda optimum debi ile çekilen su miktarından dolayı su seviyesi yavaş bir düşüm ile genellikle pompanın montajlandığı seviyeye kadar indirilmiştir. Akifer testi esnasında kullanılacak pompa debisini belirleyebilmek amacıyla, her kuyuda 1'er saat ara ile 4 ya da 6 kademede, kademeli pompa testleri gerçekleştirilmiş ve test süresi sonunda oluşabilecek maksimum düşüm değeri belirlenmiştir. Kademeli pompa testi sonucunda belirlenen debi ile yapılan akifer testlerinde hiç bir test planlanan zamandan önce sonlandırılmamıştır. Ayrıca akifer testi esnasında düşüm-zaman grafikleri takip edilerek, düşüm-zaman ilişkisini kontrol eden bir faktör ya da sınır koşulunun meydana geldiği anlaşıldığında, deney süreleri bu faktörü belirlemeye yetecek şekilde uzatılmıştır.

Akifer testleri esnasında debi miktarı, su sayacı ve debimetre ile devamlı kayıt altına alınmış, belirli aralıklarda da suyun uzaklaştırıldığı borudan hacmi sabit bir kap ile ölçülerek, sayaçtan ve debimetreden elde edilen debi ile uyuşup uyuşmadığı kontrol edilmiştir. Akifer testlerinde drene edilen su, 100-250 m uzunluğunda bir boru ile akifere geri dönmesi mümkün olmayan yerlere boşaltılmıştır. Akifer testi gerçekleşen yerlerde, en üstte bulunan litolojik birim ile test edilen birim arasında geçirimsiz birimler yer aldığı bile, boşalan su kesinlikle test etki

alanından uzaklaştırılmıştır (Şekil 3.2.). Test ve gözlem kuyularında yeraltı suyu seviyesi ölçümleri için atmosfer basıncını baz alarak kuyu içerisinde, üzerindeki su bloğunun basıncına göre su seviyesini hesaplayan basınç sensörleri (pressure transducer) kullanılmıştır. Bu basınç sensörleri ile 1 dakika aralıkla su seviye değişimleri ölçülmüştür. Akifer testi esnasında, basınç sensörlerinin hatalı ölçüm yapma olasılığını kontrol amacıyla belirli aralıklar ile su seviyesi ölçümleri tekrarlanmıştır.



Şekil 3.2. Test alanından bir görüntü

E Sektöründe açılmış 12 adet akifer test grubunda 4 farklı test yöntemi kullanılmıştır. Bunlar;

- Kademeli pompa testleri
- Sabit debili kısa süreli testler
- Sabit debili uzun süreli ve çoklu kuyu testleri
- Slug testler' den oluşmaktadır.

**3.2.1.1. Değişken Debili Kademeli Pompa Testleri**

Kademeli pompa testleri, test esnasında debinin oluşturacağı maksimum düşüm değerini belirlemek amacıyla 12 adet akifer test kuyu grubunda yapılmış ve bu gözlem kuyularına (G) ait teçhiz bilgileri Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. E Sektöründe açılan gözlem kuyularına ait teçhiz bilgileri

Kuyu No	Filtre				Litoloji
	Üst Kot (m)	Alt Kot (m)	Üst Derinlik (m)	Alt Derinlik (m)	
G1.1	1183.8	1181.8	9.0	11.0	Lehim
G1.2	1138.2	1136.2	55.0	57.0	Gri
G1.3	1106.8	1104.8	87.0	89.0	Kömür
G1.4	1016.8	1015.3	177.5	179.0	Taban
G2.1	1162.6	1161.1	5.5	7.0	Lehim
G2.2	1137.8	1136.3	30.5	32.0	Bej
G2.3	1079.9	1078.4	88.5	90.0	Gri
G2.4	1047.6	1043.6	121.0	125.0	Kömür
G2.5	991.7	989.7	177.0	179.0	Taban
G3.1	1148.4	1146.4	10.0	12.0	Lehim
G3.2	1080.5	1078.5	78.0	80.0	Bej
G3.3	1026.5	1024.5	132.0	134.0	Kömür
G3.4	1000.5	998.5	158.0	160.0	Taban
G3.5	944.5	942.5	214.0	216.0	Kemaliye
G4.1	1155.5	1147.5	46.0	54.0	Kemaliye
G4.2	1089.5	1081.5	112.0	120.0	Kemaliye
G4.3	1017.8	1005.8	184.0	196.0	Kemaliye
G4.4	1018.1	1006.1	184.0	196.0	Kemaliye

Genellikle 6 kademeli olarak toplam 16 adet kademeli pompa testi gerçekleştirilmiştir. Bu pompa testleri yapılırken her kademe eşit zaman aralıkları ile gerçekleştirilmiştir. Son aşamada işe pompa tam kapasite çalıştırılmış ve en yüksek debi değeri ile düşümler gözlenmiştir. Kademeli testler ile elde edilen debi-düşüm-zaman eğrileri ile sabit debili testler için optimum debi değerleri belirlenmiştir.

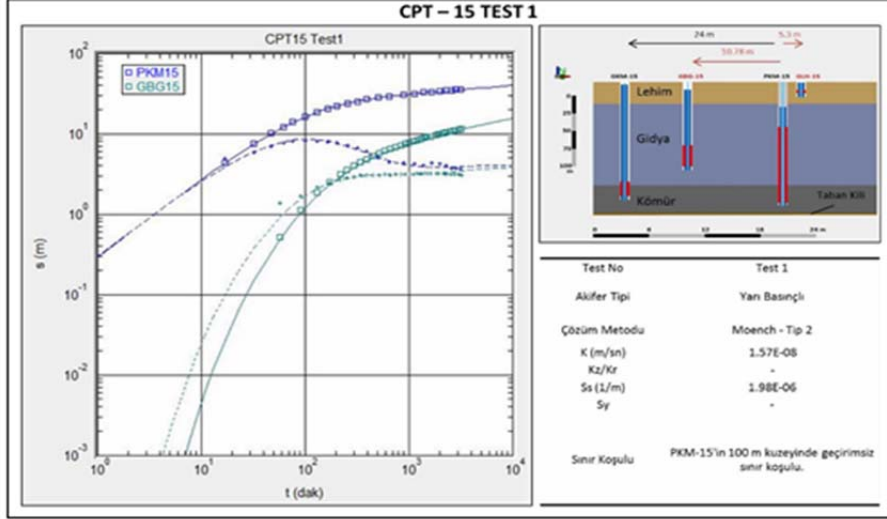
### 3.2.1.2. Sabit Debili

Sabit debili kısa süreli testler 9 saat ile 81 saat aralığında yapılmıştır. (Çizelge 3.3.). Sabit debili (kısa ve uzun süreli) testlerin değerlendirilmesinde elde edilen düşüm değerlerine etki eden sınır ve beslenme koşulları belirlenmiştir. Bu tanı grafikleri ile test sırasında elde edilen düşüm değerlerinin oluşumuna katkısı olan koşullar araştırılmıştır. Düşümün ilerleme hızındaki değişimlerin incelenmesi ile birçok bilgi elde edilebilmektedir.

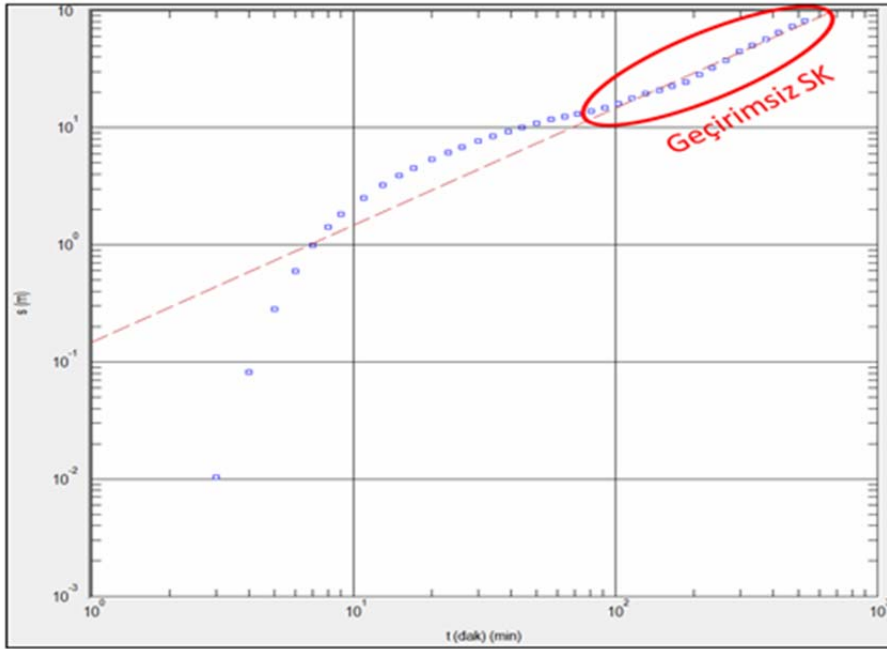
Çizelge 3.3. Sabit debili pompa test verileri (Gül ve ark., 2017b)

Test Kuyu Grubu	Kuyu Derinliği (m)	Filtre aralığı(m)		Test-1	
		Başlangıç	Bitiş	Debi (lt/sn)	Süre (saat)
CPT-2	132	64	128	2.10	48.00
CPT-3	170	108	166	0.50	9.75
CPT-4	138	102	134	0.25	24.00
CPT-6	184	100	180	0.84	219.20
CPT-7	128	92	124	1.67	24.33
CPT-8	150	70	150	0.89	30.00
CPT-10	172	100	168	0.10	4.00
CPT-11	98	62	94	0.13	24.00
CPT-12	134	70	130	0.10	1.00
CPT-13	114	70	110	0.15	81.00
CPT-14	156	100	152	0.20	74.00
CPT-15	176	64	172	0.27	54.00

Düşümün türevine bağlı olarak hakim sınır koşulları, akifer tipi ve çözüm için kullanılan analitik yöntemler belirlenmiştir (Şekil 3.3.). Analitik yöntemler, kuyu depolaması, kısmi penetrasyon, sınır koşulu ve gecikmeli drenaj etkisi gibi etkenler de göz önüne alınarak saptanmıştır (Şekil 3.4.). Tüm test kuyularında kısmi penetrasyon koşulları dikkate alınmıştır.



Şekil 3.3. Sabit debili testte belirlenen düşüm – zaman ve düşüm – türevi zaman değerlerinin analitik çözümü ile karşılaştırılması (Gül ve ark., 2017b)



Şekil 3.4. Pompaj kuyusu düşüm-zaman ve radyal akım grafiği, sınır koşulu (Gül ve ark., 2017b)

### 3.2.1.3. Çoklu Uzun Süreli

Konumları yakın ve aynı katmanda açılan kuyularda yapılan çoklu uzun süreli testlerin amacı, susuzlaştırma için yapılan model kalibrasyonu sağlanması için zaman serisi belirlemek ve kısa süreli testler sırasında belirlenemeyen sınır koşullarını tanımlamak amaçlanmıştır. Uzun süreli testlerin süresi 140 saat ile 820 saat aralığındadır (Çizelge 3.4.).

Çizelge 3.4. Sabit debili çoklu pompa testleri bilgiler (Gül ark., 2017b)

Çok Kuyulu Test Grubu	Test Kuyu Grubu	Başlangıç	Bitiş	Debi (lt/sn)	Süre (Saat)
I	CPT-7	27.08.2016	28.09.2016	8.333	769.3
	CPT-8	27.08.2016	01.10.2016	2.083	819.5
II	CPT-2	08.10.2016	14.10.2016	1.389	143.0
	CPT-3	08.10.2016	14.10.2016	0.056	141.6
	CPT-4	08.10.2016	14.10.2016	0.056	141.0
III	CPT-12	21.10.2016	28.10.2016	1.667	167.1
	CPT-14	21.10.2016	28.10.2016	1.389	169.1
	CPT-15	21.10.2016	28.10.2016	0.083	162.6
IV	CPT-10	03.11.2016	10.11.2016	0.028	168.2
	CPT-11	03.11.2016	10.11.2016	0.139	165.8
	CPT-13	03.11.2016	10.11.2016	0.222	164.6

### 3.2.2. Slug (Düşen Seviyeli) Testler

Pompa test gruplarında tehzizin filtreli olduğu birimin hidrolik özelliklerini belirlemek amacıyla düşen seviyeli slug testler yapılmıştır. Düşük geçirgenliğe sahip katmanlarda slug testleriyle kuyunun yakın çevresinin hidrolik özellikleri belirlenebilmektedir. Slug testlerin yapıldığı kuyular ve bu kuyulara ait bilgiler Çizelge 3.5.'de verilmiştir. Bazı test kuyuların artezyen yapması nedeniyle ve bazı test gruplarında da sabit debili çekim testleri devam ettiği için bütün gözlem kuyularında slug test gerçekleştirilememiştir. Bazı test kuyularında ise, Aralık 2016'da slug testler yeniden yapılmıştır (Şekil 3.5.). Tekrarlanan slug testlerde yeraltı suyu seviyesi önceki seviyesine göre yüksek olduğu için ikinci testler daha kısa sürmüştür.



Şekil 3.5. Aralık 2016'da tekrarlanan slug testlerinden bir görüntü.

Slug testler şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

- Gözlem Kuyularında statik su seviyeleri ölçülmüştür.
- Statik su seviyesinin hemen altında yer alacak şekilde 1 sn aralıklar ile kayıt yapan basınç sensörü yerleştirilmiştir.
- Test gözlem kuyusu ağzına kadar su ile hızla doldurulmuştur.

Test gözlem kuyusundaki su seviyesinin düşümü, statik su seviyesine ulaşana kadar kayıt alınmıştır.

Çizelge 3.5. Slug test kuyularına ait bilgiler (Gül ve ark., 2017b)

Kuyu	Litoloji	Statik su seviyesi (m)	Kuyu derinliği (m)	Filtre üst derinliği (m)	Filtre alt derinliği (m)	Filtre Uzunluğu (m)
GBG3	Bej/Gri Gidya	15.90	92.0	89.5	91.0	1.5
GBG4*	Bej Gidya	9.69	58.0	50.0	52.0	2.0
GBG6*	Gidya/Kömür	7.49	166.0	150.0	162.0	12.0
GBG7	Bej Gidya	13.84	84.0	70.0	78.0	8.0
GBG10*	Bej/Gri Gidya	3.36	90.0	76.0	84.0	8.0
GBG11	Bej/Gri Gidya	13.32	73.0	65.0	67.0	2.0
GBG12*	Gidya/Kömür	1.63	148.0	110.0	142.0	32.0
GBG13*	Bej Gidya	3.62	44.0	36.0	38.0	2.0
GCD7	Çayderesi	21.15	125.0	92.0	104.0	12.0
GCD8-1	Çayderesi	17.98	180.0	150.0	166.0	16.0
GGG11	Gri/Bej Gidya	12.95	97.0	87.0	91.0	4.0
GGG4	Gri Gidya	12.52	86.0	76.0	80.0	4.0
GKM3*	Kömür	15.74	172.0	159.0	163.0	4.0
GKM4	Kömür	7.86	148.0	116.0	118.0	2.0
GKM6	Kömür	67.49	211.0	170.0	182.0	12.0
GKM7	Kömür	21.02	94.0	82.0	88.0	6.0
GKM10*	Kömür/T. Kili	8.86	178.0	162.0	166.0	4.0
GKM11*	Kömür	20.81	156.0	129.0	133.0	4.0
GKM12*	Kömür	7.34	196.0	170.0	182.0	12.0
GKM13	Kömür	15.62	142.0	132.0	136.0	4.0
GKY2	Kemaliye	21.82	126.0	100.0	120.0	20.0
GLH3	Lehim	16.25	28.0	19.5	21.0	1.5
GLH6	Lehim	7.01	46.0	30.0	42.0	12.0
GLH7	Lehim	7.04	46.0	28.0	42.0	14.0
GLH8	Lehim	10.21	16.0	4.0	10.0	6.0
GLH10	Lehim/Kil	4.40	26.0	12.0	20.0	8.0
GLH14*	Lehim/Kil	2.20	58.0	40.0	52.0	12.0
GTK13	Taban Kili	54.50	259.0	178.0	179.5	1.5

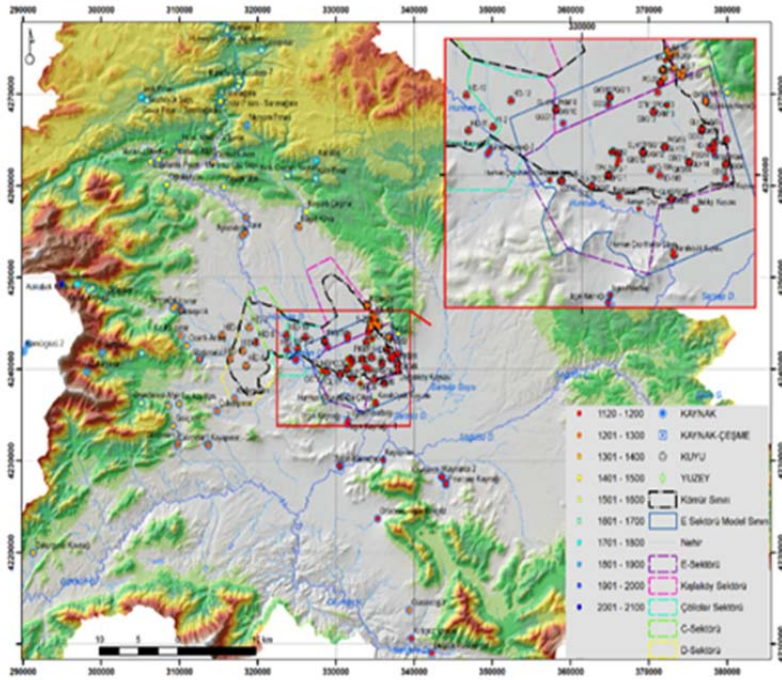
\*: Bu kuyularda slug test 2 kez gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.3. İzotop Analizi

Afşin-Elbistan Kömür Havzası tüm işletme sahalarında yeraltı suyunun kökeni, yayılımı, beslenme bölgelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan izotop ve yeraltı su kimyası analizleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Önceki çalışmalardan elde edilen bu verilere ek olarak, E-Sektöründe bulunan yeraltı



suyunun kökeni, farklı akım yollarının varlığının kontrolü, beslenme bölgelerinin analizi ve E-Sektörü yeraltı suyu sisteminin sınır koşullarının belirlenmesi hedeflenmiş ve bu hedefler doğrultusunda hidrojeokimya ve kararlı izotop analizleri için örneklemler gerçekleştirilmiştir. İzotop örnekleme noktaları Şekil 3.6. da verilmiştir.



Şekil 3.6. İzotop örnekleme noktaları (Gül ve ark., 2018)

Örnekleme noktaları olarak, mümkün olduğu kadar farklı yükseltilerde ve yıllık ortalama yağış kompozisyonunu temsil eden düşük debili kaynaklar, farklı yeraltı suyu sistemlerinin boşalımını temsil edebileceği düşünülen büyük debili kaynaklar ile E-Sektöründe akifer testleri için açılmış ve filtre konumları akiferin sadece belirli bir katmanını kateden kuyular seçilmiştir.

Akifer test kuyularında yapılan örnekleme uzun süreli akifer testlerinin tamamlanmasından hemen önce gerçekleştirilmiş ve böylelikle alınan su örneğinin

akiferin o bölümündeki yeraltı suyunu temsil ettiği kabul edilmiştir. Ayrıca, Afşin-Elbistan havzasında farklı yükseltileri temsil edecek niteliğe sahip kaynaklardan alınan izotop örnekleri kavramsal hidrojeolojik modelin önemli bir bileşeni olan beslenme bölgelerini belirleyebilmek amacıyla toplanmıştır. Bu çalışma kapsamında ağırlıklı olarak oksijen-18 ( $^{18}\text{O}$ ) ve döteryum ( $^2\text{H}$ ) izotopları değerlendirilmiş ve izotop içerikleri Ek-3'te sunulmuştur.





## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Stratigrafi

Afşin-Elbistan kömür havzası, Torosların yükselimi sırasında oluşmuş tektonik bir çöküntü havzasıdır. Çalışma alanının temelini tektonostratigrafik özellikteki istifler oluşturmaktadır. Havzada Jura-Kretase, Permian-Karbonifer yaşlı allokon birimlerin, Eosen ve Miyosen, Pliyosen-Pliyokuvaterner yaşlı istifler tarafından uyumsuz olarak üzerlendikleri görülmüştür (Besbelli ve ark, 2009).

Havzayı kuşatan fayların, geç evrede sebep olduğu çökme ile askıda kalan yüksek alanlardan yüksek enerjili hızlı taşınmayla kaba kırıntılı örtü çökelleri gelişmiştir. Elbistan çöküntü havzasının oluşumunda etkin tektonizma ile gelişen normal faylar, istifin çökme sürecine ve stratigrafisine yansımıştır.

Havzanın stratigrafik istifi tabandan tavana doğru aşağıda verilmiş olup çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti de şekil 4.1’de verilmiştir.

#### 4.1.1. Çayderesi Formasyonu

Çayderesi formasyonu havzada Tanır bölgesinden başlayıp güneye doğru devam eden kesimde Hurman Çayının batısı boyunca geniş alanlarda yüzeylemektedir. E-Sektörü batı sınırında temel kayası olarak Çayderesi formasyonu ve Karaböğürtlen formasyonu yer almaktadır.

Çayderesi formasyonu çok seyrek oranda şist, kalkşist ara katkıları içeren dolomit, rekristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve mermer aralanmasından oluşmaktadır. Dolomitler çok ince kalsit damarlı, erime boşluklu, bol eklemli ve ara ara bol bitümlü çört nodül içerir. Dolomitik kireçtaşları koyu gri, gri, siyahımsı renklerde orta-kalın ve düzenli tabakalı, çörtlü, bol bitümlü ve ara ara gastropod, fusulin ve mercan fosilleri içerir. Rekristalize kireçtaşları beyaz, açık gri renkli ara ara kalın-çok kalın tabakalı, masif görünümlü, bol eklemli ve erime boşlukludur.



Havzada Çayderesi formasyonu üzerinde uyumsuz olarak Karaböğürtlen formasyonu yer alır. Çayderesi Formasyonu üzerinde Karaböğürtlen formasyonu uyumsuz olarak yer alırken, Ahmetcik formasyonu bu birimi açısız uyumsuz olarak kaplamaktadır. Bedi ve ark, (2009) birimin kalınlığını 400-600 m arasında olduğunu ve yaşının Üst Permiyen olduğunu belirlemişlerdir.

#### 4.1.2. Karaböğürtlen Formasyonu

Formasyon düşük bölgesel metamorfizma geçirmiş birimlerden, kuvars şist, şist, kalkşist, bazik bileşimli şist, metakonglomera ardalanimından oluşmaktadır. Özellikle kalkşist ve şist ardalaniması yaygın olarak görülmesinin yanısıra rekristalize kireçtaşı, çörtlü mermer, dolomitik kireçtaşı ve dolomit seviyelerine de rastlanmaktadır. Çörtler yer yer rekristalize kireçtaşı ve kalkşist seviyelerinde sıvama şeklinde görülmektedir. (Gökmenoğlu ve ark, 2014). Bedi ve ark, (2009), Formasyonun geç Maastrihtiyen öncesi yaşta olması gerektiğini ve Geç Kretase yaşlı olduğunu belirtmektedirler.

#### 4.1.3. Köseyahya Napı

Köseyahya napı Kışlaköy, Küçükkışla ve Kalaycık bölgelerini kapsayacak şekilde kuzey-güney yönünde yayılım göstermektedir.

Köseyahya napı genellikle kireçtaşlarından oluşmaktadır. Köseyahya napı kireçtaşları (farklı bölgelerde farklı özelliklerde görülse de) genellikle ayrışma yüzeyleri açık gri, beyaz, gri, bazen krem renkli ve masif görünümlüdür. Ayrıca birim çatlaklı, kırıklı, eklemli ve kalın-çok kalın, düzenli tabakalanmalıdır.

Köseyahya napının altında yer alan Ladiniyen-Karniyen yaşlı yumrulu kireçtaşı ve sparitik kireçtaşları 41 m, orta Karniyen yaşlı killi kireçtaşları 11 m, geç Karniyen yaşlı Ammonitico-rosso fasiyesi 2.90 m, Hallstatt kireçtaşları 4.55 m, Dachstein kireçtaşını da kapsayan Geç Triyas -Resiyen yaşlı Megalodont'lu ve algli sparitik kireçtaşları 250-500 m, Liyas yumrulu kireçtaşlarından oluşan

Ammonitico-rosso fasiyesi 0-40 m, Dogger yaşlı oolitik kireçtaşları 30-40 m, oolitik kireçtaşı, kalsitürbidit, çörtlü kireçtaşı ve çört ardalanimından oluşan Oksfordiyen-Kimmericiyen yaşlı Demirlitepe formasyonu 300-600 m, killi kireçtaşı ve çört ardalanimından oluşan Titoniyen-Senomaniyen yaşlı Özbey formasyonu 30-60 m kalınlık gösterir (Bedi ve ark, 2009). Köseyahya napı, E-Sektörü doğusunda bindirmeli tektonik dokanakla Geç Kampaniyen-Geç Maastrihthyen yaşlı Kemaliye formasyonu üzerinde bulunmaktadır. Köseyahya napı Pliyo-Kuvaterner yaşlı Ahmetçik formasyonu tarafından açısız uyumsuzla örtülmektedir. Köseyahya napı faylı bir yapıya sahiptir. Bu yüzden havzada bu nap birimlerinin bir çok kez birbiri üzerine faylanmış olarak yer aldığı görülmüştür (Bedi ve ark, 2009).

Köseyahya napı, Lütesiyen sonu ve Geç Miyosen yatay hareketleri nedeni ile Kemaliye formasyonu üzerinde tektonik olarak bulunur. Köseyahya napı Ladiniyen-Senomaniyen yaşlıdır (Bedi ve ark, 2009).

#### 4.1.4. Kemaliye formasyonu

Kemaliye formasyonu, genellikle yumuşak topoğrafya oluşturmakta ve bölgede geniş alanlarda yüzeylenmekte, döküntülü morfoloji ve düzlükler şeklinde gözlenmektedir (Bedi ve ark, 2009).

Kemaliye Formasyonu başlıca kumtaşı, çakıltaşı, bazik bileşimli volkanitler, şeyl ve kilaşlarından oluşmakta olup Köseyahya, Gülbahar, Munzur napına ait tektonik birimleri ve blokları içermektedir. Kemaliye formasyonu olistostromal özellikte olup tabanda düzenli fliş özelliği gösteren kaya birimleri ile başlar ve üzerinde ise farklı tür, boyut ve yaşlarda kayaşların blok ve tektonik birimlerini içeren bloklu fliş ile temsil edilir. Kemaliye Formasyonunda kum, çakıl ve kil boyutunda volkanik hamurdan oluşan, kırıntılı farklı blok ve tektonik birimler bulunmaktadır (Bedi ve ark, 2009).

Baskın olarak kumtaşından oluşmuş Kemaliye formasyonunda masif görünümlü çakıltaşları da yer almaktadır. Ara ara çok kalın tabakalıdır. Kumtaşları kıvrımlı yapıya sahip olup, yer yer mika pulcukları gözlemlenmektedir.

Formasyonun düzenli istif (fliş) özelliği gösterdiği kısımlarında silttaşı, kumtaşı aralanmasının yanısıra formasyonda çok sık görülmeyen volkanitler (bazik lav akıntısı) de yer almaktadır. Formasyon ile diğer birimler arasında ve özellikle bindirme fay zonlarında milonitler oluşmuştur. Formasyon değişken kalınlığa sahip olup 10-300 m arasında kalınlığa sahiptir. Formasyonda yanal yönde çok sık fasiyes değişimi gözlenmektedir (Bedi ve ark, 2009).

Kemaliye formasyonu içerisinde marn, silttaşı ve kilttaşlarından elde edilen planktonik, nanoplankton foraminiferlerinin yaşları birbirleri ile uyumlu olduğundan Kemaliye formasyonun yaşı geç Kampaniyen-geç Maastrichtiyen olarak tanımlanmıştır (Bedi ve ark., 2009).

#### 4.1.5. Gıdya Birimi

Organik materyal bakımından zengin gıdya “organik sediman çamuru” olarak tanımlanmaktadır. Litolojik olarak kil ve silt aralanmasından oluşan birim yer yer kömür bantları içeren sedimanter bir turba çökelidir. Gri, bej renklerin hakim olduğu gıdyada gastropod, midye faunasına ait fosiller ve bitki kalıntıları bol miktarda gözlenmektedir.

**Gri Gıdya:** Kömür içeren katman üzerinde uyumlu olarak gri gıdya katmanı bulunmaktadır. Kahvemsı gri-koyu gri renkli, killi seviyelerden oluşmaktadır. Katman orta-kalın tabakalı olup, çok yumuşaktır. Katman içerisinde 6-52 cm kalınlığında kömür bantları bulunmaktadır. Ayrıca, katman içerisinde merceksi yapılar şeklinde kumlu ve siltli birimler yer almaktadır. Katmanda karakteristik olarak Gastropod fosilleri çok yoğun bir şekilde bulunmaktadır. İçerisindeki Ostrocodlarda yapılan çalışmalar sonucunda birimin yaşı Pliyosen-Pleistosen olarak belirlenmiştir (Gürsoy ve ark, 1981). Ayrıca yapılan jeoteknik



sondajlarda gri gidya biriminin kalınlığının 2,00-59,10 m arasında değiştiği tespit edilmiştir.

**Bej Gidya:** Bej gidya, gri gidya katmanının üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Katman açık kahve-bej renkli, bol gastropod fosili içeren, killi siltlerden oluşmaktadır. Bej gidya içerisinde 5 cm kalınlığında kömür bantları gözlenmektedir. Bej Gidya katmanı E Sektörünün güneyinde kalın kuzeyinde ise incedir. E sektöründe açılmış sondajlarda bej gidya katmanı kalınlığının 41,00-90,10 m arasında değiştiği görülmüştür.

Afşin Elbistan kömür havzasında kömür tabakalarının ardalanmasında gidyalar yer almaktadır. Bunlar başlıca gastropod faunasına bağlı gölssel gastropod, midye ve ostracod topluluğundan oluşmaktadır. Bu fosiller daha çok planorbis fosil topluluklarını oluşturmaktadır (Namlı ve ark., 2014).

Bu fosiller sığ gölssel ortamları yaşam alanı olarak tercih etmektedirler . Bu nedenle Afşin Elbistan kömür havzasında göl alanı sığ ve geniş bir alanı temsil etmekle birlikte yer yer farklı dönemlerde kömür ve gidya oluşumları gerçekleşmiş olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle Kömür tabakasının üst ve altı arasında bir oluşum zaman farklılığı olacağı söylenebilir. (Namlı ve ark., 2014)

Kahramanmaraş Afşin Elbistan Kömür havzasında farklı kalınlık, renk ve yayılım sergileyen gidyaların özellikleri incelenmiştir. Yapılan arazi, mineraloji, petrografi, konfokal Raman spektroskopisi sonuçlarına göre 3 farklı gidya ürünü tespit edilmiştir. Bunlardan

- a) Kahvemsiz bej renkli olanlar %30-40 oranında odunumsu kömür, kömür ve organik ürün içermektedir. Bunlar Raman spektrometre sonuçlarına göre siyah karbon ve karbonatlı karbon içermektedirler. Bu gidyaların kalori değerleri >900 cal dır.
- b) Koyu grimsiz bej renkli olanlar %20-30 oranında kömür ve organik ürün içermektedirler. Burada gastropod fosilleri egemendir. Bunlar Konfokal

Raman spektromterelerinde kömür ve killi kömür içerdikleri belirlenmiştir. Bunların kalori değerleri 600-900 cal arasındadır.

- c) Bej ve açık renkli bej gidyalardan oluşmaktadır. Bunlar daha çok kil ve karbonat içermektedirler. Kuvars, kalsit, kil ve amorf silicaların yanında kömür nodülleri içermektedirler. Bunların konfokal Raman spektroskopisine göre, daha çok kil, kalsit ve karbonatlı kömür içerdikleri belirlenmiştir. Kalori değerleri <600 cal olduğu belirlenmiştir.

Kömürlerin kimyasal bileşimlerine bakıldığında organik ürün ve özellikle karbon miktarının fazla olduğu ancak fosil oranı az olduğu için gidyaya göre oldukça az oranda  $\text{CaCO}_3$  ve Sr içermektedir. Afşin-Elbistan Kömür havzası Kışlaköy Sektöründe yapılan Ground Penetrating Radar (GPR) çalışmalarına göre gidyalı tabakaların düşey yönde yayılım gösterdiği gibi yanıl olarak az oranda mercekli yapı gösterdiği ve killi gıdyı ve gıdyı şeklinde devam ettiği ve kalınlıklarının ara ara kömürden daha fazla olduğu görülmüştür (Namlı ve ark., 2014).

Gidyalar mineralojik olarak başlıca karbonat, kil, kuvars, amorf silis ve gastropod, planorbis fosilerin yanında kömürleşmiş odun, kömür lifleri ve bantlarından oluşmaktadır .

Gidyalar el örneğinde kuru halde bej renkli, ıslak ve nemli halde daha çok yeşilimsi gri renklidir. Gidyaların içermiş olduğu kömürleşmiş odun, kömür ve organik içerik oranlarına göre renkleri koyulaşmaktadır. İçermiş olduğu bol fosil içeriklerine göre karbonat içerik oranları da artmaktadır (Namlı ve ark., 2014).

#### 4.1.6. Ahmetcik formasyonu

Ahmetcik formasyonuna ait birimler Çöllolar ve Kışlaköy kömür işletme alanlarında ve bu bölgelerde açılmış sondaj kuyu loglarında çok net görülmektedir.

Bu formasyonun alt birimini kömür içeren göl çökelleri, üst birimini ise akarsu çökelleri oluşturmaktadır. Alt birim olarak Ahmetçik Formasyonunun tabanında yatay tabakalı kömürlü seviyeler içeren, plastik özellik gösteren, kısmen ince çakıllı, yeşil renkli, kiltaşları yer almaktadır (Gökmenoğlu ve Aslan, 2013).

Bu kömür tabakaları üzerinde akarsu çökelleri yer almaktadır. Havzayı sınırlayan normal faylarla yükselen topografik bölgelerden havzaya taşınan malzemeler örgülü nehir çökelleri ve alüvyal yelpaze oluşturacak şekilde taşınarak Ahmetçik formasyonunun üst birimini oluşturmuşlardır (Bedi ve ark, 2009).

Ahmetçik formasyonunun üst birimi, alt birimi ile geçişlidir. Ayrıca Ahmetçik formasyonu üst birimi, temel kaya birimleri üzerine açılmal uyumsuzlukla yerleşmiştir (Bedi ve ark., 2009).

Bedi ve ark., (2009) Ahmetçik formasyonunun üst birim kalınlığının 50-250 m arasında, alt birim kalınlığının ise 100-200 m arasında değiştiğini ve formasyon yaşının Erken Pliyosen olduğunu belirtmişlerdir.

#### 4.1.7. Alüvyon

Alüvyon yelpazesi havzayı sınırlayan normal faylarla yükselen topografik bölgelerden yükseltisi daha az olan düzlüklerin basamak oluşturduğu alanlarda gözlemlenmiştir. Kışlaköy Fayı doğrultusunda, güneye doğru akan akarsular, havzaya alüvyon yelpaze oluşturan malzemeleri taşımışlardır. Alüvyon yelpaze çökelleri genellikle uzak bölümden yakın bölümlere doğru, çamurtaşı, kalışli siltaşı, kumtaşı ve çakıltası olarak çökelmişlerdir (Bedi ve ark., 2009).

#### 4.1.8. Yamaç Molozu

Yamaç molozları blok boyutunda kötü boylanmış taneli, yarı tutturulmuş köşeli çakıllardan oluşmuştur.

#### 4.2. Tektonizma ve Faylar

Afşin-Elbistan havzasında KB-GD doğrultulu normal faylar sağ yanal atım bileşenli, KD-GB doğrultulu olanlar ise sol yanal atım bileşenli olup bunların büyük çoğunluğu, havzanın açılmasında etkin olmuş ve Neotektonik birim olan Pliyo-Kuvaterner yaşlı Ahmetçik formasyonunun çökelimini sağlamıştır (Bedi ve ark., 2009).

Gösel istifin geniş bir yayılım sunduğu Afşin Elbistan havzası, öncelikle doğu ve batısındaki normal faylar veya normal bileşeni olan yırtılma fayları tarafından şekillendirilmiş bir depolanma alanıdır. Havzayı sınırlayan faylar ve havza içi faylar, doğrudan grabenleşmeye ve tedrici gömülmeye, dolaylı olarak da turba gelişimine neden olmuştur. Daha sonra gelen sismik aktivite ise kömür üstü çökelmeyi sağlamıştır. Havzayı kuşatan fayların, geç evrede sebep olduğu çökme ile askıda kalan yüksek alanlardan yüksek enerjili hızlı taşınmayla kaba kırıntılı örtü çökelleri gelişmiştir. Elbistan çöküntü havzasının oluşumunda etkin tektonizma ile gelişen normal faylar, istifin çökme sürecine ve stratigrafisine yansımıştır. Faylanma ile sürekli alçalan tavan bloğunda çökel kalınlaşmasına sebep olan büyüme fayları yaygın olarak gözlenmektedir. Havza içerisinde bu tipte, çökelmenin farklı evrelerinde gelişmiş çok sayıda büyüme fayları bulunmaktadır. Geçmişte yapılan araştırma sondajlarına ve havza içi MTA sondajlarına göre kömür tavanı yatay olduğu halde, kömür taban kotlarının ve kömür kalınlıklarının havza içinde değişmesi, kömür kalınlaşmasına sebep olan büyüme faylarının ve atımların varlığını ortaya koymaktadır (Gözübol ve ark., 2012).

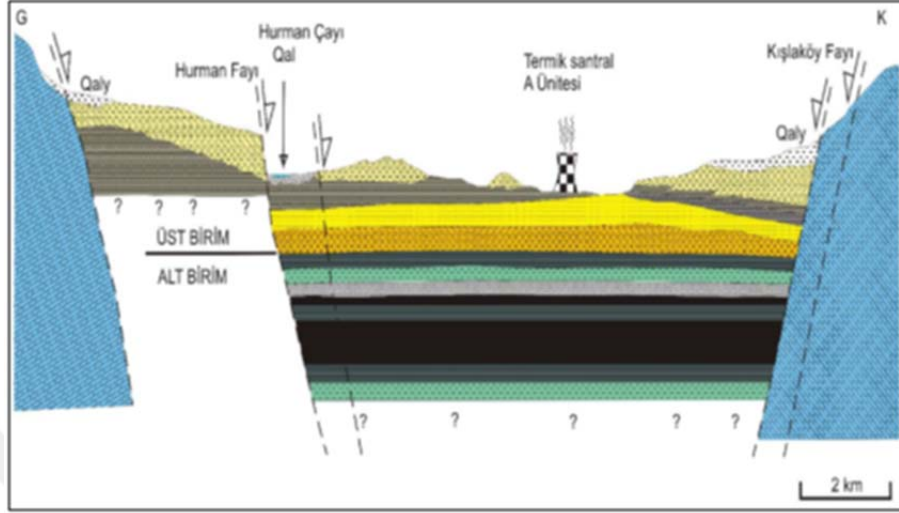
Afşin-Elbistan kömür işletme bölgesi düz ve güncel alüvyonlarla örtülü bir ova olduğundan yüzeyde herhangi bir süreksizlik gözlenmemektedir. Sondajlarda kömür damarlarının yatay konumlu olduğu belirlenmiştir. Kömürlü zonun batıya doğru kalınlaşması ve taban seviyesinin derinleşmesi, havzanın oluşumunda sedimantasyonla eş yaşlı fayların varlığını göstermektedir (Gözübol ve ark., 2012).

Kışlaköy fayı, havzayı Kaşanlı, Kışlaköy ve Doğanköy köyü hattı boyunca takip etmekte olup KB-GD doğrultuludur. GB'ya eğimli olan Kışlaköy fayı, kömürlü göl çökellerinin oluşmasını sağlamış ve havzanın Erken Pliyosen'de çökmesini denetlemiştir. Kışlaköy fayı, temel birimler ile Ahmetçik Formasyonunu sınırlamakta ve Alüvyonlar tarafından örtülmektedir. Bedi ve ark., (2009) Kışlaköy fayını Doğanköy'e kadar uzatmış burada örtülü olduğu için sonlandırmışlardır. Ancak yapılan sondajların log korelasyonlarının değerlendirilmesi sonucunda bu fayın Alüvyon altında örtülü olarak Çiçekköy güneyine kadar devam ettiği saptanmıştır (Gözübol ve ark., 2012). Fay aynasının en belirgin görüldüğü yer Kışlaköy'nün doğusudur.

Hurman fayı, havzada Tanır kasabasının güneyinden başlayıp güneydoğuya doğru Hurman Çayı boyunca devam etmektedir. İğdemlik köyünden sonra doğuya yönelerek Elbistan kuzeybatısında alüvyonların altında kaybolur.

Kesikli gözlenen fayın uzunluğu yaklaşık 30 km kadardır. Fay düzlemi doğrudan gözlenemese bile, Hurman fayı jeolojik ve morfolojik verilere göre sağ yanal atım bileşenli normal fay olup, KB-GD doğrultulu ve KD'ya eğimlidir (Şekil 4.2.). Hurman Çayı günümüzde Hurman fayının düşen bloğu üzerinde yatağını oluşturmuştur. Yükselen ve düşen bloklar üzerinde yapılan sondajlarda geçilen stratigrafik birimlerin metraj derinliklerinin farklı olduğu belirtilmektedir (Gözübol ve ark., 2012).

Hurman fayına koşut konumda Afşin tarafında KB-GD doğrultulu, KD'ya eğimli basamaklanan ve temel birimleri ile Ahmetçik formasyonu üst birimini yan yana getiren kesikli çizgisellik normal bir faya karşılık gelmektedir .



Şekil 4.2. Afşin-Elbistan Kömür havzasının enine kesiti (Bedi ve ark., 2009).

### 4.3. Jeolojik Tarihçe

Afşin-Elbistan havzasının stratigrafik, sedimantolojik ve yapısal özelliklerine bakılarak iki ayrı evrede tektonik gelişim gösterdiğini söylemek mümkündür. Bölgenin daha kuzeyinde ve yüksek topografyaya sahip alanlarında, olası Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı ve birincil evrede sıkı kıvrımlı yapıların gözlemlendiği Karamağara havzası oluşmuştur. İkinci evrede ise, daha güneyde ve düşük topografik seviyelere sahip alanlarda Pliyo-Kuvaterner yaşlı, genelde yayvan kıvrımlı kalın kömür tabakaları içeren, altta göl, üstte ise akarsu çökellerinden oluşmuş Afşin-Elbistan Havzası gelişmiştir (Yusufoğlu ve ark., 2005).

E Sektörünün doğusunda Pliyosen ve sonrasında KB-GD doğrultulu, GB'ya eğimli, sağ yanal atım bileşenli normal fay olan Kışlaköy fayı ile havzanın güneybatısında BKB-DGD doğrultulu ve KD'ya eğimli, sağ yanal atım bileşenli normal fay olan Hurman fayı gelişmiştir (Bedi ve ark., 2009). Afşin-Elbistan Kömürleri İşletmesi (AEL)'ne ait Kışlaköy açık ocağının havza kenarında yer alan doğu şevlerinde Ergüder ve ark., (2000)'nin yapmış olduğu jeofizik etütler ile KB-GD doğrultulu yaklaşık birbirine paralel eğim atımlı normal faylar tespit edilmiştir.

Jeofizik çalışmalar sonucu tespit edilen fayların eğim derecesi  $85^{\circ}$ 'nin üzerindedir. Akbulut ve ark., (2007)'nin yaptığı çalışmada ise 2006 yılında AEL Kışlaköy ocağının doğu şevlerinde gelişen heyelan sonucu yüzeylenen bu fayların eğiminin  $65^{\circ}$  ile  $85^{\circ}$  arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kışlaköy fayı, kömürlü göl çökellerin oluşumunu sağlamış ve havzanın Alt Pliyosen 'de çökmesini denetlemiştir.

Çalışma kapsamında arazi incelemeleri esnasında Küçükkışla yerleşim yeri civarında Kışlaköy fayına, Kuşkayası yerleşim yeri civarında ise Hurman fayına yaklaşık dik olan düşey atımlı normal faylar tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışma kapsamında yapılan jeoteknik sondajlarda E-JS 65 ve E-JS 67 nolu sondajlarda fay breşi ve E-JS 63 nolu sondajda temele ait kireçtaşları kesilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucu havzanın güneybatısında yer alan Hurman çayının kuzeyinde ve yaklaşık Hurman çayına paralel konumda gömülü bir fay daha belirlenmiştir.

Hurman çayının güneyinde Yaralı tepe mevkiinde Çayderesi formasyonu tektonik dokunakla (bindirme) Karaböğürtlen formasyonu üzerine gelmektedir.

#### 4.4. Jeolojik Model

E sektöründe işletilmesi planlanan kömür rezerv miktarının güvenli çıkartılabilmesi için gıdya birimi oldukça büyük öneme sahiptir. Bej ve Gri Gıdyanın E Sektöründe kalınlık dağılımı ve geçirimsizlik parametrelerinin değişkenlik gösterdiği göz önüne alınarak sayısal yeraltı suyu akım modeline bir altlık oluşturması amacıyla inceleme alanı litolojik birimlerinin yeraltındaki dağılımları, çalışma alanı ve çevresinde açılmış ve litolojik kuyu loglarına ulaşılabilmiş birimlerin 3 boyutlu yayılımları belirlenmiştir. Jeolojik modelin oluşturulmasında kullanılan kuyulara ait lokasyon haritası ve E-Sektörü yeraltı suyu akım modelinin sınırları Şekil 4.3.'de verilmiştir.

Kuyu loglarında yer alan litolojik tanımlamalar arasında ciddi farklılıklar bulunmaktadır. Farklı tarihlerde açılmış kuyulara ait loglar bir araya getirildiğinde, aynı litolojik birimin farklı biçimlerde adlandırıldığı görülmektedir. Bu nedenle, jeolojik modelin türetilmesi sırasında bu loglarda yer alan bilgilerin uyumlaştırılması gerekmiştir. Uyumlaştırma sırasında, E Sektörü için geliştirilen yeraltı suyu akım modelinin sınırları içinde yer alan kuyulardaki (Şekil 4.3.) tüm litolojik tanımlamalar, Şekil 4.4.'de verilen stratigrafik istif ile uyumlu hale getirilmiştir (Gül ve ark., 2018). Litolojik birimler için standart bir renklendirme şeması üretilmiş ve her bir litolojik birim için bu standart renkler kullanılmıştır.

Akbulut ve ark., (2017) tarafından kömürlü seviyelerin tabanında yer alan taban kilinin yayılımı üzerine gerçekleştirdikleri jeofizik çalışma sonucunda genç çökellerin tabanı ya da temel birimlerin tavan kotu için hesapladıkları derinlikleri bu çalışmada jeolojik model oluştururken kullanılmıştır. Bu jeolojik model de (Şekil 4.5.), sayısal yeraltı suyu akım modelinin altlığını oluşturmaktadır. Yeraltı suyu akım modeli alanında, her litolojik birimin hidrolik özellikleri ve düşük geçirimsizliğe sahip zonlar ile yüksek geçirimsizliğe sahip zonlar da jeolojik model esas alınarak dağıtılmıştır. Jeolojik modelleme LeapFrog3D yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Jeolojik modelin üst sınırı topografya, tabanı ise 750 m olarak alınmıştır.

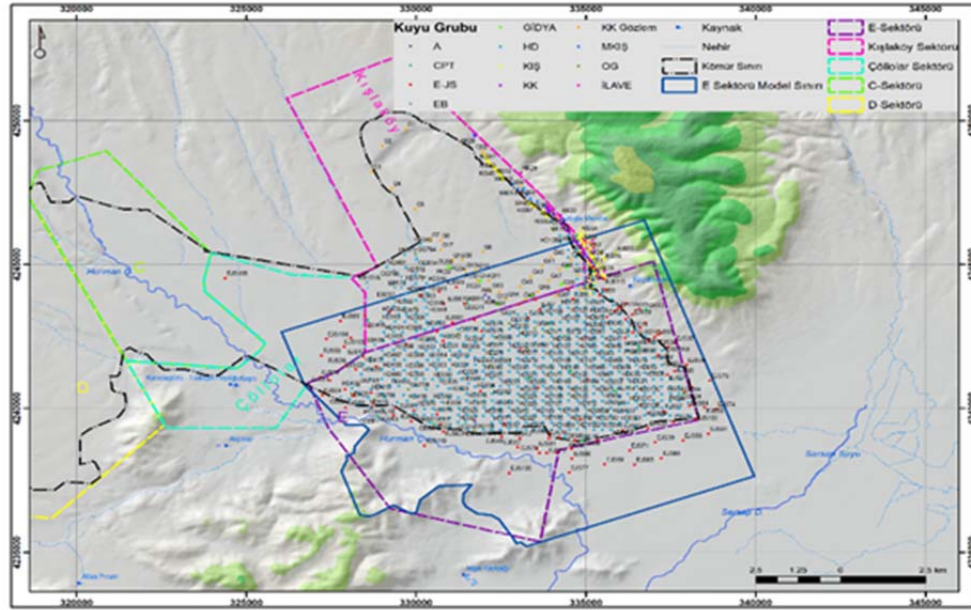
İnceleme alanında yer alan kuyular, çoğunlukla kömür tabanına inmekte, kömür geçildikten sonra sona ermektedir. Kömürün altında bulunan killi seviyeleri geçen kuyular, Akbulut ve ark., (2017)'nin çalışması sırasında açılan E-JS105, E-JS106, E-JS108, E-JS111, E-JS112, E-JS113 ve E-JS114 nolu kuyulardır.

Sondaj loglarının değerlendirilmesi sonucunda kesilen birimlerin kalınlıklarının; lehim birimi 6,20-52,80 m, mavi-yeşil kil 1,90-53,10 m, göl sel kireçtaşı 1,80-10,00 m, bej gidya 13,10-107,30 m, gri gidya 3,60-73,50 m, kömür horizonu 1,90-74,60 m arasında değiştiği tespit edilmiştir. E Sektöründe bej gidya

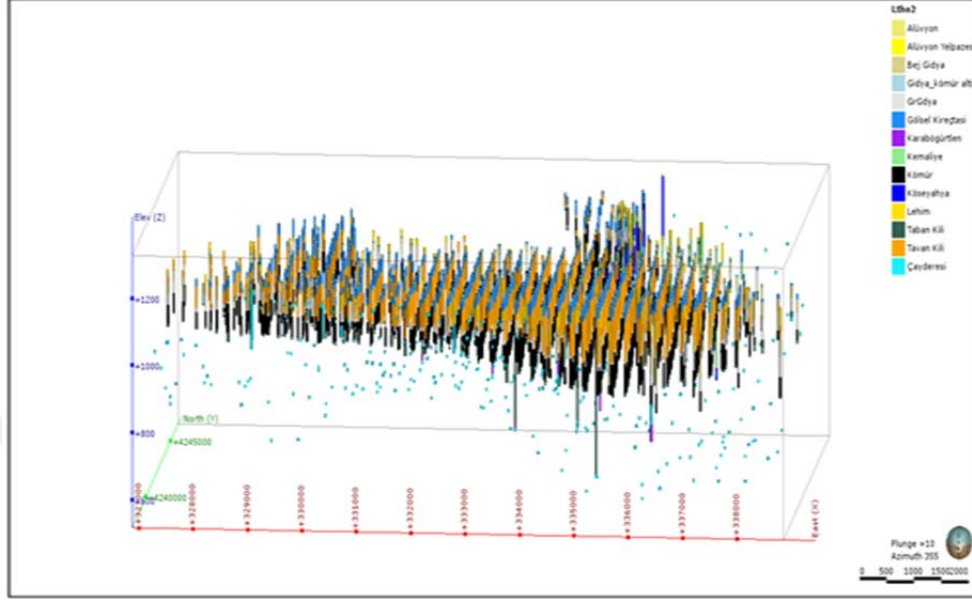


yaklaşık 20-30 m kalınlıkta gözlenmişken, çalışma alanı batısında 50-80 m kalınlıkta kesilmiştir.

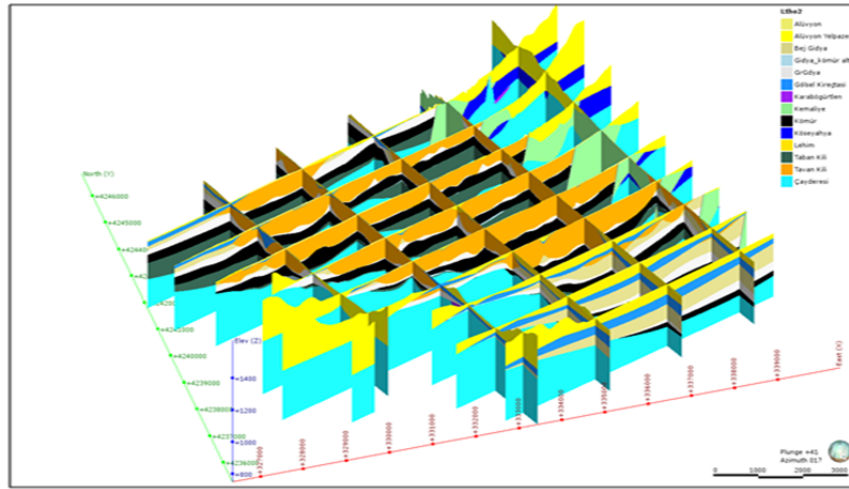
Çalışma sahası ve çevresinde yer alan Paleozoyik ve Mesozoyik karbonatlı kayalar en önemli yeraltı suyu taşıyan birimleri oluşturmaktadır. E-Sektöründe, kömür seviyelerinin tabanında bulunan ve geçirimsiz sayılabilecek taban kilinin yayılımı, karbonatlı kayalardan işletme sahasına doğru gerçekleşebilecek akımın miktarını kontrol etmektedir. Benzer biçimde Karaböğürtlen formasyonu ile heterojen bir hidrolik iletkenliğe sahip Kemaliye formasyonunun düşük geçirgenliğe sahip kesimleri, karbonatlı birimler ile genç çökeller arasında yeraltı suyu hareketini de kontrol etmektedir.



Şekil 4.3. Jeolojik modelde kullanılan kuyulara ait lokasyon haritası ve E-Sektörü yeraltı suyu akım modelinin sınırları (Gül ve ark., 2018)



Şekil 4.4. Jeolojik modelin oluşturulmasında kullanılan kuyu loglarına dayalı stratigrafik istif (Gül ve ark., 2018).



Şekil 4.5. E-Sektörü yeraltı jeolojisi modeli (Gül ve ark., 2018)

E-Sektörünün doğusundan geçen Kışlaköy fayı nedeniyle, kömür katmanları ile karbonatlı birimler arasında Kemaliye formasyonu yer almaktadır. Kemaliye formasyonun geçirimsiz ya da düşük geçirimsizliğe sahip seviyeleri,

yeraltı suyu akımı açısından bir bariyer oluşturmakla birlikte, formasyonun geçirgen bölümlerinden bir su alışverişi mümkün görünmektedir. E-Sektörünün önemli bir kısmında, taban kili, kömür ile Çayderesi formasyonu arasında bir bariyer oluşturmaktadır. Buna karşılık, taban kilinin incelendiği ya da hiç bulunmadığı kesimlerde (havzanın batı ve güney sınırları) Çayderesi formasyonu ile kömür katmanları dokanak halinde görülmektedir.

Özellikle E-Sektörünün doğusunda açılmış kuyularda, oldukça kalın alüvyon yelpazesi olarak tanımlanan birimler olduğu görülmüştür. Genellikle blok boyutunda malzeme içeren bu birimin doğrudan temelde yer alan Çayderesi formasyonu ya da Köseyahya Napı karbonatlarının üzerinde olduğu görülmektedir. Alüvyon yelpazenin kuyu loglarında tanımlanan özellikleri, Kemaliye formasyonunun geçirgen kesimlerine benzemekte olup yeraltı suyu akım modelinde yüksek geçirgenlik değerleri ile temsil edilmiştir.

Kömür ve gıda katmanları iki kil katmanının arasında yayılmaktadır. Kil katmanlarının kalınlığı ova ortasına doğru artmakta yamaçlara doğru azalmaktadır. Taban kili en büyük kalınlığa ova ortasında ulaşmaktadır. E-Sektöründe lehim ve gölsel kireçtaşı altında bulunan killi seviyeler geniş bir yayılım göstermekte olup yüzey suları ve yüzeğe yakın yeraltı suyu içeren birimler ile kömür ve gıda arasında oldukça kalın bir bariyer oluşturmaktadır. Bu kil tabakası bir örtü tabakası olarak davranmakta ve daha altta bulunan birimler içinde yeraltı suyu hareketinin basınçlı/yarı basınçlı koşullarda olmasına neden olmaktadır.

Özellikle E-Sektörünün doğusunda açılmış kuyularda, oldukça kalın alüvyon yelpazesi olarak tanımlanan birimler olduğu görülmüştür. Genellikle blok boyutunda malzeme içeren bu birimin havza kenarlarında doğrudan temelde yer alan Çayderesi formasyonu ya da Köseyahya Napı karbonatlarının üzerinde olduğu görülmektedir.

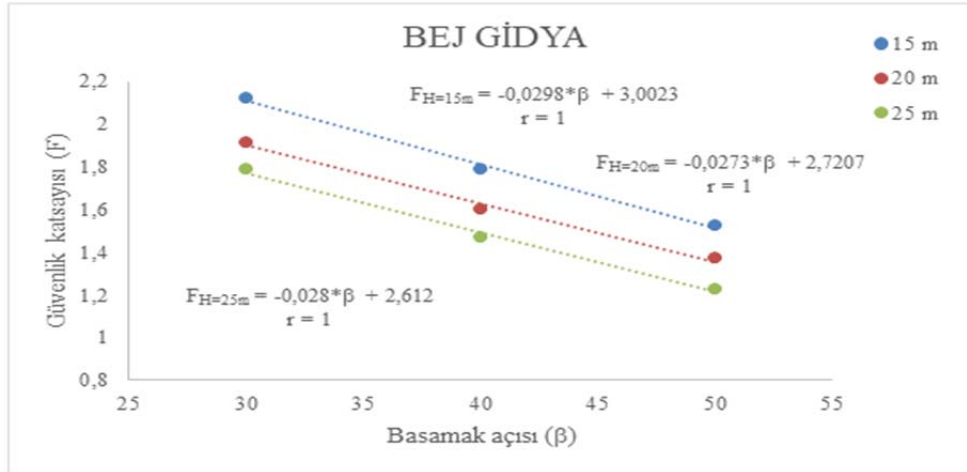
Çalışma alanında genel olarak geniş bir yayılım ve kalınlık gösteren gıda birimi ve litolojik içeriği dikkate alındığında gidyanın şev stabilitesi için önem arz

ettiği görülmektedir. Akbulut ve ark., (2007) Kışlaköy ocağında yapmış oldukları çalışmada farklı litolojilerde farklı kayma modellerinde yenilmeler tespit etmiştir. Lehim birimi içerisinde dairesel kayma, gri gıdya birimi ve kömür horizonu içerisinde ise bloklu kayma modelinde gelişmiş olan duraysızlıklar belirlemiştir.

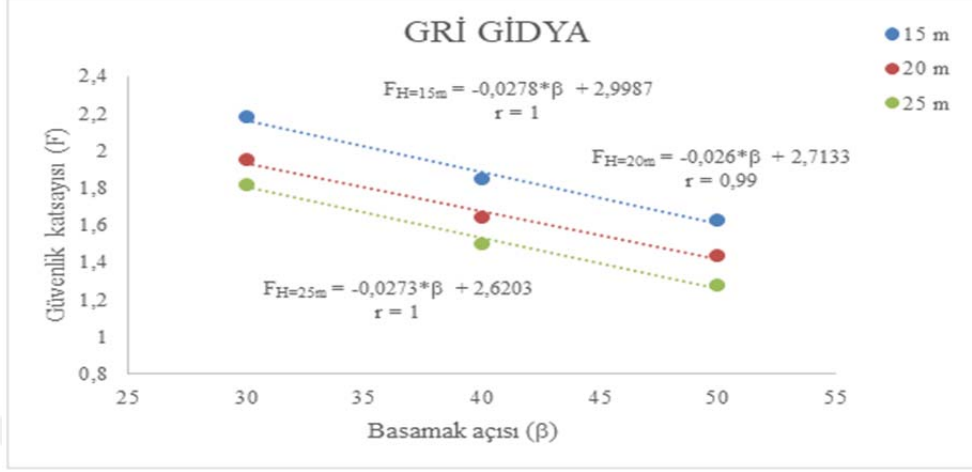
Bu çalışmada lehim birimi, bej gıdya, gri gıdya, taban kili ve Kemaliye birimi için dairesel kayma, kömür horizonu için bloklu kayma modelinde yenilmelerin olacağı öngörülmektedir. Akbulut ve ark., (2007)'nin belirttiği gibi bej ve gri gıdya biriminde bloklu kayma modelinde yenilmelerin olabileceği de dikkate alınmıştır.

Tektonik yapı dikkate alındığında E Sektöründe Kışlaköy fayının etkisi altında ve aynı şekilde Hurman çayına paralel gelişmiş Hurman fayı boyunca da bloklu kayma modelinde duraysızlıkların gelişebileceği öngörülmüştür.

Bu kapsamda ocak şevlerinin oluşturulmasında bej ve gri gıdya için hazırlanmış farklı şev yükseklikleri (H) için; “Şev açısı (β)-Güvenlik Katsayısı (F)” ilişkisi Şekil 4.6. ve Şekil 4.7.’de verilmiştir.



Şekil 4.6. Bej gıdya biriminde farklı şev yükseklikleri (H) için; “Şev açısı (β)-Güvenlik Katsayısı (F)” ilişkisi (Akbulut, ve ark, 2015b).



Şekil 4.7. Gri gıdyada farklı şev yükseklikleri (H) için; “Şev açısı (β)-Güvenlik Katsayısı (F)” ilişkisi (Akbulut, ve ark, 2015b).

#### 4.5. Hidrojeoloji

##### 4.5.1. Meteorolojik veriler

Havzayı temsilen Göksun, Elbistan, Afşin, Pınarbaşı (Kayseri), Balaban, Sarız, Gürün ve Çardak Meteoroloji İstasyonlarının yağış, buharlaşma ve sıcaklık değerleri aylık bazda Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden temin edilmiştir.

Afşin Elbistan Kömür havzası, Afşin ve Elbistan Meteoroloji İstasyonlarının arasında kalan bir bölgedir. Ancak, iklim davranışı olarak Afşin bölgesini ve rakımı daha doğru temsil etmesi nedeni ile, değerlendirmeler Afşin Meteoroloji İstasyonunun verileri üzerinden yapılmıştır.

Afşin Meteoroloji İstasyonu’nun 1971 ile 2012 yılları arasındaki verileri kullanılarak ortalama yıllık yağış 418,73 mm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1.).

Aynı dönemde (1971-2012) yapılan sıcaklık ölçümlerine göre ise 10,38°C yıllık ortalama sıcaklık belirlenmiştir. Yıl içerisindeki en yüksek sıcaklık Temmuz ve Ağustos aylarında olurken Ocak ayı en düşük sıcaklık ortalamasına sahiptir (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.1. 1971-2012 yılları Afşin Meteoroloji İstasyonu yağış verileri

YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	YILLIK
1971	11,7	38,3	76,4	70,6	19	15,5	0,6	22,5	0,2	24,9	47,4	34,1	361,2
1972	20,5	19,7	14,1	70,9	60,7	79,1	1,1	9	14,2	34,8	39,2	0,5	363,8
1973	38,5	29,5	18,5	52,2	33,7	8,8	0,3	0	15,1	11,4	39	26,8	273,8
1974	38,1	19,8	43,8	56,8	8,3	4,3	0	11,4	16,9	23,9	19,7	63,6	306,6
1975	52,4	66,7	19,2	77	34,3	2,9	1,4	0,6	13,2	1,7	21,6	42,1	333,1
1976	97,8	46,6	32	81,9	94,3	13,9	11,9	0	8,2	81,6	38,5	46	552,7
1977	38,4	60,8	90,5	103,3	35,7	14,2	13,4	0	11,9	14,5	1,4	59,3	443,4
1978	117,6	38,6	65,2	61,7	41,4	5,1	0	0	12,8	64,9	0,5	56,3	464,1
1979	95,2	89	18,5	34,2	50,3	18,4	47	0	0,2	31,5	87,5	64,6	536,4
1980	95,3	33,1	82,2	55,1	108,3	3,5	2	0	0,5	27,1	33,2	59,2	499,5
1981	99,9	57	52,1	41,9	33,4	29,7	0	1,7	5	24,4	28,5	119	492,6
1982	22,3	29,4	55,8	51,4	57,1	4,3	3,7	1,1	8,9	15,5	28	53,6	331,1
1983	40,7	67,2	48,8	52,5	45,9	40,6	0	1,9	0	47,2	95,6	18,6	459
1984	67	24,7	55,5	67	32,7	9,9	0	0	-	-	-	-	256,8
1985	27,6	58,7	40,4	29,7	16,2	33,8	0	0	3,5	76,8	17,5	-	304,2
1986	33,2	42,1	8,4	19,6	86,5	34,5	0	0	7,4	64,7	54,8	97,5	448,7
1987	86,3	27,8	104,4	24,7	13,3	12,1	1,3	3,8	0	36,9	73,9	105	489,5
1988	23,9	36,7	155,1	62,7	36,5	29,5	2,1	0,4	2,6	71	82,6	48,7	551,8
1989	11,6	3,8	59,7	19,5	3,7	21,7	0,2	0,2	13	54,7	139	68,3	395,4
1990	36,8	53,9	8	29,6	48,3	2	1,6	0,7	8,9	30,4	32	48,8	301
1991	44,1	60,4	70,2	67,2	43,1	22,5	0	0	12,6	47,5	79,2	116,7	563,5
1992	21,7	68,1	33,3	26,7	112,1	15,5	12,6	0	1,8	10,1	69,2	95,3	466,4
1993	21,7	35,1	36	40,7	151,2	21,6	0,2	2,4	0	25,5	10	25,2	369,6
1994	101,5	57,4	18,8	43,3	44,4	0,9	0,2	1	5,6	42,3	50,3	77,1	442,8
1995	58,1	20,1	39,5	90,8	60,4	51,8	10	1	8,6	36,2	88,3	7,1	471,9
1996	43,5	28,7	97,8	106,9	59,6	1	1,8	1	20,4	40,7	13,2	89,4	504
1997	23,9	43,9	16,5	77,8	27,4	6,8	6,6	0,6	16	38,5	18,6	52,3	328,9
1998	38,6	8,9	96,8	101,2	51,3	12,8	2,6	1,6	2,1	28,3	91,6	96	531,8
1999	49,2	47,7	53,9	30,7	31,1	13,7	4,6	2,3	9,6	35	12,1	51,2	341,1
2000	133,7	54,6	62	47,4	24,3	0,7	0	4,2	23,3	54,3	20,3	45,9	470,7
2001	9,1	38,9	52,7	52,7	59,9	0	0	1,8	1,4	15,5	42,3	136,6	410,9
2002	48,6	59	49,4	68,1	22,9	9,4	6,8	5,5	10	11,6	24,9	43	359,2
2003	52,8	106,9	90,5	73,4	44,4	19,9	0	0	25,4	18,9	24,2	70,9	527,3
2004	106,7	29,7	12,7	43,1	44,6	2,5	1	0	0	3,2	112,9	21,9	378,3
2005	53,7	39,6	34,2	43,4	28,4	18,2	5,8	0,4	8	52,6	32,4	36,7	353,4
2006	31,8	53,3	57,5	37,2	23,1	12,2	7,5	2,8	3,5	77,1	18,9	0	324,9
2007	20,3	81,1	27,9	56,5	60,4	30,9	5,7	2,3	0	59,9	95,4	40	480,4
2008	35,9	60,7	63	22,2	43	6	0	3,5	26,3	27,8	35,9	49,4	373,7
2009	28,2	78,3	28,8	71,1	41,5	12,1	3,4	0,3	14,6	14,9	72,8	63,2	429,2
2010	96,8	34,4	16,7	63,4	29,4	23,4	1	0	0,2	47,9	0	136,8	450
2011	41,6	52,8	64,6	92	50	35,4	12,8	0,2	32,4	21	57	36,2	496
2012	98,4	79,8	16,2	42	42,2	23,6	0,2	2,2	0,2	0	0,8	0	305,6
ORT.													418,7

Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen aylık buharlaşma değerlerinin beklenen değerlerden yüksek olması ve buharlaşma ölçümlerinin düzenli olarak yapılamaması nedeni ile Afşin Meteoroloji İstasyonu'na ait yıllık ortalama sıcaklık ve yağış değerleri kullanılarak, "Turc" formülasyonu ile yıllık ortalama buharlaşma-terleme değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.3.). Buna göre de uzun yıllar buharlaşma ortalaması olarak 267,48 mm değeri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2. 1971-2012 yılları arası aylık ortalama sıcaklık verileri .

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort.Sıcaklık (°C)	-3,25	-1,42	3,96	10,08	14,76	19,41	23,45	23,12	18,36	11,94	4,57	-0,40

Çizelge 4.3. 1971-2012 yılları Turc Yöntemi yıllık buharlaşma değerleri (mm)

Yıllar	Σ Yağış (mm)	Ort. Sıcaklık (°C)	Σ Buharlaşma (mm)	Yıllar	Σ Yağış (mm)	Ort. Sıcaklık (°C)	Σ Buharlaşma (mm)
1971	361,2	10,5	258,13	1993	369,6	9,4	241,64
1972	363,8	9,0	232,09	1994	442,8	11,2	294,82
1973	273,8	10,0	216,99	1995	471,9	10,4	284,57
1974	306,6	10,1	231,92	1996	504	11,2	309,86
1975	333,1	8,9	222,07	1997	328,9	9,8	236,34
1976	552,7	8,4	244,62	1998	531,8	11,3	317,95
1977	443,4	9,8	265,65	1999	341,1	11,2	261,78
1978	464,1	10,9	293,37	2000	470,7	9,6	265,74
1979	536,4	11,1	312,41	2001	410,9	12,0	300,63
1980	499,5	9,6	269,32	2002	359,2	10,1	250,28
1981	492,6	11,0	301,60	2003	527,3	10,5	296,36
1982	331,1	9,6	234,28	2004	378,3	10,4	260,79
1983	459	9,2	254,81	2005	353,4	10,6	256,05
1984	256,8	11,5	223,42	2006	324,9	11,1	253,51
1985	304,2	12,1	255,10	2007	480,4	11,0	299,87
1986	447,6	10,7	286,22	2008	373,7	10,5	261,93
1987	489,4	9,7	271,44	2009	429,2	11,1	288,31
1988	551,4	9,6	275,16	2010	450	13,0	331,77
1989	395,3	10,9	276,01	2011	496	10,8	298,60
1990	299,8	10,5	234,39	2012	305,6	11,4	248,09
1991	562,7	10,0	287,96			Uzun Yıllar	267,48
1992	466,2	8,1	228,40				





### 4.5.3. Kaynaklar

Afşin Elbistan Kömür havzası sürekli ve mevsimsel akış gösteren çok sayıda kaynak mevcuttur. Kaynakların bir bölümünün debileri oldukça düşük, çalışma sahasının batı-kuzeybatısında olduğu gibi bir bölümünün debileri ise oldukça yüksektir. Binboğa dağları eteklerinden boşalan Mağaraözü (Şekil 4.9.), kömürgözü-1 ve 2, Gökpınar, Gölpınar gibi kaynaklar yüksek debili kaynaklardır.

Havzanın kuzeydoğusunda, Oğlakkaysı mevkiinde kireçtaşlarından boşalan yüksek debili kaynaklar mevcuttur. Bu kaynaklar Hurman çayına boşalmaktadır. Ceyhan nehrine boşalan Pınarbaşı kaynağı da havzada yer alan yüksek debili kaynaklar içinde yer alır. Havzaya besleme yapan kaynaklar ve bu kaynaklara ait DSİ tarafından farklı zamanlarda tespit edilen debi değerleri Çizelge 4.4.'de verilmiştir (Besbelli ve ark., 2009).

Çizelge 4.4. Havzadaki kaynaklara ait debi değerleri (Besbelli ve ark., 2009)

Kaynak Adı	Ort. Debi (l/s)*	Kot (m)
Üçpınar K.	66.7	-
Çobanpınarı K.	161.9	1290
Tanır K.	1093.8	1230
Mağaraözü K.	1148.2	1240
Izgın K.	1796.9	1135
Pınarbaşı	7628.6	1150
Kaynarca 1		1135
Kaynarca 2		1133

\*Debiler DSİ tarafından ölçülmüştür

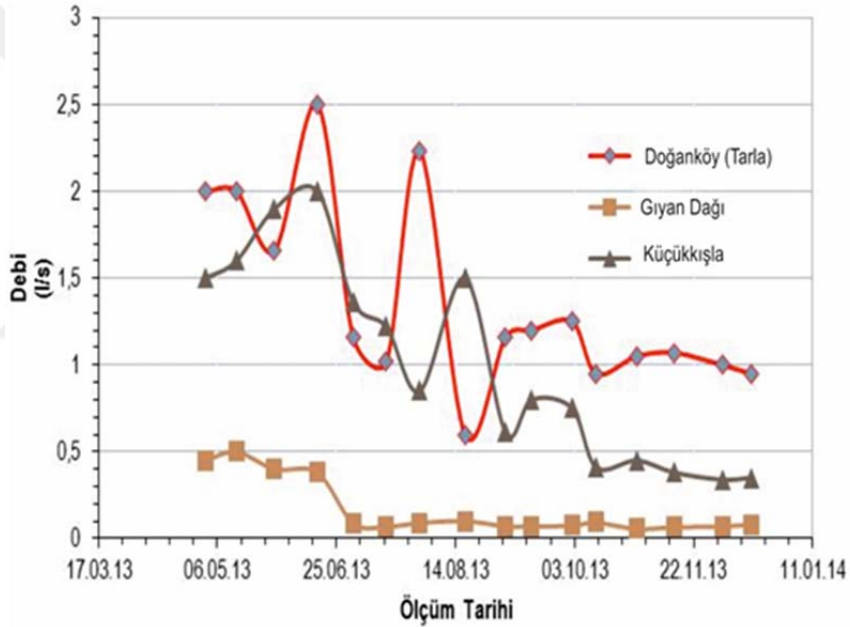


Şekil 4.9. Mağaraözü Kaynağından bir görüntü.

Ural ve ark., (2004), Çöllolar sektörü dış döküm sahası içerisinde kalan ve büyük olasılıkla Hurman Fayı düzlemi üzerinde yer alan Kaynarca Kaynağının +1062 m kotundan itibaren ve karstik kireçtaşlarından ortalama  $0.5 \text{ m}^3/\text{sn}$  debide akış yaparak boşaldığını ifade etmektedirler. Ayrıca ilgili araştırmacılar, model alanının etrafında yine kireçtaşlarından boşalım yapan kaynakların bulunduğunu, MTA ile sözlü görüşmeler sonucunda E-Sektörü (Kuşkayası güneydoğusu, Doğanköy kuzeyi ve kuzeybatısı) içerisinde MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan rezerv sondajlarının üç tanesinden  $0.2-0.5 \text{ l/sn}$  debide artezyen boşalımın olduğunu ve saha gözlemleri sonucunda Hurman Çayının derivasyonu için açılan kanal yamaçlarındaki alüvyon tabanından yeraltı suyu çıkışlarının görüldüğünü belirtmişlerdir.

E-Sektörünün doğusunda yer alan Gıyan Komu (Gıyan Dağı) ve Küçükkışla, kuzeyinde İğdemlik köyü güneyindeki Kaynarca ve batısında yer alan Izgın (Pınarbaşı) kaynakları en önemli yeraltı suyu boşalım noktalarıdır. Bu kaynakların hepsi karstik boşalımlardır. Bunlardan Gıyan Komu (Gıyan Dağı)

kaynağı, karstik kireçtaşları ile fliş kontağından çıkmaktadır. MTA Genel Müdürlüğü tarafından 2006-2008 yılları arasında E-Sektörü rezervinin belirlenmesine yönelik yapılan rezerv sondajlarının bazılarında artezyen gelişmiş ve akışlar bugüne kadar devam etmiştir. Bu kuyulardan Doğanköy kuzeyindeki tarlada açılan kuyu kaynaklar kapsamında incelenmeye alınarak debi değişimleri gözlenmiştir. Kaynak debileri özellikle kurak döneme sonuna doğru düşmekte ve %50-75 oranında düşmektedir (Şekil 4.10.) (Gökmenoğlu ve ark, 2014).



Şekil 4.10. Kaynak debilerinin aylık değişimleri (Gökmenoğlu ve ark, 2014)

#### 4.5.4. Akiferler

İnceleme alanında yer alan karbonatlı kayalar önemli akiferleri oluşturmaktadır. Kışlaköy ve Çöllolar işletmelerinde, susuzlaştırma amacıyla bu birimlerde açılmış kuyulardan 10-60 l/s debi ile çekim yapılabilmektedir. Havza kenarlarında alüvyon yelpazesi olarak tanımlanan bloklu-çakıllı seviyeler ile

Kemaliye formasyonunun çakıllı ve kumlu seviyeleri de akifer niteliği taşımaktadır.

Kömür ve gıda birimleri ile bu birimleri sınırlandıran killi seviyeler ise yaygın bir akifer oluşturmaya yetecek hidrolik özelliklere sahip değillerdir. Çalışma alanı ve çevresinde yer alan litolojik birimlerin tamamı hidrolik özellikleri açısından heterojen bir yapı göstermektedir. Karbonatlı kayaların karstlaşmaya uğramış kesimlerinde, Kışlaköy sahasının susuzlaştırılması için açılmış kuyulardan 60 l/s ve daha üzeri debiler ile çekim yapılırken karstlaşmanın gelişmediği kesimlerden en fazla 1 l/s çekim yapılabilmektedir.

Kireçtaşı akiferinin hidrolik davranışını yansıtmak amacıyla özgül debi değerleri incelenmiştir. Köseyahya Napı ve Çayderesi formasyonuna açılan kuyuların %77'sinde, kuyuda 1 m düşüm yaratmak için çekilmesi gereken su miktarı 1 l/s'nin altındadır. Bu durum karbonat akiferlerinin yer yer oldukça yüksek geçirimsiliğe sahip olmasına rağmen karstlaşmanın ve kırık-çatlak yoğunluğunun gelişmediği yerlerde oldukça düşük geçirgenliğe sahip olduğunu göstermektedir.

Kömür ve gıda katmanlarının kırıklı-çatlaklı kesimlerinin hidrolik iletkenlik katsayıları daha yüksek değerler alabilmektedir. Gıda çoğunlukla kil-silt boyutunda malzemedir oluşurken, yer yer permeabilitesi daha yüksek kum boyutunda malzemeler içermektedir. Genç çökellerde tane boyu dağılımının 3 boyutlu yayılımını ortaya koyabilecek sıklıkta ölçüm bulunmamaktadır.

Su sağlama açısından akifer niteliği taşımayan düşük permeabiliteye sahip genç çökellerin, kömür madenciliği açısından susuzlaştırılması gerektiği için, bu birimlerin hidrolik özelliklerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Çayderesi ve Kemaliye formasyonlarında hidrolik iletkenlik katsayısı  $10^{-6}$  m/s civarında iken kömür ortalama  $10^{-7}$  m/s civarında hidrolik iletkenliğe sahiptir. Bu çalışmada, Gıda ve kömür katmanlarında açılan akifer test kuyularında, test kuyusu açılmadan önce alınan karotlara göre en geçirgen olabilecek zonlar filtrelenmiştir.

Bu katmanlarda açılan gözlem kuyularında yapılan slug testlerde hidrolik iletkenlik katsayısı gıdya için  $10^{-5}$ - $10^{-9}$  m/s aralığında, kömür için  $10^{-7}$ - $10^{-10}$  m/s aralığında, lehim biriminin killi seviyelerinde  $10^{-8}$  m/s ve taban kilinde ise  $10^{-11}$  m/s olarak belirlenmiştir.

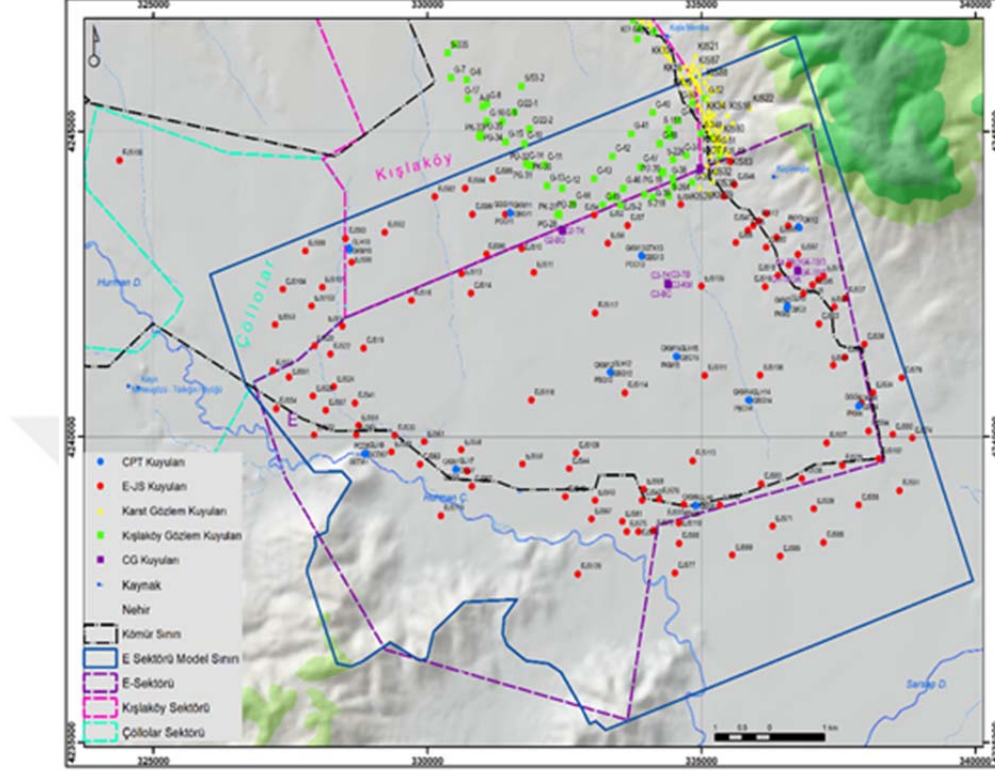
E-Sektörü için oluşturulan jeolojik modelde tüm birimlerin çalışma alanı içerisinde yayılımları belirlenmiştir. Kömürün tabanında yer alan taban kili ile gidyanın üzerinde yer alan killi seviyeler yeraltı suyu akımını ve bu katmanların yüzeyden beslenmelerini engelleyici bir konuma sahiptirler.

#### 4.5.5. Yeraltı Suyu Seviye Ölçümleri

E Sektöründe akifer parametrelerini belirlemek amacıyla açılmış CPT test ve gözlem kuyularında test öncesi ve test sırasında ölçülmüş yeraltı suyu seviye değerleri bulunmaktadır. Aynı çalışma kapsamında, sektörün 4 ayrı noktasında açılmış ve lehim, gıdya, kömür ve taban kili ile temel kireçtaşı birimlerinde su seviyesini ölçmek için sadece her birimde filtrelenmiş uzun süreli küme gözlem kuyuları (G Kuyuları) bulunmaktadır. Tüm bu kuyulara ait veriler Ek-2'de sunulmuştur.

E-Sektörünün kuzeyinde, Kışlaköy sektörünün susuzlaştırması için açılan pompa kuyuları ile bu sektörde susuzlaştırma performansını takip etmek için açılmış gözlem kuyuları (Kışlaköy Gözlem Kuyuları) bulunmaktadır. Drenaj için açılmış kuyularda (Karst Kuyuları), hemen sondaj sonrası ve işletme döneminde de sistematik olmayan aralıklarla münferit su seviye ölçümleri mevcuttur. Ancak bu ölçümlerden önce ne kadar süreyle ve ne miktar çekim yapıldığı kayıtları bulunmamaktadır.

E-Sektörü ve çevresinde yeraltı suyu seviye ölçümü olan kuyuların dağılımı Şekil 4.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Yeraltı suyu seviye gözlem noktaları (■:düzenli aralıklarla ölçülen zaman serisi mevcut, ▲: düzensiz aralıkla ölçülen zaman serisi mevcut, ●:tek ya da düzensiz az sayıda ölçüm var) (Gül ve ark, 2018)

Bölgesel hidrolik gradyanı göstermek amacıyla oluşturulan Şekil 4.12.'e göre su seviyeleri ile ilgili olarak aşağıda verilen değerlendirmeler yapılmıştır.

Lehim, gıda, kömür , taban kili ve Kemaliye formasyonunu kat eden bu kuyularda filtreler noktasal ölçüm yapabilmek amacıyla kısa tutulmuştur. Filtre uzunlukları Kemaliye formasyonunda 8-12 m, diğer tüm birimlerde ise 2 m olarak seçilmiştir. E-Sektöründe açılmış bu kuyulardaki veriler susuzlaştırma öncesi koşulları yansıtmak açısından büyük önem taşımaktadır.



2 gözlem kuyularında kömür de su seviyesi gidyadan ortalama olarak 15 m daha derinde bulunmaktadır. G-2 grubunda gidya ve lehimdeki su seviyeleri PK-27, PG-28, PÜ-29 grubundaki seviyeler ile yakın değerlere sahiptir. Kömür de su seviyesi ise Kışlaköy susuzlaştırmasından biraz etkilenmiş ve 8 ayda 2 m azalmıştır. G-3 küme gözlem kuyularında, Kemaliye formasyonunda açılmış kuyu (G3-TB), gidya, taban kili ve kömür de açılmış kuyulardan 1-2 m daha aşağıda bulunmaktadır. Küme gözlem kuyuları arasında en derin ölçüm noktasına sahip bu kuyuda su seviyesi ortalama 1151 m kotuna sahiptir.

G-4 küme gözlem kuyularının tamamı Kemaliye formasyonunda açılmıştır. G4-TB/3 ve G4-TB/3A kuyuları kireçtaşına girmiş olmakla birlikte, bu kireçtaşı tabakalarının Kemaliye içindeki kireçtaşı blokları olup olmadığı belli değildir. Bu kireçtaşı seviyeleri Köseyahya Napına da ait olabilir. Bu grupta en derin kuyu (G4-TB/3) 1005-1017 m arasında ölçüm almaktadır. Bu kuyu ile aynı derinlikte G4-TB/3A kuyusunda filtre 1006-1018 m aralığında olmakla birlikte, filtrenin üst kısmına beton tecrit uygulanmamıştır. Bu nedenle bu kuyuda su seviyesi 2-3 m daha yüksek ölçülmektedir. G4-TB/2 ve G4-TB/3 kuyularının ölçüm noktaları arasında 64 m bulunmakta, su seviyeleri arasında ise ortalama 45 cm bulunmaktadır. Diğer taraftan Kemaliye formasyonunun üst kesimlerini temsil eden G4-TB/1 kuyusunda su seviyeleri G4-TB/2 kuyusundan ortalama 14.4 m daha yüksektir. Bu küme grubunda da yukarıdan aşağı doğru bir gradyan bulunmaktadır.

#### 4.6. Akifer Testleri Sonuçları

E sektöründe yapılmış akifer test kuyularından elde edilen düşüm-zaman ve debi zaman grafikleri değerlendirilerek akiferlerin hidrolik özellikleri tanımlanmıştır. Hidrolik parametrelerin tanımlanmasında AQTESOLV Pro V.4.5 (<http://www.aqtesolv.com>) programı kullanılmıştır. Hidrolik özelliklerin belirlenmesinde aşağıdaki maddeler uygulanmıştır.



- Akifer test kuyusu ve gözlem kuyularından elde edilen düşüm-zaman ve akım-zaman değerleri programa işlenmiştir.
- Çakıştırma ve parametre optimizasyon sürecini hızlandırabilmek amacıyla, takip eden düşüm verileri arasındaki fark 1 cm'den küçük ise ihmal edilmiştir.
- Radyal akım grafiği oluşturularak kuyu depolaması, sınır koşulları ve gecikmeli drenaj etkisi araştırılmıştır .
- Doğrusal ve iki-doğrusal akım grafikleri oluşturularak kırık-çatlak sistemleri araştırılmıştır.
- Küresel akım grafiği çizilerek kısmi penetrasyon etkisi ve düşey akım bileşeninin olup olmadığı araştırılmıştır.
- Düşümün zamana göre türev grafiği çizilerek akifer ve akım tipi, sınır koşulları ve kuyu depolaması tanımlanmıştır.
- Bu araştırma ve tespitlere göre, belirlenen faktörler göz önüne alınarak uygun analitik yöntem(ler) tercih edilmiştir. Örneğin basınçlı akiferlerde ideal ortam koşullarında sıklıkla kullanılan Theis (1935) ve Cooper-Jacob (1946) yöntemleri kuyudaki depolama ve kabuk etkisini dikkate almadan, testin başlaması ile birlikte akiferden kuyuya doğru hemen bir akım oluştuğu varsayımına dayanmaktadır. Radyal akım ve düşüm türevinde kuyu depolaması tespit edilmiş ise bu yöntemler kullanılmamış, kuyu depolamasını dikkate alan yöntemler kullanılmıştır.
- Akifer testi esnasında düşüm gözlenmeyen, pompaj kuyusu ile hidrolik bir etkileşimi bulunmayan gözlem kuyularının verileri çakıştırma sürecine dâhil edilmemiştir.
- Akifer testi çıktılarına etkileyen sınır koşullarının varlığının belirlenmesi koşulunda sınırın pompaj kuyusuna olan uzaklığı, en iyi çakıştırmayı sağlamak üzere değişik mesafeler denenerek belirlenmiştir.
- Uygun yöntem(ler) tercih edildikten hemen sonra, düşüm-zaman grafiği ve düşüm türevi-zaman grafikleri test esnasında kullanılan gözlem kuyuları için aynı anda çakıştırılmıştır. Böylelikle kuyuya doğru tüm akım



Çizelge 4.5. Sabit debili test sonucu hidrolik özellikler (Gül ve ark., 2017b)

Kuyu No	Birim	*Test No	K(m/sn)	Kz/Kr	Ss (1/m)	Sy	Geçirimsiz sınıra uzaklık (m)
CPT-2	Kemaliye	1	1.34E-06		3.15E-08		10-30
		2	1.34E-06		5.48E-08		
CPT-3	Kömür	1		--*			
		2		--*			
CPT-4	Kömür	1	7.54E-07		9.81E-05		-*
		2	7.55E-07		9.81E-05		
CPT-6	Gıdya/Kömür	1	7.06E-08		1.77E-06		77.00
CPT-7	Çayderesi	1	9.86E-06	1.01E-02	1.36E-07	5.00E-04	60.00
		2	1.01E-05	1.21E-02	1.52E-07	6.27E-04	
CPT-8	Çayderesi	1	2.63E-06	1.92E-02	4.96E-05		-*
		2	2.60E-06	1.89E-02	5.00E-05		
CPT-10	Kömür	1	3.31E-08	6.20E-02	3.82E-06		40.00
		2	3.48E-08	6.21E-02	4.01E-06		
CPT-11	Gıdya	1	1.22E-08	1.76E-01	2.89E-05		300.00
		2	4.49E-08	3.71E-01	8.69E-05		
CPT-12	Gıdya	1	3.41E-06	6.65E-01	1.75E-07	2.01E-04	30.00
		2	3.70E-06	6.65E-01	2.96E-07	2.02E-04	
CPT-13	Gıdya	1	1.22E-07	2.53E-01	2.03E-05		50.00
		2	1.22E-07	1.80E-01	1.90E-05		
CPT-14	Gıdya	1	1.11E-06	6.78E-01	5.28E-06	1.00E-02	-
		2	1.30E-06	2.41E-01	2.08E-05	5.96E-02	20-100
CPT-15	Kömür/Gıdya	1	1.57E-08		1.98E-06		100.00
		2	1.88E-08		1.98E-06		

\*Test No 1: Sabit debili kısa süreli pompa testi, 2: sabit debili uzun süreli ve çok kuyulu pompa testi

Çizelge 4.6. Düşen seviyeli test sonucu hidrolik özellikler (Gül ve ark., 2017b)

Test Kuyusu	Birim	Test 1		Test 2	
		K (m/sn)	Ss(1/m)	K(m/sn)	Ss (1/m)
GBG3	Bej/Gri Gıdya	1.02E-07	1.30E-03		
GBG4	Bej Gıdya	1.36E-08	1.23E-03	2.40E-08	9.56E-04
GBG6	Gıdya/Kömür	5.47E-09	1.22E-07	1.93E-09	1.72E-06
GBG7	Bej Gıdya	5.47E-05	6.36E-08		
GBG10	Bej/Gri Gıdya	7.89E-08	1.30E-03	3.74E-08	1.11E-03
GBG11	Bej/Gri Gıdya	5.47E-09	2.63E-05		
GBG12	Gıdya/Kömür	3.30E-08	3.32E-05	6.42E-08	1.11E-05
GBG13	Bej Gıdya	2.49E-07	4.35E-02	9.24E-07	2.22E-03
GCD7	Çayderesi	5.90E-08	1.65E-05		
GCD8-1	Çayderesi	--			
GGG11	Gri/Bej Gıdya	5.47E-09	1.30E-12		
GGG4	Gri Gıdya	1.70E-08	1.30E-12		

Çizelge 4.7. Sabit debili testin istatistik hidrolik özellikleri (Gül ve ark., 2017b)

Birim	İstatistik	K (m/sn)	Kz/Kr	Ss (1/m)	Sy
<b>Kömür</b>	Ortalama	3.94E-07	6.20E-02	5.10E-05	
	En büyük	7.55E-07	6.21E-02	9.81E-05	
	En küçük	3.31E-08	6.20E-02	3.82E-06	
	S. Sapma	4.16E-07	2.33E-06	5.44E-05	
<b>Gıdya</b>	Ortalama	1.23E-06	4.04E-01	2.27E-05	1.75E-02
	En büyük	3.70E-06	6.78E-01	8.69E-05	5.96E-02
	En küçük	1.22E-08	1.76E-01	1.75E-07	2.01E-04
	S. Sapma	1.52E-06	2.28E-01	2.80E-05	2.84E-02
<b>Çayderesi</b>	Ortalama	6.30E-06	1.51E-02	2.50E-05	5.63E-04
	En büyük	1.01E-05	1.92E-02	5.00E-05	6.27E-04
	En küçük	2.60E-06	1.01E-02	1.36E-07	5.00E-04
	S. Sapma	4.26E-06	4.65E-03	2.87E-05	8.97E-05
<b>Kemaliye</b>	Ortalama	1.34E-06		4.31E-08	
	En büyük	1.34E-06		5.48E-08	
	En küçük	1.34E-06		3.15E-08	
	S. Sapma	2.12E-09		1.65E-08	

Değerlendirmeler AQTESOLV Pro V.4.5 (<http://www.aqtesolv.com>) yazılım programında yapılmıştır. Slug test analitik çözümlerinde test kuyusunun yakın çevresi değerlendirildiği için sınır koşulları dikkate alınmamıştır. Slug test verilerinin değerlendirmesinde, sabit debili testlerde olduğu gibi seviye değişimi türevi de eşleştirilmiştir. Fakat, sınır koşullarının olduğu test kuyularında, yalnızca sınır etkisinin görüldüğü ana kadar ölçülen veriler eşleştirilmiştir.

Slug testlerin değerlendirilmesi sonucu elde edilen hidrolik özellikler Çizelge 4.8.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.8. Slug testleri sonucu hidrolik özellikler.

TEST Kuyusu	BİRİM	K (m/sn)	Ss (1/m)	K (m/sn)	Ss (1/m)
GKM3	Kömür	Değerlendirme		1.15E-08	6.25E-04
GKM4	Kömür	1.24E-09	5.01E-10	1.20E-09	6.58E-04
GKM6	Kömür	9.48E-10	1.30E-12	--*	
GKM7	Kömür	1.17E-10	1.00E-07		
GKM10	Kömür /Taban kili	1.11E-07	4.58E-05	3.87E-07	5.88E-05
GKM11	Kömür	2.63E-08	1.30E-12	1.58E-08	7.14E-03
GKM12	Kömür	5.47E-09	1.30E-12	5.86E-09	5.26E-13
GKM13	Kömür	8.63E-10	5.30E-04		
GKY2	Kemaliye	2.99E-09	1.06E-04		
GLH3	Lehim		--*		
GLH6	Lehim		--*		
GLH7	Lehim		--*		
GLH8	Lehim		--*		
GLH10	Lehim/Kil		--*		
GLH14	Lehim/Kil	3.25E-08	1.67E-12		
GTK13	Taban kili	6.73E-11	1.30E-03	--*	

\*: Kuyunun ani dolumu ve önemli bir seviye değişimi olmadığı için değerlendirme yapılamamıştır.

#### 4.7. Hidrojeokimya

##### 4.7.1. Kararlı Çevresel İzotop İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Suyun kararlı izotopları olan  $^{18}\text{O}$  (oksijen-18) ve  $^2\text{H}$  (döteryum) izotopları, farklı kökene sahip yeraltı suyu bileşenlerini ayırt etmek, bu bileşenlerin beslendiği bölgeleri tanımlamak, farklı bileşenler arasında varsa karışım süreçlerini ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır. E-Sektöründe farklı hidrolik özelliğe sahip litolojik birimlerin tamamının aynı bölgeden beslendiğini iddia etmek mümkün değildir. En üstte yer alan alüvyon-lehim birimleri ile daha altta bulunan gıyda-kömür ve temel karbonatlı kayalar içerisinde bulunan yeraltı suyu seviyeleri arasında gözlenen farklılıklar bu katmanlar arasında düşey yönde bir akımın ve farklı potansiyele sahip yeraltı suyu sistemlerinin varlığını göstermektedir. En üstte yer alan lehim biriminden kömür ya da kireçtaşına kadar tüm litolojileri kesen bir

kuyuda bu ayrımı yapmak mümkün değildir. Bu nedenle, önceki çalışmalardan farklı olarak, E-Sektöründe akifer testleri için açılmış kuyuların teçhizi yapılırken özellikle tek bir birimi temsil etmelerine özen gösterilmiş ve örnekler bu kuyulardan alınmıştır (Gül ve ark., 2018).

Kapalı ve herhangi bir karışımın olmadığı sistemlerde, yeraltı suyunun kararlı izotop içeriği, yeraltı suyunun beslendiği bölgedeki izotop içeriğine bağlıdır. Ancak farklı kökenli (farklı yer ve yükseltilerden beslenen) suların karışımı, buharlaşma ve yüksek sıcaklıklarda su kayaç etkileşimi kararlı izotop içeriğinin değişmesine neden olmaktadır. Yağışın izotop içeriği, yağışın olduğu su buharından itibaren başlıca sıcaklığa bağlı izotopik ayrışma süreçlerine bağlıdır. UAEA (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı) tarafından küresel düzeyde yapılan kararlı izotop gözlemleri, yağışın izotop içeriği ile bir bölgedeki ortalama hava sıcaklığı arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermiştir. Küresel ölçekte Dansgaard (1964) tarafından konan bu ilişki, yağışın mevsimlere dağılımının yıl boyunca homojen olmadığı bölgelerde farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle bu çalışmada Afşin-Elbistan Havzasına en yakın ve benzer iklim özelliklerine sahip Ankara Meteoroloji İstasyonunda 1963-2016 yılları arasında UAEA tarafından ölçülmüş yağışın  $^{18}\text{O}$  (oksijen-18) ve  $^2\text{H}$  (döteryum) izotop içerikleri ile ortalama hava sıcaklığı ( $T_m$ ) arasında doğrusal ilişkiler kurulmuştur:

$$\delta^{18}\text{O}[\text{‰}] = -13.92 + 0.472 \times T_m [\text{°C}]$$

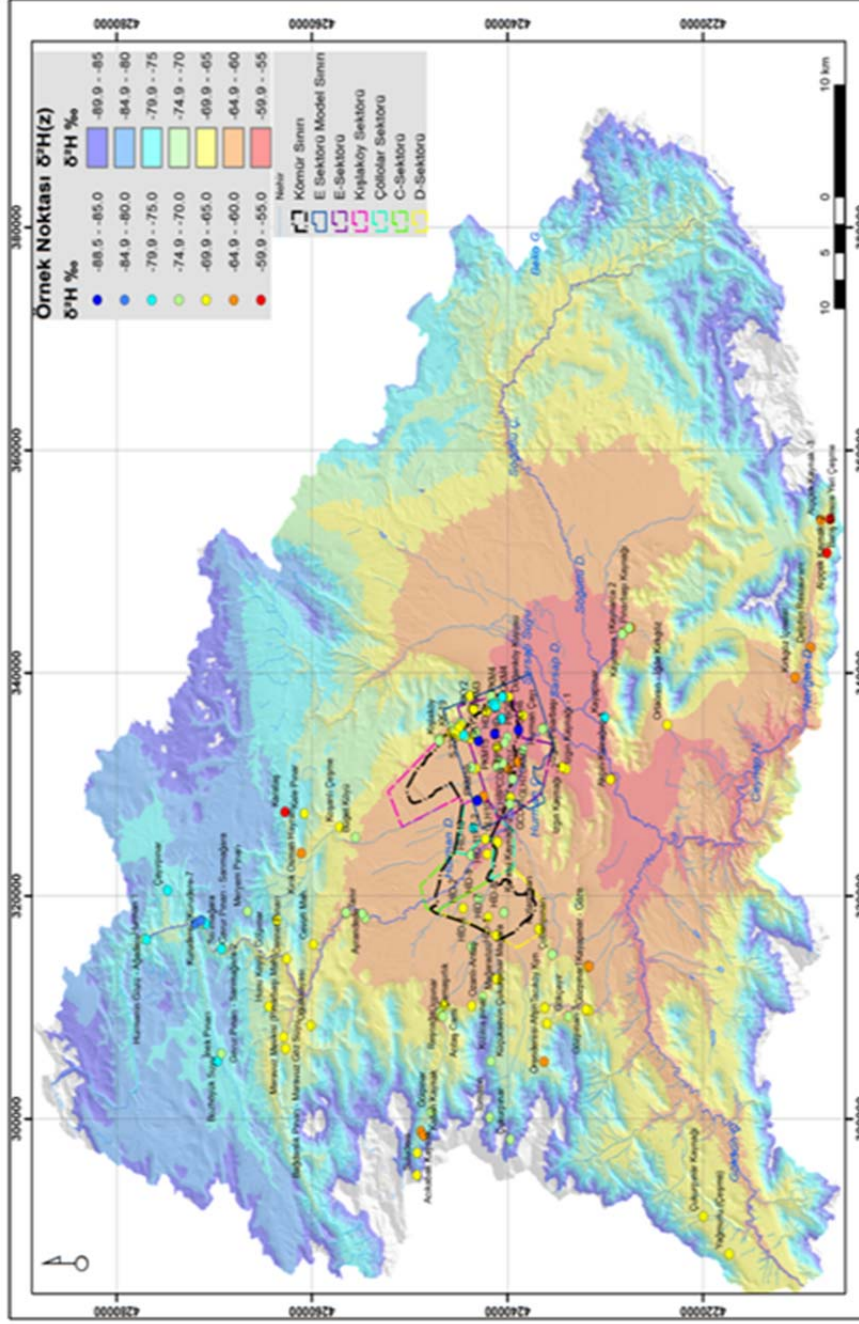
$$\delta^2\text{H}[\text{‰}] = -96.84 + 3.479 \times T_m [\text{°C}]$$

Bu eşitliklere göre havzada hava sıcaklığında her  $1^\circ\text{C}$  azalmaya karşılık, oksijen-18 içeriği  $0.47\text{‰}$ , döteryum içeriği ise  $3.47\text{‰}$  azalmaktadır. İnceleme alanı ve çevresinde yer alan Afşin, Balaban, Elbistan, Göksun, Gürün, Pınarbaşı ve Sarız meteoroloji gözlem istasyonlarının yıllık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak havzada sıcaklık düşme oranı her  $100\text{ m}'de -0.88\text{ °C}$  olarak belirlenmiştir. Bu oran kullanılarak, Afşin-Elbistan Havzasında yağışın gerçekleştiği yükseklikte beklenen izotop içerikleri hesaplanarak, yağışın kararlı izotop içeriği dağılımı  $^2\text{H}$  Şekil

4.14.'te,  $^{18}\text{O}$  için İSE Şekil 4.15.'te, sunulmuştur. Bu şekiller üzerinde, yeraltı suyu izotop içeriği belirlenen kuyu ve kaynaklarda gözlenen  $^{18}\text{O}$  ve  $^2\text{H}$  değerleri de aynı renkler ile gösterilmiştir. Bu şekilde izotop içeriği belirlenen yeraltı suyu örneğinin harita üzerindeki rengi, eğer yağıştan sonra karışım ya da ikincil bir izotopik ayrışmaya uğramaz ise potansiyel olarak beslenebileceği bölgeler ile aynı renkte gösterilmiştir.

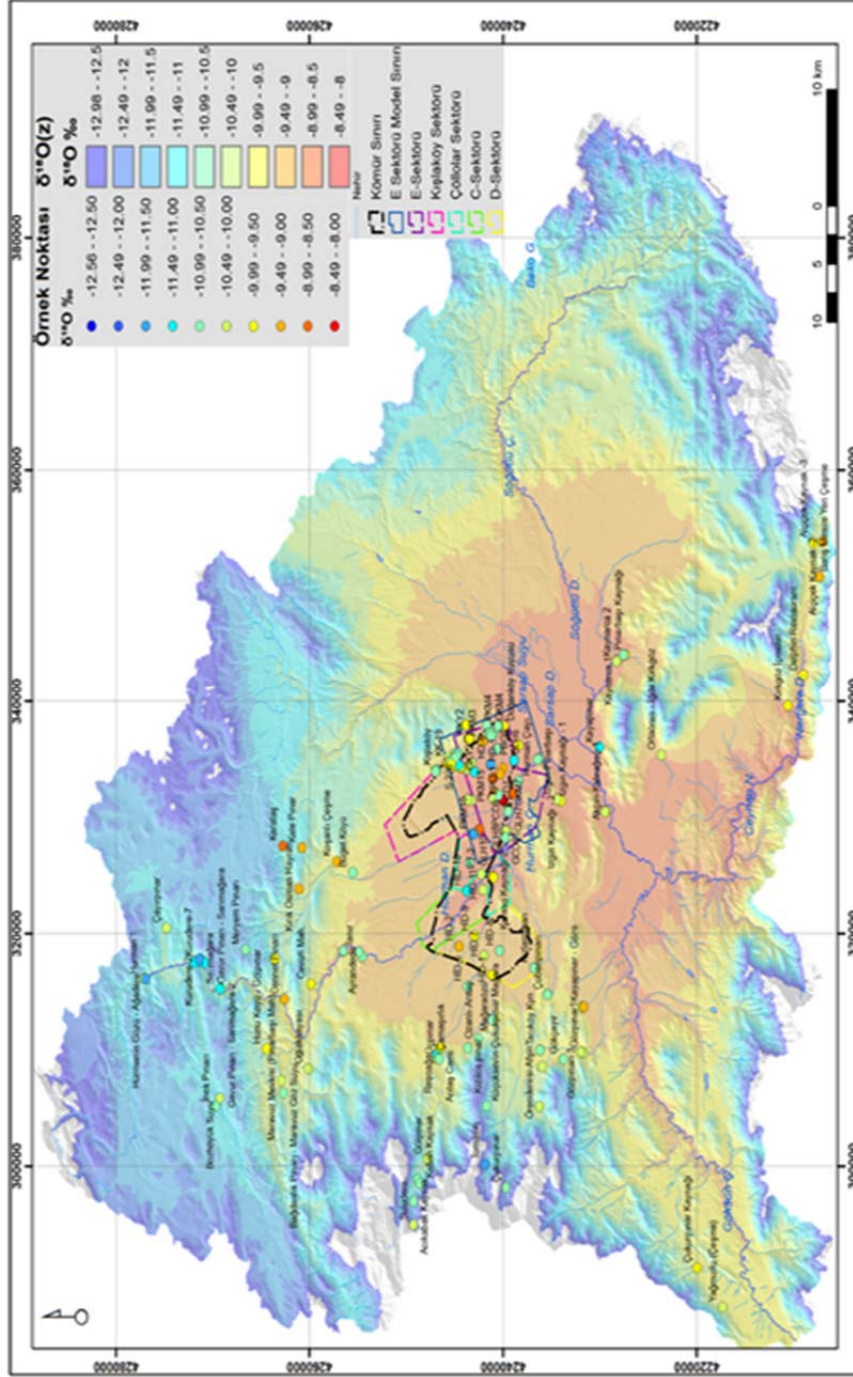
Havzada kaynak ve kuyulardan toplanmış yeraltı suyu örneklerinin  $^{18}\text{O}$  ve  $^2\text{H}$  içeriklerinin frekans dağılımları Şekil 4.16.'da ayrı ayrı sunulmuştur. Kaynaklardan alınan örneklerin  $\delta^{18}\text{O}[\text{‰}]$  değeri -7‰ ile -12‰ arasında değişirken, kuyularda -7‰ ile -13‰ arasında değişmektedir.  $\delta^2\text{H}[\text{‰}]$  değerleri ise kaynaklarda -50‰ ile -90‰ arasında, kuyularda -50‰ ile -90‰ arasında değişmektedir. Havzada yağışın  $\delta^{18}\text{O}[\text{‰}]$  değeri havzanın en düşük kotlarında en yüksek -8‰ değerini almaktadır.

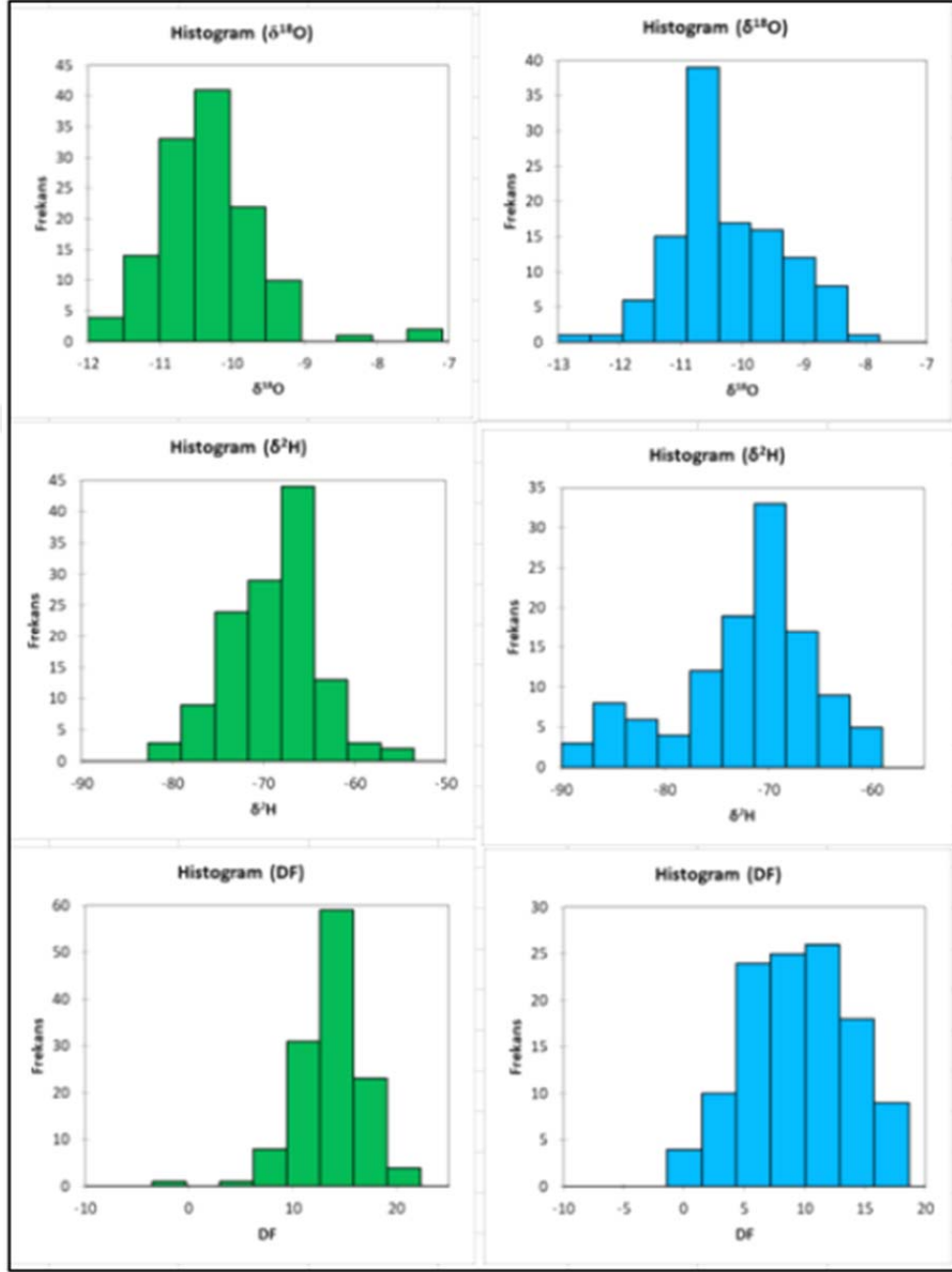
E-Sektöründe örneklenen noktaların beslenme alanlarını gerçekçi bir biçimde belirleyebilmek için, karışım ya da ikincil ayrışma süreçlerine uğrayıp uğramadıklarını belirlemek gerekmektedir. Bu amaçla,  $^{18}\text{O}$  ile  $^2\text{H}$  içerikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.  $^{18}\text{O}$  ve  $^2\text{H}$  farklı atom ağırlığına sahip oldukları için yağıştan sonra karşılaştıkları değişim süreçlerinde farklı davranmaktadır. Şekil 4.17.'de önceki çalışmalar ile bu çalışma kapsamında toplanmış tüm örneklere ait  $^{18}\text{O}$ - $^2\text{H}$  ilişkisi sunulmuştur. Şekil 4.18.'de gösterilen  $\delta^2\text{H}[\text{‰}]=8\delta^{18}\text{O}[\text{‰}]+10$  eşitliği ile gösterilen kesikli çizgi küresel meteorik su doğrusu (Craig, H., 1961) olarak adlandırılmaktadır. Bu eşitlikte döteryum fazlası  $=^2\text{H}[\text{‰}]-8\delta^{18}\text{O}[\text{‰}]=10$  değeri döteryum fazlası olarak adlandırılmaktadır. Döteryum fazlası küresel ölçekte 10 değerine sahip iken yerel ölçekte değişiklikler gösterebilmektedir. Döteryum fazlasının değeri yağışı oluşturan su buharının oluştuğu koşullardaki nem içeriğine bağlı olup, bir bölgede yıl içerisinde değişiklik gösterebilir. Yağışın kökeni olan su buharının düşük nem koşullarında oluştuğu ortamlarda döteryum fazlası daha büyük değerler alır.



Şekil 4.14. Çalışma alanındaki ölçülen  $\delta^2\text{H}[\text{‰}]$  değerleri (Gül ve ark., 2018)



Şekil 4.15. Çalışma alanında ölçülen  $\delta^{18}\text{O}$  [%] değerleri (Gül ve ark., 2018)



Şekil 4.16. Çalışma alanı örneklerinin  $\delta^{18}\text{O}$  [‰],  $\delta^2\text{H}$  [‰] ve döteryum fazlası (DF) değerlerinin frekans dağılımları (Gül ve ark., 2018)

Afşin Elbistan Havzasında örneklenmiş kaynak ve kuyulara ait döteryum fazlası değerlerinin frekans dağılımı Şekil 4.16.'da yer almaktadır. Kaynaklarda döteryum fazlası 10 ile 20 arasında yoğunlaşırken kuyularda daha geniş bir aralıkta (0-20) değişmektedir. Döteryum fazlası  $^{18}\text{O}$  ve  $^2\text{H}$  içeriğine bağlı olduğundan, ikincil ayrışma süreçlerine uğramış sulara bu değer de değişime uğramaktadır. Bu nedenle inceleme alanı için geçerli olacak döteryum fazlası, ikincil ayrışmaya uğramamış yağış ya da yağışın izotop içeriğini karakterize eden mevsimsel kaynaklardan oluşturulmuştur.

Yerel meteorik doğrunun oluşturulmasında Şekil 4.17.'de, beslendiği bölge ile benzer izotop içeriğine sahip, buharlaşma ya da diğer ikincil ayrışma süreçlerine uğramamış, düşük debili ve geçmiş yılların yağışını biriktirmeyen kaynaklara ait döteryum fazlası değerlerinin ortalaması olan 13 değeri kullanılmış ve yerel meteorik su doğrusu  $\delta^2\text{H}[\text{‰}] = 8 \times \delta^{18}\text{O}[\text{‰}] + 13$  eşitliği ile oluşturulmuştur.

Bu yerel meteorik su doğrusu Şekil 4.18.'de sürekli kalın çizgi ile gösterilmiştir. Buharlaşma ile ikincil ayrışmaya uğramış örneklerin  $\delta^2\text{H}[\text{‰}] = 6.2 \times \delta^{18}\text{O}[\text{‰}] - 9.16$  doğrusu çevresinde toplandıkları görülmektedir.

Meteorik su doğrusu, yeraltı suyu izotop içeriğinin değerlendirilmesinde bir referans özelliği taşımaktadır. Yağış ile beslendikten sonra ikincil ayrışma sürecine uğramamış yeraltı suları bu doğru çevresinde toplanırken, yağışın oluşumu sırasında atmosferik nem koşullarına bağlı olarak bu doğrudan küçük sapmalar gösterebilirler. Örneklerin bu doğru üzerindeki konumları, yağıştan beslenme sırasındaki hava sıcaklığı ve dolayısıyla beslenmenin gerçekleştiği yükseltiye bağlıdır. Beslenmenin gerçekleştiği hava sıcaklığının düşük olduğu yüksek kotlarda daha negatif değerler ile karşılaşılır. Farklı yükseltelerde/sıcaklıklarda beslenmiş suların konumu ise karışım oranlarına bağlıdır.

İnceleme alanında kuyulardan toplanmış örneklerin döteryum fazlası değerleri 0-20 arasında değişmektedir. Döteryum fazlası değeri küresel ölçekte

ortalama 10 değerine sahip olup, yağışın oluşum koşullarında su buharının nem içeriğine bağlı olarak bölgesel değişiklikler gösterebilir. Bu değerden daha küçük döteryum fazlası değerleri, yağışın oluşumu sırasında nem içeriğinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Kuyulardan alınmış örneklerde, 10'dan daha küçük döteryum fazlası değerleri, bu kuyularda gözlenen yeraltı sularının, günümüze göre daha nemli iklim koşullarında beslendiğini göstermektedir. Buharlaşma süreçleri de döteryum fazlası değerinin düşmesine neden olabilmektedir. Ancak bu durumda, buharlaşmanın etki derecesine bağlı olarak  $\delta^{18}\text{O}[\text{‰}]$  ile  $\delta^2\text{H}[\text{‰}]$  arasında doğrunun eğimi 8'den daha düşük değerler almaktadır.

Şekil 4.20.'de E-Sektörü ve çevresinde açılmış kuyular, filtreli teçhiz bulunduğu birime göre gruplandırılarak kararlı izotop dağılımı gösterilmiştir. Bu şekil üzerinde bulunan kuyulardan akifer testleri için açılmış olanlar tek bir birimde (gidya, lehim, kömür ya da kireçtaşı) filtreli teçhiz edildikleri için doğrudan o birimde yer alan yeraltı su seviyesini temsil etmektedir. Taban kili (kırmızı nokta) olarak gösterilen HD kuyuları, yüzeyden taban kiline kadar tüm birimleri (lehim, kil, gidya, kömür , taban kili) kat etmekte ve kuyudan alınan örnek tüm bu birimlerden farklı oranlarda gelen yeraltı sularından oluşmaktadır.

Akifer testleri için açılmış gidya (gri nokta) ve kömür (siyah nokta) örneklerinin büyük çoğunlukla küresel meteorik su doğrusunun altında gruplandıkları ve daha düşük bir döteryum fazlası içeriğine sahip oldukları görülmektedir. Şekil 4.19.'da bu örneklerin döteryum fazlası değeri +5 olan ve  $8 \times \delta^{18}\text{O}[\text{‰}] + 5$  eşitliği ile temsil edilen meteorik su doğrusu (MSD) (mor renkli) üzerinde toplandıkları görülmektedir. Buharlaşma doğrusu daha düşük eğime sahip olup, bu örnekler buharlaşma doğrusunun da altında yer almaktadır. Bu örneklerin döteryum içerikleri, hem diğer yeraltı suyu örneklerinden hem de bu bölgede gözlenen güncel yağışlardan daha negatif değerlere sahiptir. Uzun süreli gözleme sahip Ankara meteoroloji istasyonunda uzun dönem döteryum ortalaması  $-54.1 \pm 9.5\%$ , Adana meteoroloji istasyonunda ise  $-24.0 \pm 6.0\%$  içeriğine sahiptir.

Havzada açılmış kuyularda döteryum içeriği ise -72.5‰ ortalama ile -60‰ - 88.5‰ aralığında değişmektedir. Oksijen-18 içeriğine göre daha negatif döteryum değerleri, güncel yağış rejimine göre daha yüksek nem içeriğine sahip iklim koşullarını temsil etmektedir.

Güncel yağış rejimini temsil etmeyen ve Doğu Akdeniz Bölgesi için oldukça düşük bir döteryum fazlası değerine sahip  $8 \times \delta^{18}\text{O}[\text{‰}] + 5$  doğrusu Paleo-Meteorik Su Doğrusu olarak adlandırılmıştır. Döteryum fazlasının +5 değerini alması için su buharı nem içeriğinin %90 üzerinde olması gerekir (Merlivat, L., and Jouzel, j., 1979). Buzul karotlarında, mağara ve sedimanter çökellerinde, organik çökellerde yapılan analizlerle Geç Pleyistosen döneminde döteryum fazlasının +1-+5.4 arasında değiştiği belirlenmiştir (Werner ve ark., 2016). Afşin-Elbistan Kömür havzasının oluşumu Pliyosen (5.3 My)-Pleyistosen (1.8 My) dönemine karşılık gelmektedir (Tunoğlu ve ark., 2012; Darbaş,G., 2012). Tunoğlu ve ark., (2012), kömür havzasının, fosil içeriklerine bağlı olarak Pliyosen-Pleyistosen döneminde gelişmiş bir tatlı-su göl ortamında oluştuğunu ortaya koymuştur. Paleo-Meteorik Su Doğrusu, bu dönemde çökelmiş düşük geçirimsizliğe sahip kömür ve gıda içerisinde depolanmış yeraltı suyunu temsil etmektedir. Hidrolik iletkenlik katsayısının çok düşük olması ve bu bölgede önemli bir yeraltı suyu kullanımının olmaması, kömür ve gıda içerisindeki suyun hareketini ve yenilenmesini kısıtlamıştır. Bu doğru çevresinde toplanan ve özellikle daha negatif izotop içeriğine sahip olan örnekler, güncel yeraltı suyu dolaşımına katılmayan, kömürün oluşumu sırasında gözeneklere yerleşmiş yeraltı sularını temsil etmektedir.

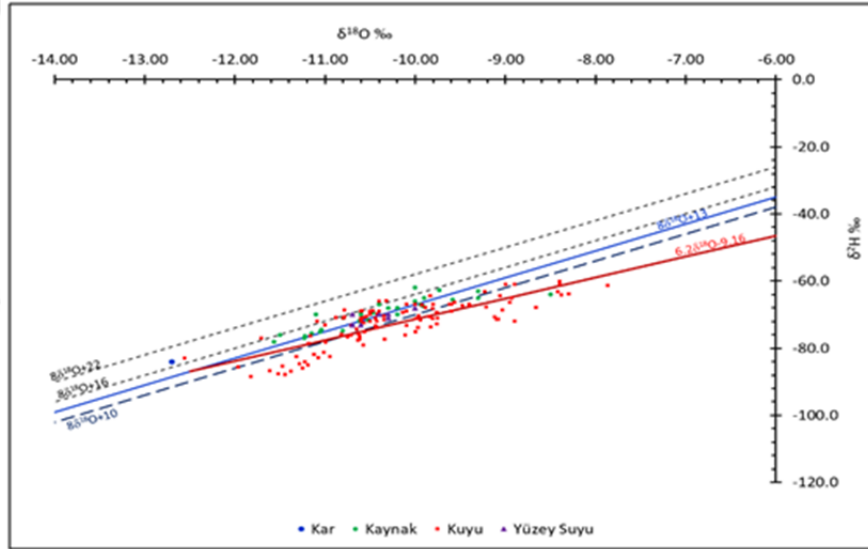
Havza genelinde toplanmış yeraltı suyu örneklerinin izotop içeriklerine göre kökensel sınıflandırılmasını yapabilmek amacıyla kümeleme (kluster) analizi gerçekleştirilmiştir. Kümeleme analizi  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ , ve döteryum fazlası değişkenleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiş ve örnek noktaları dokuz farklı sınıfta kümelmiştir. Yeraltı suyu örnek noktalarının kümelere göre dağılımı Şekil 4.20.'de verilen  $^{18}\text{O}$ - $^2\text{H}$  grafiği üzerinde özetlenmiştir. Bu şekil üzerinde, kömürün

oluşumu sırasında kömür ve gıdya katmanlarının gözeneklerine yerleşmiş ve güncel beslenme ile yenilenmeyen örnekler 3. ve 4. sınıflarda toplanırken, güncel dolaşıma katılan örnekler, beslenme yüksekliğine bağlı olarak 2., 6., 7., 9. sınıflarda yer almaktadır. Buharlaşıma ve diğer ikincil ayrışmaya uğramış örnekler ise 1. ve 5. sınıfta bulunmaktadır.

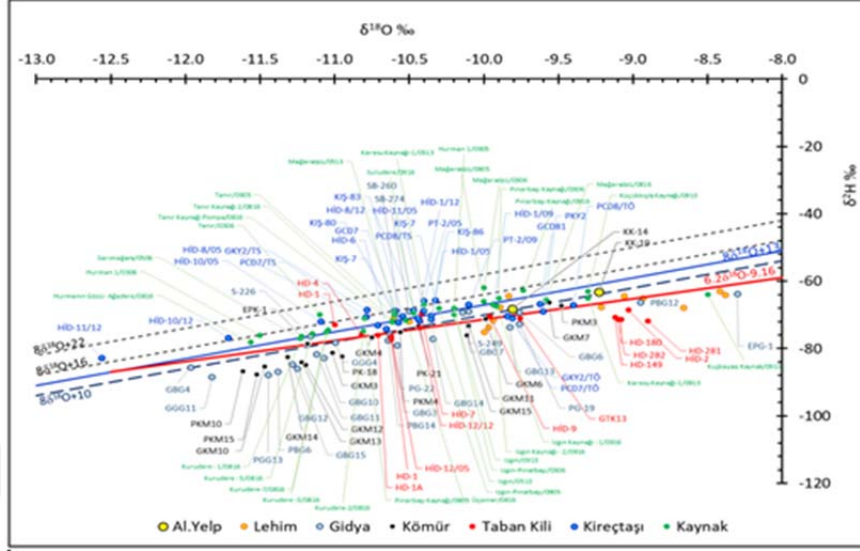
Güncel beslenme ile yenilenmeyen 3 ve 4. sınıflarda bulunan örneklerin, beslendikleri dönemde farklı iki dolaşım sistemine sahip oldukları görülmektedir. 3. sınıfta bulunan örneklerin daha derin ve kış mevsimi koşullarında beslendikleri, 4. sınıfta bulunan örneklerin ise daha sığ ve bahar dönemi yağışlar ile beslendikleri görülmektedir. 2. sınıfta bulunan kuyuların bir kısmı ikincil ayrışmaya uğramışlardır. 4. sınıfta bulunan örnekler ile oldukça yakın bir konumda bulunan ve 2. sınıfta bulunan kömür (GKM4, PKM4, PK-21, EPK-1) ve gıdya'yı (PG-22, GGG4) kat eden kuyularda gözlenen ikincil ayrışma süreci, güncel yağışlar ile beslenen yeraltı suyu ile 4. sınıf ile karakterize edilen yeraltı suyunun belli oranlarda karışım sürecidir. Bu kuyular kömür havzasının doğu sınırında, yer almaktadır. E-Sektöründe kömür ve gıdya katmanlarından alınan örneklerin 3. ve 4. sınıfta bulunan ve güncel beslenmeden etkilenmemiş sular olduğu görülmektedir. Bu sektörde sığ kuyulardan (GLH15, Kuşkayası sığ sondaj, EPÜ, EPG) alınan örneklerin buharlaşmaya uğramış 1. ve 5. Sınıfta buldukları, sektörün doğu ve batı sınırında karbonatlı kayaçlardan alınmış örneklerin 6. ve 7. sınıfta yer aldıkları görülmektedir. 2. sınıfta bulunan örnekler ise sektör sınırlarında bir geçiş zonu oluşturmaktadır. 3. ve 4. sınıf örneklerin, Kümeleme analizi sınıfların havzaya yayılımı Şekil 4.21.'de verilmiştir. E-Sektöründe açılmış kuyularda düşük geçirimliliğe sahip kömür ve gıdya katmanlarında bulunduğu, aynı ya da sektör dışında açılmış daha derin HİD rumuzlu kuyulardan alınan daha derin örneklerin ise 2., 6. ve 9. Sınıfta bulunduğu görülmektedir. İnceleme alanında en derin dolaşıma sahip ve güncel yağışlardan etkilenen ve havzanın doğu ve batı sınırında karbonatlı kayaçlar içinde bulunan yeraltı suyunun, kömür havzasında

düşük geçirimliliğe sahip yeraltı suyu ile karışmadığı görülmektedir. Kömür yayılım alanı dışında yer alan ve karbonatlı kayaların doğal boşalmasını sağlayan Tanır, Izgın, Pınarbaşı, Mağaraözü, Karasu, Küçükkışla vb. kaynakların beslenme dönemine bağlı olarak 6. ve 7. sınıflarda yer aldığı görülmektedir.

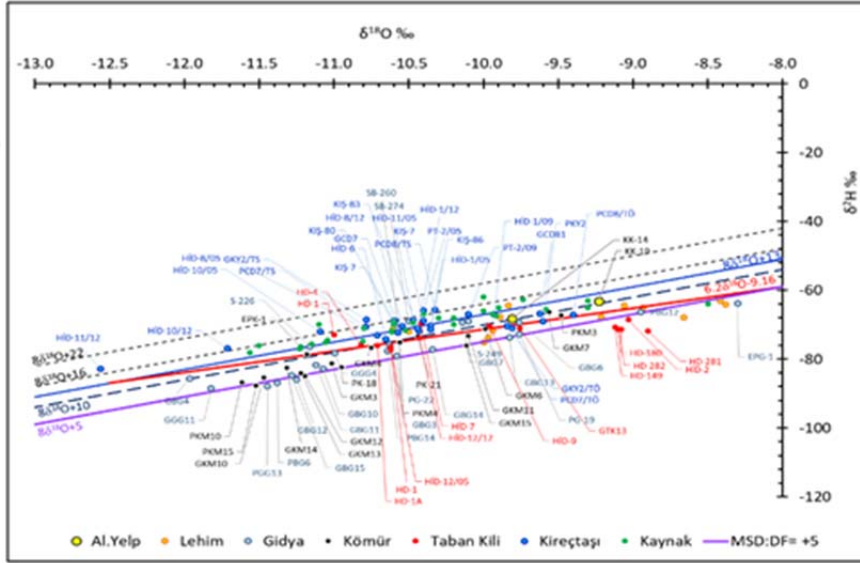
E-Sektörünün doğusunda yer alan Karasu kaynağı, güneybatısında yer alan Izgın kaynak grubu, kömür havzasının kuzeyinde yer alan Tanır kaynakları da benzer kompozisyona sahiptir. Bu örnekler, karbonatlı kayaların ortak, tam karışıma uğramış, yaygın bir rezervuar oluşturduğu ve benzer bir beslenme rejimine sahip olduklarını göstermektedir.



Şekil 4.17. Yeraltı ve yerüstü sularının  $^{18}\text{O}$ - $^2\text{H}$  ilişkisi (Gül ve ark, 2018)



Şekil 4.18. Kararlı izotopların litolojik yayılımı (Gül ve ark, 2018)



Şekil 4.19. Yerati suyunun döteryum fazlası için meteorik su doğruları (Gül ve ark, 2018)





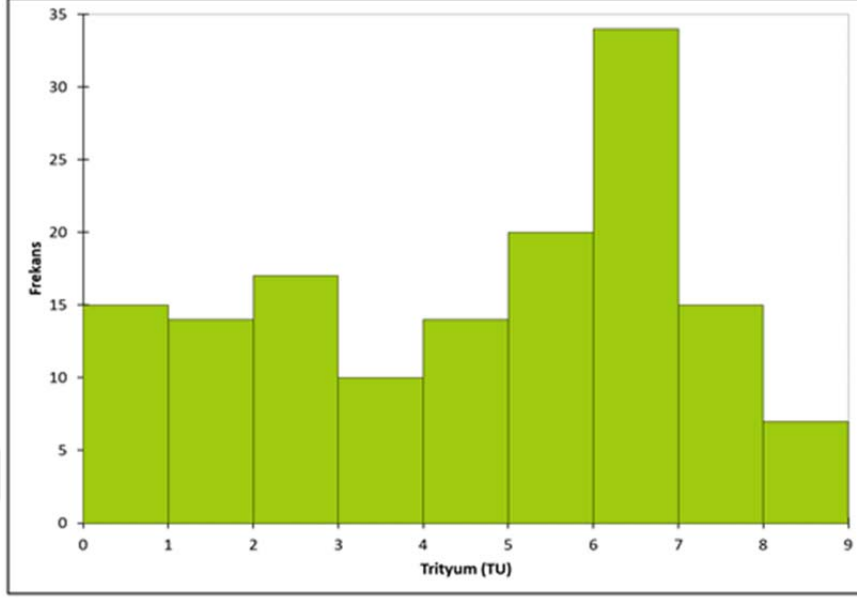
Kararlı izotop içeriklerine bağlı olarak, E-Sektöründe kömür ve gıdya katmanlarında bulunan yeraltı suyu örneklerinin mevcut koşullarda, ne karbonatlı kayaçlarda yer alan yeraltı suyundan ne de güncel yağışlardan etkilenmediği görülmektedir. Kömür ve gıdya katmanlarının tabanında ve tavanında yer alan kil katmanlarının, kömür ve gıdya çökellerinin olduğu dönemde gözeneklerde bulunan yeraltı suyunu, güncel dolaşımdan izole ettiği, kömür havzası sınırlarında ise karbonatlı kayaçlarda bulunan yeraltı suyu ile bir karışımın olduğu görülmektedir. Kömür ve gıdya katmanlarının hidrolik iletkenliğinin düşük olması ve bu katmanlarda bulunan yeraltı suyu ile karbonatlı kayaçlar arasında doğal gradyanın düşük olması nedeni ile karbonatlı kayaçlar ile etkileşimin yayılımının kısıtlı olduğu görülmektedir. Ancak işletme koşullarında, kömür ve gıdya katmanlarında yeraltı suyu seviyesinin düşürülmesi sonucu, bu katmanlar ile karbonatlı kayaçlar arasındaki hidrolik gradyanın artması, havza sınırlarından bu katmanlara doğru yanal beslenme miktarını arttıracak göz önünde bulundurulmalıdır. E-Sektörü akifer testleri için açılmış kuyuların yer aldığı kısımda dipten bir yeraltı suyu beslenimi yoktur. Akifer testleri sonucu düşüm-zaman değerlerinin analizi ile kömür ve gıdya birimlerinin geçirimsiz sınır etkisinde bulunduğu belirlenmiştir (Gül ve ark., 2017b).

İnceleme alanı için mevcut veriler ile oluşturulmuş jeolojik model incelendiğinde, E-Sektöründe kömür katmanlarının tabanında yer alan taban kilinin sektörün tamamında dipten beslenmeyi engelleyecek bir yayılıma sahip olduğu görülmektedir. Ancak jeolojik modelin sadece litolojik adlandırmaya bağlı olarak oluşturulduğu ve taban kilinin hidrolik özellikleri ile ilgili bir bilgi yansıtmadığı göz önünde bulundurulmalıdır. Taban kili olarak adlandırılan birimin tane boyu dağılımında iri tanelerin yüzdesinin fazla olduğu ya da kırık-çatlak sistemlerinin geçirgen bir zon oluşturduğu kesimlerde, karbonatlı kayaçlar ile bir iletişime yol açabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. İşletmenin olmadığı koşullarda taban kilinin altı ve üstü arasında hidrolik gradyanın düşüklüğü, dipten olası bir

beslenmenin olmadığı ya da önemsiz olduğunu göstermektedir. İşletme sırasında gradyan artışına bağlı olarak, taban kilinin bariyer davranışı gösterip göstermediği takip edilmelidir. Bu amaçla, işletme sırasında kömür ve gıda katmanlarından çekilen suyun kararlı izotop içeriği önemli bir tanı aracı olarak kullanılabilir. Taban kilinin geçirimli davranması ve işletme alanına dipten bir beslenmenin gerçekleşmesi durumunda kömür ve gıda katmanlarından çekilecek suyun izotop kompozisyonu; 3. ve 4. sınıf kompozisyonu ile 2. ve 6. sınıf kompozisyonu arasında bir karışım süreci olarak ortaya çıkacaktır.

#### 4.7.2. Tritiyum İçeriği

E-Sektörü ve çevresinde, önceki çalışmalar kapsamında, çeşitli tarihlerde kuyu ve kaynaklardan toplanmış yeraltı suyu örneklerinin trityum içeriklerinin frekans dağılımı Şekil 4.22.'de sunulmuştur. Tritiyum içeriklerinin dağılımı incelendiğinde, örneklerin bir kısmının güncel yağışın trityum içeriğini temsil ettiği bir kısmının ise oldukça uzun bir geçiş süresi sonucu 0-1 T.U. aralığında olduğu görülmektedir. Atmosferde trityum değerinin 5-15 T.U aralığına düşmüş olması, kayda değer bir farklılık göstermeyen bir örnekleme ile yeraltı suyu geçiş süresi dinamiklerini yansıtmaması mümkün değildir. Buna karşılık trityum içeriğinde görülen saçılım, farklı geçiş süresine sahip yeraltı suyu bileşenlerinin varlığına işaret etmektedir.

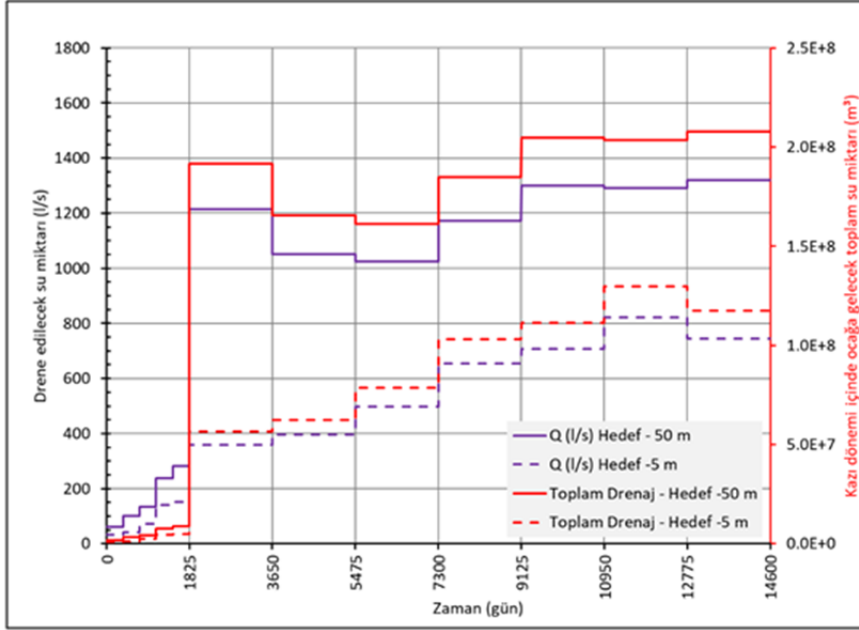


Şekil 4.22. Tritiyum içeriklerinin frekans dağılımı (Gül ve ark., 2018)

#### 4.8. Susuzlaştırma Planı

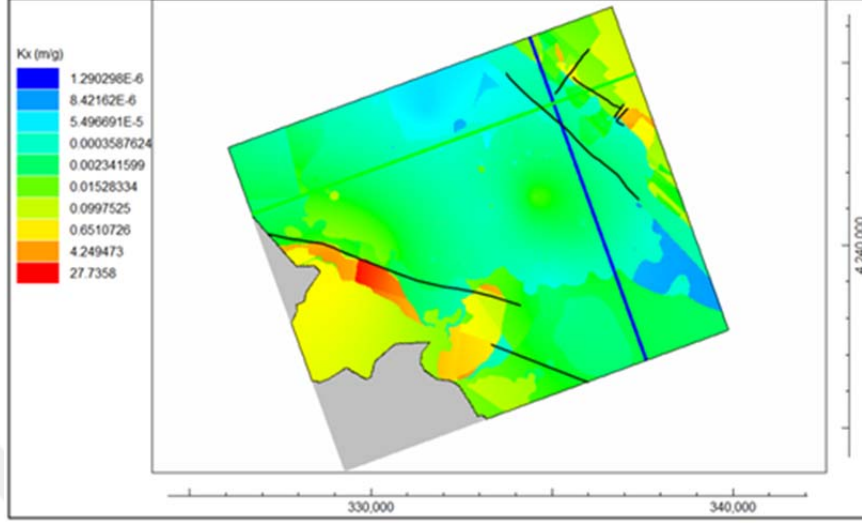
E-Sektöründe kömürün işletilebilmesi için susuzlaştırma yapılması gerekliliği bilinmektedir. Bu amaçla 40 yıllık maden ömrü olan E Sektörü için 40 yıllık bir susuzlaştırma simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Bunun için önce havza işletme planına göre her periyot için kazı basamaklarının yayılımları, her basamağın en düşük kotları, o periyot için hedef yeraltı suyu yüzeyi belirlenmiştir.

Yeraltı suyu akım modelinde, hedef yeraltı suyu düzeyine inilmesi için, hedef yüzeyin üzerinde yer alan her bir model katmanından çekilmesi gereken su miktarı, 3.tip sınır koşulu ile hesaplanmış ve transfer katsayıları, her hücrenin düşey yöndeki hidrolik iletkenlik katsayısı esas alınarak belirlenmiştir. Her periyot için çekilmesi gereken toplam su miktarı hesaplanmıştır. Drenaj yapılması gereken alanlarda birim düşüm yaratacak özgül kapasite (l/s/m) değerleri, her bir model hücrenin hidrolik parametreleri ve litolojik birimler esas alınarak hesaplanmıştır.

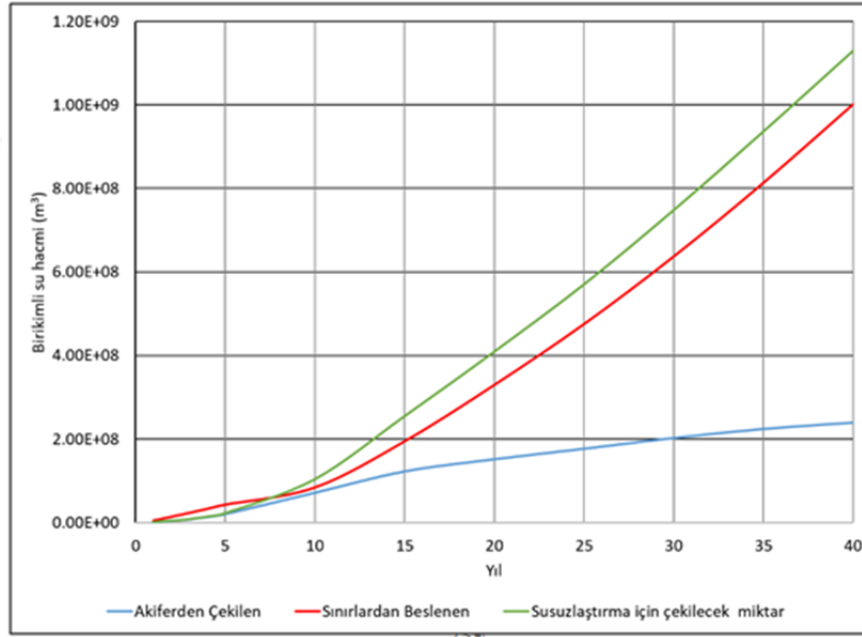


Şekil 4.23. Susuzlaştırma hedefinin ocak yüzeyinden 50+5 m alınması durumunda drenaj edilmesi gereken su miktarları (Gül ve ark., 2018)

İlk 5 yıl boyunca ocak çevresinde akiferde bulunan yeraltı suyu drene edilmekte, ocağın derinleşip yaygınlaşmasına bağlı olarak, model alanının sınırlarından kazı alanına doğru akım gerçekleşmektedir. 10. yıldan itibaren çekilecek suyun %86'sı sınır koşulları aracılığıyla sağlanmaktadır (Şekil 4.23.). Hidrojeolojik model sınırlarından dışa boşalım neredeyse sıfırlanmaktadır. Model alanının sınırlarında, içe ve dışa akış başlıca karbonatlı kayalar aracılığıyla olmaktadır. Sınır transfer katsayıları, litolojik birimlerin hidrolik iletkenlik katsayılarına bağlı olduğundan (Şekil 4.24.), düşük geçirgenliğe sahip kömür ve gıda birimlerinden önemli bir beslenme olmamaktadır.



Şekil 4.24. Model katmanındaki hidrolik iletkenlik katsayısı dağılımı (Gül ve ark., 2018)



Şekil 4.25. Susuzlaştırma için çekilecek suyun kökeni (Gül ve ark., 2018)

E-Sektörünü dipten kat eden Çayderesi formasyonundan gerçekleşecek bir drenaj, akış aşağıda bu birimden beslenen kaynak ve nehirlerin beslenimini azaltacaktır. Diğer taraftan taban kilinin bariyer niteliği taşıması nedeniyle karbonatlı kayalardan bu ölçüde bir drenaj gerçekçi bir hedef oluşturmamaktadır. Susuzlaştırma hedefinin kömür tabanı ya da gerçekçi bir derinliğe revize edilmesi hem drenaj sürecini daha efektif hale getirecek hem de çevresel etkileri azaltacaktır.

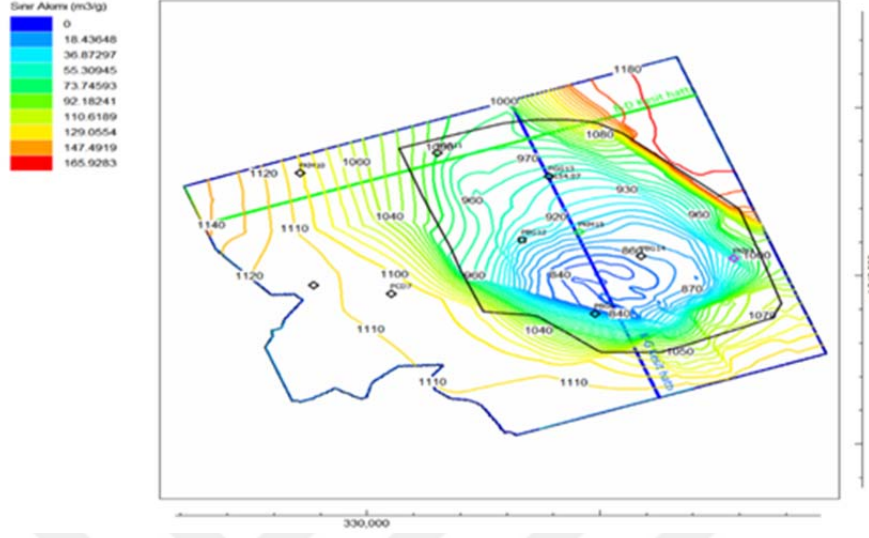
Bu şekillerde, model sınırlarında yer alan hücrelere tanımlanan sınır koşullarından, 10 ve 40 yıl sonunda gerçekleşen akım değerleri yer almaktadır (Şekil 4.25.). Model alanı içinde ise söz konusu dönemlere karşılık gelen hidrolik yük değerleri dağılımı görülmektedir. Çöllolar ile sınır olan kesimden gelen akım 10. yıl da 1.5 l/s'ye kadar ulaşmaktadır. 40. yılda bu değer 1.8 l/s civarına çıkmaktadır. Model ile hesaplanan bu akımın gerçekleşmesi, bu sınıra atanmış sınır yük değerinin değişmemesine bağlıdır. Çöllolar sahasında yapılacak susuzlaştırma ile bu değer azalması, E-Sektöründe kazı alanına gelecek suyun azalması anlamına gelmektedir. Kazı alanının doğusunda da hidrolik gradyan kazı alanına doğru olmakla birlikte, sınır ile kazı alanında Kemaliye formasyonunun geçirimsiz birimleri önemli bir akışa izin vermemekte ve hidrolik yük konturları bu sınır boyunca sıkışmaktadır. 10. yıl sonunda model alanının dışına yaklaşık 3 m<sup>3</sup>/gün değerinde bir dışa akış varken, 40.yıl sonunda tüm sınırlardan model alanına doğru bir akış olmaktadır (Şekil 4.26.).

Model sonuçlarından görüleceği üzere, E-Sektöründe yapılacak işletmenin etkisi tüm model sınırlarında görülmektedir. Bu nedenle hesaplanan değerler model sınırlarına atanan değerlere oldukça bağlıdır. Diğer taraftan çalışma sahasının kuzey ve kuzeybatısında işletme halinde olan ocaklardaki susuzlaştırma faaliyetleri de E-sektöründeki hesaplamaları etkilemektedir. Bu çalışmada E-Sektörüne odaklanmış, imkanlar ölçüsünde komşu alanlarda ulaşılabilen verilerle bir değerlendirme yapılmıştır. Ancak bu üç ocağın, aynı hidrojeolojik bir sistemin

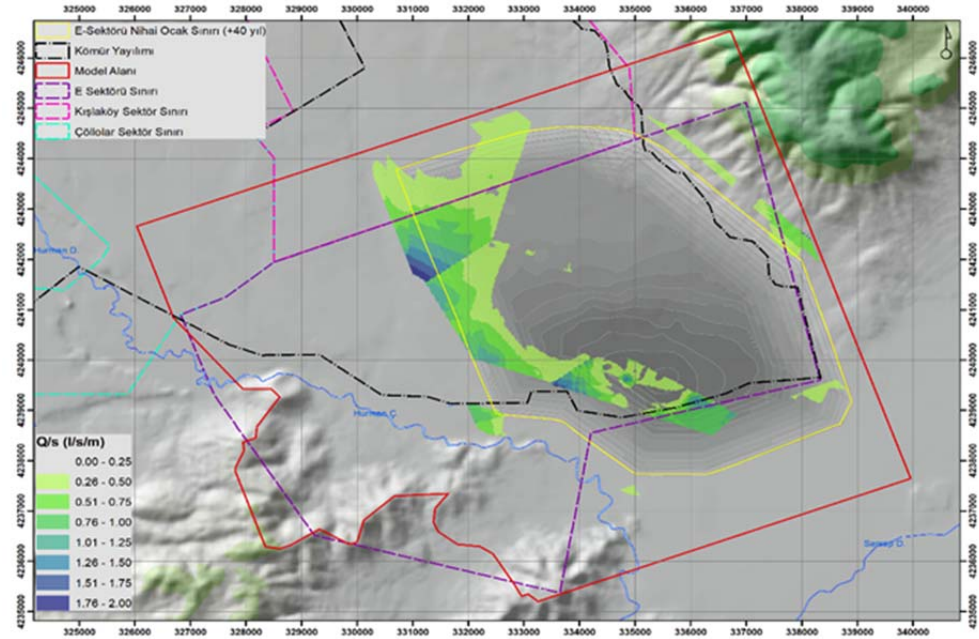
parçası oldukları düşünüldüğünde, bu üç sistemin içinde bulunduğu hidrojeolojik sistemin tamamını bir arada modellemenin gereği ortaya çıkmaktadır.

Susuzlaştırma kuyularının yeri ve sayısını belirlemede bir ölçüt olması amacıyla nihai ocak sınırı çevresinde 400 m'ye kadar uzanan bir mesafede özgül kapasite değerleri, model verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda, en derin susuzlaştırma hedefi içerisinde kalan model hücrelerinin iletkenlik (transmissivite) ve depolama katsayıları, model verileri kullanarak hesaplanmıştır. Özgül kapasite değeri kararsız akım koşullarında zamanla azalmaktadır, ancak yapılan hassasiyet analizinde bu değerin 40 yıl içerisinde en fazla %12 azaldığı görülmüştür. Bu nedenle hesaplamada zaman 1 yıl ve kuyu yarıçapı da 15 cm olarak alınmıştır. Nihai ocak sınırının içerisinde, birimlerin hidrolik iletkenliği ve özgül kapasiteleri çok düşük çıkmıştır. Taban kilinin kalınlaşıp derinleştiği bu kesimde özgül kapasite 0.25 l/s/m'nin altında değerlere sahiptir. Bu kesimde, basamaklara açılacak kanallar ile yüzey drenajı gerçekleştirilebilir. Özgül kapasitenin en yüksek olduğu kesim, ocağın kuzeybatı kesimi olup, susuzlaştırma hedefinin -50 m olarak alınması nedeniyle bu kesimde Çayderesi formasyonu kesilmekte ve özgül kapasite değerleri 2 l/s/m değerlerine ulaşmaktadır. Doğu şevinin üst kotlarında bu değer 0.5 l/s/m mertebesindedir. Özgül kapasite dağılımı (Şekil 4.27.) sunulmuştur. Bu veriler aracılığıyla hangi hücreden ne kadar su çekilebileceğine karar vermek mümkündür. Özgül kapasite değerleri, -50 m susuzlaştırma hedefi esas alınarak hesaplanmıştır. Alternatif işletme planlarında, susuzlaştırma hedefinin kömür tabanına çekilmesi durumunda özgül kapasite değerleri drene edilecek yeni derinlik için revize edilmelidir. Nitekim test kuyularının büyük kısmında, kuyu kayıpları tespit edilmiştir. Kuyu kayıplarının fazla olduğu kuyular, akiferde yeterli düşüm yaratamayıp istenilen drenaj hedeflerini sağlayamayacağı için daha fazla kuyu açılmasına ve daha fazla enerji harcanmasına yol açacaktır.





Şekil 4.26. 40. yıl sonunda susuzlaştırma sonucu oluşacak hidrolik yük (m) dağılımı (Gül ve ark., 2018)



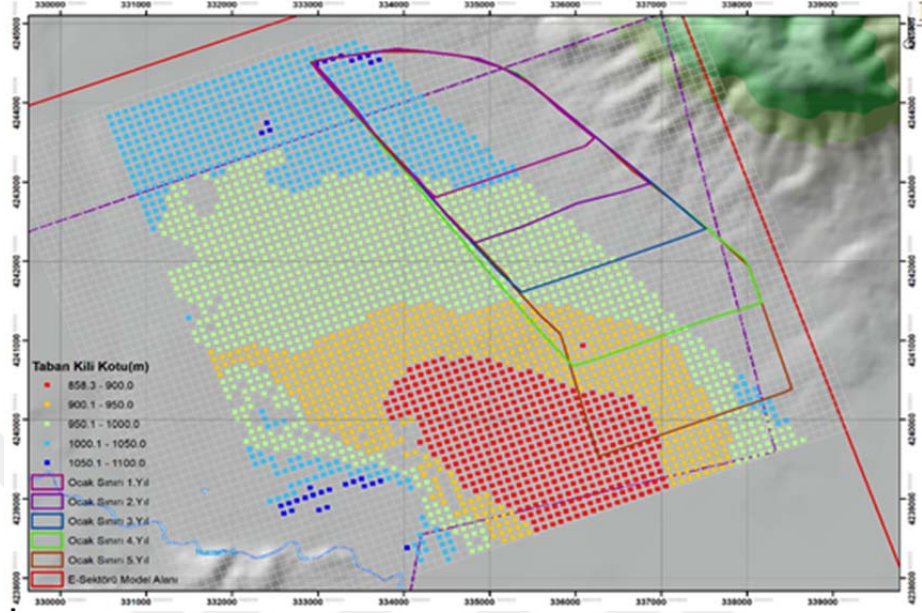
Şekil 4.27. Nihai ocak sınırı ve 400 m çevresinde 860 m kotu üzerinde kalan birimlerde özgül kapasite dağılımı (Gül ve ark., 2018)

**4.8.1. Susuzlaştırma Planı (5 Yıl)**

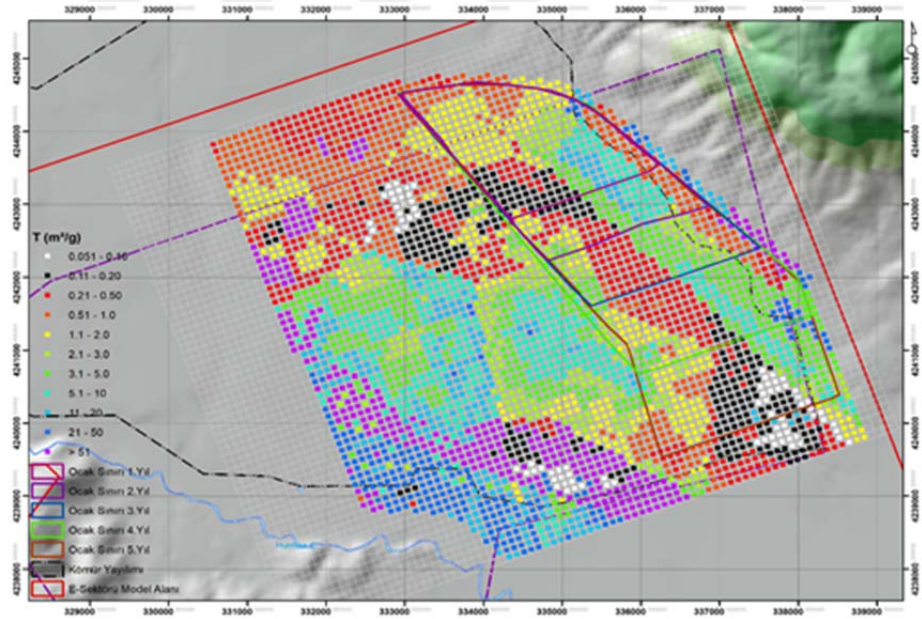
Yukarıda özetlenen yaklaşım doğrultusunda ocak gelişiminin 5 yılı için bir susuzlaştırma planı geliştirilmiştir. Şekil 4.28.- Şekil 4.29. arasında, taban kili kotu, bu kot üzerinde tavan kiline kadar drene edilecek birimlerin iletkenlik (transmissivite) katsayısı dağılımı ve potansiyel kuyu derinlikleri 100 m aralıklarla sunulmuştur (Şekil 4.30.). Şekiller üzerinde ocağın birer yıllık gelişim alanlarının sınırları da gösterilmiştir. Yeraltı suyu akım modelinin optimizasyon programı ile birlikte çalıştırılması sonucu, 3 yıl madencilik faaliyetleri öncesi ve 5 yıl madencilik faaliyetleri için optimum kuyu lokasyonları şekil 4.31.'de verilmiştir.

İlk dönem, madencilik faaliyetlerine başlamadan önceki 3 yılı ve işletme planına göre ilk 1 yıllık kazı periyodunu kapsamakta olup madencilik faaliyetleri 4. yılın başında başlamış olacak, dönem 4. yılın sonunda tamamlanacaktır. Benzer biçimde 2. Dönem ise 2. yıl ocak gelişim alanındaki madencilik faaliyetlerinden 3 yıl öncesinden başlamaktadır. Bu dönemin sonu susuzlaştırma faaliyetlerinin 5. yılını, madencilik/kazı faaliyetlerinin 2. yılını ifade etmektedir. Her dönem toplam 4 yıllık bir periyottan meydana gelmekte olup bunun ilk 3 yılı susuzlaştırma, son 1 yılı ise kazı dönemidir. Her dönemde madencilik faaliyetleri başladığında, ocak kazı alanındaki kuyular devreden çıkacaktır. Ocak sınırları çevresinde ve kenarları beyaz kare ile işaretlenmiş ocak dışı kuyular ise her dönem madencilik faaliyetleri başlamadan 3 yıl önce açılacak ve 5 yıllık madencilik faaliyet dönemi boyunca drenaja devam edecektir.

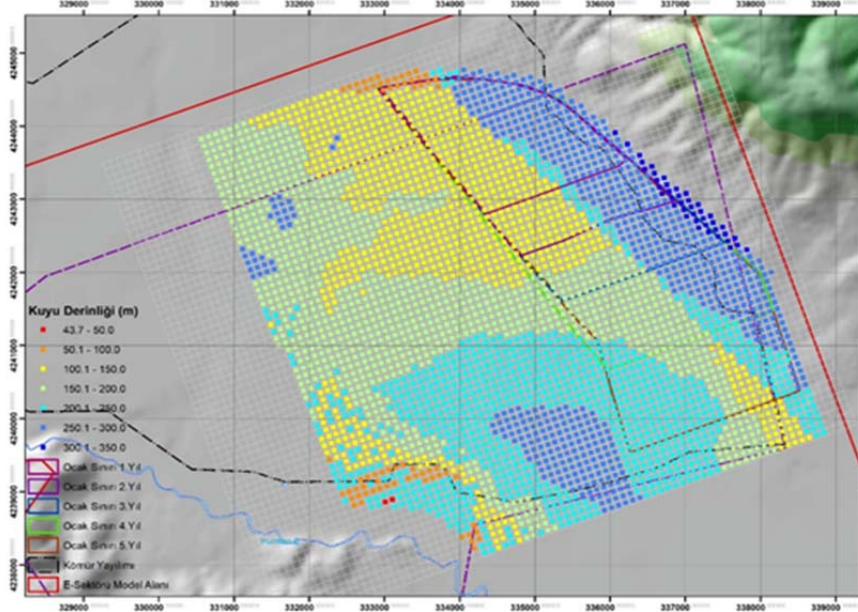
Susuzlaştırma için açılacak kuyuların sayısı, toplam sondaj derinliği ve çekilecek toplam su miktarlarının dönemlere göre dağılımı Çizelge 4.9.'da özetlenmiştir. Ocak kazı alanı sınırı dışındaki kuyular çizelgede belirtilen dönemine göre dönem başlangıç yılında açılacak, aynı çizelge 4.9.'da verilen devreden çıkarma dönemine (bir önceki dönemin bitiş yılı) kadar aktif olarak çalıştırılacaktır. Kazı alanı sınırı dışındaki kuyular ise işletme dönemi sonuna kadar aktif olacaktır. İlk susuzlaştırma döneminde (3 yıl madencilik öncesi + 1 yıl madencilik faaliyeti dönemi) toplam 175 drenaj kuyusu açılacak ve 144.2 l/s drenaj gerçekleştirilecektir.



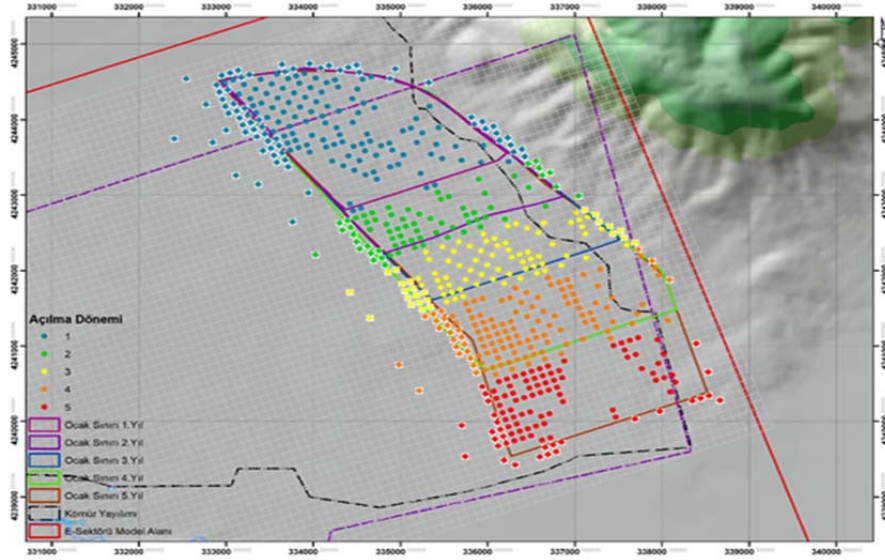
Şekil 4.28. E Sektörü işletme alanında taban kili üst kot (m) dağılımı (Gül ve ark, 2018)



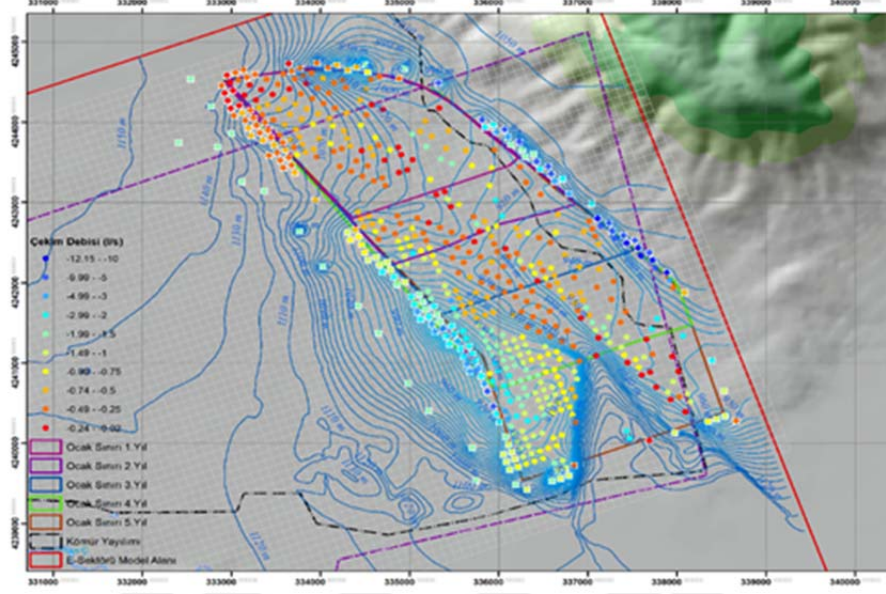
Şekil 4.29. E Sektörü işletme alanında taban ve tavan killeri arasında transmissivite katsayısı (T, m<sup>2</sup>/gün dağılımı) (Gül ve ark, 2018)



Şekil 4.30 E Sektöründe susuzlaştırma için açılacak kuyuların potansiyel derinlik (m) dağılımı (Gül ve ark, 2018)



Şekil 4.31. Madencilik faaliyeti öncesi (3 yıl) ve madencilik faaliyeti (5 yıl) süresince optimum susuzlaştırma kuyularının susuzlaştırma dönemlerine göre dağılımı (Gül ve ark, 2018)



Şekil 4.32. 5 yıllık işletme dönemi sonunda ocak çevresinde susuzlaştırma sonucu oluşacak hidrolik yük dağılımı (Gül ve ark. 2018)

Çizelge 4.9. Susuzlaştırma kuyularına ait veriler (Gül ve ark., 2018).

DÖNEM	DÖNEM BAŞLANGICI	DÖNEM BİTİŞİ	TOPLAM SONDAJ DERİNLİĞİ (M)	TOPLAM ÇEKİM DEBİSİ (LT/SN)	KUYU SAYISI
1	1. yıl	4. yıl	30813	144.2	175
2	2. yıl	5. yıl	13273	81.1	71
3	3. yıl	6. yıl	19343	176.4	92
4	4. yıl	7. yıl	26545	209.5	125
5	5. yıl	8. yıl	22669	123.1	100
<b>TOPLAM</b>			112643	734.3	563

Şekil 4.31.'de verilen ocak içi kuyuların dağılımı incelendiğinde, ocağın kuzeybatı ve batı kesiminde kuyuların yoğunlaştığı görülmektedir. Kışlaköy drenajı nedeni ve Kışlaköy fayının geçirimsiz davranışı nedeniyle E-Sektörünün

kuzey ya da doğusundan önemli bir yeraltı suyu katılımı olmamaktadır. Şekil 4.32.'de susuzlaştırma kuyularının debi dağılımı ile 5 yıllık susuzlaştırma dönemi sonunda ortaya çıkacak hidrolik yük dağılımı görülmektedir. Ocağın ilk yıl işletmeye alınacak kısmında geçirgenlik oldukça düşük olduğundan bu dönem açılacak kuyuların çekim debileri çok düşük olmaktadır. Bu nedenle daha çok kuyu açılması gerekmiştir. Takip eden dönemlerde de benzer biçimde ocak içerisinde açılması gereken kuyuların debileri oldukça düşüktür. Geçirgenlik batıya doğru artmakta ve çekim debileri artmaktadır.

E-Sektöründe kömür ve üzerinde yer alan düşük geçirgenliğe sahip birimlerin yenilenme hızları oldukça düşüktür. Bu nedenle ocağın batısında açılacak kuyular ile gerçekleştirilecek bir susuzlaştırma ile işletme döneminde ocakta bir yeraltı suyu yükselimi beklenmemektedir. Ocağın batısında yaklaşık ocak sınırından 500-2000 m uzaklıkta açılmış KB-GD uzanımlı hat boyunca açılacak kuyular, batıdan gelecek drenajı engellemek amacıyla açılmıştır. Bu kuyular dönemlere göre açılacağı gibi, madencilik faaliyetleri öncesinde hepsi aynı zaman da açılabilir.

Düşük geçirgenliğe sahip bölgelerde kuyuya doğru olacak akım, kuyu kayıplarından oldukça etkilenecektir. Bu nedenle kuyu inşaatı sırasında, çakılama ve geliştirmenin yüksek standartta yapılması, filtre açıklıklarının tane boyuna göre tasarlanması çok önemlidir. İletkenlik (Transmissivite) katsayısının düşük olduğu bölgelerde kuyu çapının geniş tutulması da kuyuya doğru drenajı olumlu etkileyecektir.



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Afşin Elbistan Kömür Havzası E Sektöründe yer alan gıdya birimi ve bununla hidrolik ilişkisi olan diğer formasyonların hidrolik özelliklerin belirlenmesi amacı ile yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Çalışma alanında yer alan stratigrafik istif, dolomitik-kristalize kireçtaşından oluşmuş Çayderesi formasyonu ile başlar Karaböğürtlen formasyonu, Köseyahya formasyonu ve üzerine uyumsuz olarak yerleşen kumtaşı, silttaşı ardalanmalı Kemaliye formasyonu ile devam eder. Bu formasyonların üzerine ise turkuaz renkli karbonat yumrulu orta plastik kil olan Taban kili, gri gıdya yer yer bej gıdya bantlı kömür horizonu, gri-bej gıdya, gölsel kireçtaşı, mavi-yeşil kil, lehim ve alüvyon yelpaze ve yamaç molozları gelmektedir.

Söz konusu çalışma kapsamında açılan sondaj kuyularına ait litoloji loglarında da görüleceği üzere kömürlü zon içerisinde, üzerinde ve altında önem arz edecek derecede gıdya birimi bulunmaktadır. Organik madde bakımından zengin killi siltli birim olan gıdya çalışma alanında bej ve gri olmak üzere iki farklı seviyede gözlemlenmiştir. Genel olarak havza içerisinde farklı kalınlıklarda gözlenen gıdya, yapılan sondajlarda 3-110 metre aralığında kalınlık değişimi göstermektedir. Bej gıdya 13,10-107,30m, gri gıdya 3,60-73,50m, kömür horizonu 1,90-74,60m arasındaki derinliklerde kesilmiştir. Havza kenarında yükselen birimler (Çayderesi formasyonu, Kömür-Gıdya) havzayı sınırlayan normal faylarla yükselen topografik bölgelerden yükseltisi daha az olan düzlüklere doğru basamak oluşturan alüvyon yelpaze ile kontak halindedir.

Fakat açık ocak işletme alanlarında, kömürlü zon ve üstünde bulunan katmanların yeraltı suyu yenilenme ve geçirgenlik hızlarının düşük olması nedeniyle havzanın tabanda bulunan karstik akiferden beslenme oranı oldukça düşüktür.



Meteoroloji istasyonlarından alınan 1971-2012 yılları arasındaki yağış verileri kullanılarak çalışma alanının ortalama yıllık yağış miktarı 418,73mm, yıllık ortalama sıcaklık 10,38 °C, Turc yöntemi ile hesaplanan yıllık ortalama buharlaşma miktarı 267,48mm olarak hesaplanmıştır.

Çalışma alanında stratigrafik olarak tabanda bulunan kireçtaşı formasyonu (Çayderesi) karstik akifer, üzerindeki taban kilinin ( $6.7 \times 10^{-11}$  m/sn) düşük hidrolik iletkenlik katsayısına sahip olması ile geçirimsiz katman, üst katmanda bulunan lehim serbest akifer, gıdya ve altında yer alan kömür katmanları ise basınçlı/yarı basınçlı akifer olarak tanımlanmıştır. Basınçlı/yarı basınçlı akifer olan gıdya ve kömür katmanlarının üstteki serbest akifer ile hidrolik etkileşimi bulunmadığı gibi aynı şekilde drenaj kanalları ve Hurman Çayı ile de hidrolik bir etkileşimi yoktur.

E Sektöründe bindirme fayı ile Çayderesi-Köseyahya akiferleri ile gıdya-kömür birimleri arasında bulunan Kemaliye formasyonunun geçirimsiz bir katman olduğu saptanmıştır. Ayrıca serbest akifer özelliği gösteren kuvaterner birimlerin (lehim, alüvyon), basınçlı gıdya-kömür yeraltı su sisteminden farklı bir sisteme dahil olduğu belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen akifer testleri ile toplam 12 farklı test sahasında açılan 47 kuyuda 29 adet sabit debili çekim testi ile 40 adet slug testi gerçekleştirilmiştir. Akifer testlerinden elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile E-Sektöründe hidrolik iletkenlik katsayısı gıdya biriminde  $5.4 \times 10^{-5}$  ile  $5 \times 10^{-9}$  m/sn, kömür de  $7.5 \times 10^{-7}$  ile  $1.1 \times 10^{-10}$  m/sn, Kemaliye formasyonunda  $1.3 \times 10^{-6}$  m/sn, Çayderesi formasyonunda ise  $1.01 \times 10^{-5}$  ile  $2.6 \times 10^{-6}$  m/sn arasında hesaplanmıştır.

Taban kili için yapılan bir testte ise  $6.7 \times 10^{-11}$  m/sn değeri elde edilmiştir. Yapılan akifer testlerinde hidrolik parametrelerin hem düşey hem de yatay yönde kısa mesafede dahi önemli derecede değiştiği belirlenmiştir. Hidrolik parametrelerin aynı birim içinde bile oldukça değişkenlik gösterdiği ve yeraltı suyu sisteminin son derece heterojen bir özellik sunduğu tespit edilmiştir.

Akifer testleri sonrasında yeraltı suyu kökeninin belirlenmesi amacı ile alınan örneklerde yapılan kararlı izotop ( $^{18}\text{O}$ - $^2\text{H}$ ) analizi sonucunda  $^{18}\text{O}$  değerlerinin -7‰, -13‰,  $^2\text{H}$  değerlerinin ise -50‰, -90‰ aralığında olduğu saptanmıştır. İzotop içeriklerinin değerlendirilmesi sonucunda, E Sektöründe kömür ve gıda katmanlarında bulunan yeraltı suyunun mevcut koşullarda, ne kireçtaşı formasyonlarında yer alan yeraltı suyundan ne de güncel yağışlardan etkilenmediği görülmektedir. Kömür ve gidyanın tabanında ve tavanında yer alan kil katmanlarının, çökellerinin olduğu dönemde gözeneklerde bulunan yeraltı suyunu güncel dolaşımdan izole ettiği tespit edilmiştir.

Havzanın sınırlarında ise tektonizmaya bağlı olarak yükselen kömür ve gıda birimi, kireçtaşı formasyonu ile kontak haline gelmiş olması nedeniyle bu birimlerde bulunan yeraltı sularının karışmış olduğu görülmektedir. Ancak kömür ve gidyanın hidrolik iletkenliğinin ve bu katmanlar ile kireçtaşı formasyonu arasındaki doğal gradyanın da düşük olması nedeni ile katmanlar arasındaki yeraltı suyu etkileşiminin kısıtlı olduğu söylenebilir. Yeraltı suyunun kökenini belirlemek için yapılan analizlerde, genç çökeller içerisinde yer alan yeraltı suyunun çok yavaş hareket ettiği, yenilenmesinin çok uzun süre aldığı saptanmıştır.

E Sektöründe daha önceki çalışmalarda açılan tüm sondaj verileri de dahil olmak üzere bir veri tabanı oluşturulmuştur ve bu doğrultuda 3 boyutlu jeolojik model yapılmıştır. Bu çerçevede 3 boyutlu jeolojik modelde heterojenlik dikkate alınarak akifer testleri ile belirlenen hidrolik özelliklerin tanımlayıcı istatistikleri (bkz. çizelge 3.7.), gerçeğe daha yakın susuzlaştırma simülasyonu oluşturmak amacı ile yeraltı suyu akım modelinde kullanılarak susuzlaştırma planı yapılmıştır.

Yeraltı suyu akım modeli ile susuzlaştırma hedefinin taban kilinden daha aşağıya inmediği koşullarda susuzlaştırma için drenajın oldukça düşük bir debi ile gerçekleştiği, ancak hedef seviyenin tabanda bulunan Çayderesi formasyonuna ulaşması ile çekilecek su miktarının önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. E Sektörü içerisinde taban kilinin kalınlığının her yerde aynı olmadığı tespit edilmiştir. Taban

kilinin kalınlığının azaldığı bölümlerde karstik akifer basıncının yüksek olması nedeniyle hidrolik basıncı düşürmek için ek susuzlaştırma çalışmalarına ihtiyaç duyulacaktır.

Yeraltı suyu akım modeli verileri kullanılarak basınçlı akifer katmanları için yapılan özgül kapasite hesaplamasında, kömür-gıdya katmanlarının 0.25 l/s/m'den daha düşük bir kapasiteye sahip oldukları belirlenmiştir. Özgül kapasite değerleri -50m susuzlaştırma hedefi gözetilerek hesaplanmıştır.

E sektöründe tanımlanan heterojen hidrolik özellikler, planlanan açık ocak işletmesi esnasında susuzlaştırma çalışmalarının kömür-gıdya katmanlarında standart bir hidrolik parametre gözetilerek planlanmasının mümkün olmadığını da göstermiştir.

Yeraltı suyu akım modeli çalışması neticesinde gıdya ve kömürlü birimin ocak ilerlemesinden önce minimum 3 yıl süre ile susuzlaştırılması öngörülmektedir ve nihai şevlerin bölgesel olarak (basamak kuyuları) susuzlaştırılması ocak ömrü boyunca devam etmelidir.

E Sektörü için kurgulanan yeraltı suyu akım model sınırı, kazı alanına oldukça yakındır. Bu yüzden madencilik faaliyetlerinin başlaması ve/veya sınır yük değerlerinin hidrolojik süreçlerden etkilenmesi durumunda oldukça farklı dinamiklerin ortaya çıkması ve mevcut parametre tanımlamalarının yetersiz kalması mümkündür. Bu nedenle, sınır koşullarının dinamik yapısının tanımlanmasına yönelik bir gözlem ve test çalışması kurgulanmalıdır.

Yapılan modelleme çalışmaları sonucunda, havzadaki akiferler arasındaki hidrolik etkileşimi kontrol eden hidrolik özelliklerin, sınır ve beslenme koşullarının bölgesel ölçekte belirlenmesi bu amaçla bir izleme ağı kurularak sürekli ölçümlerin (yas, izotop, hidrojeokimya vb.) yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

## KAYNAKLAR

- Akbulut, İ., Aksoy, T., Çağlan, D., Ölmez, T. (2007). Afşin - Elbistan Kışlaköy Açık Kömür İşletmesi Şev Stabilitesi Çalışması (1. Kısım). MTA Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etütleri Dairesi Başkanlığı, Kaya ve Zemin Mekaniği Birimi, Ankara, 228 s.
- Akbulut, İ., Aksoy, T., Ölmez, T., Çağlan, D., Onak, A., Çam, İ., Sezer, S., Çevik, M., Çalışkan, V., Yurtseven, N. ve Sülükçü, S.. (2008). Afşin-Elbistan Kışlaköy Açık Kömür İşletmesi 2. Kısım I. Bölüm Şev Stabilitesi Çalışması. MTA Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etütleri Dairesi Başkanlığı, Jeoteknik Araştırmalar Koordinatörlüğü, Ankara, 310 s.
- Akbulut, İ., Aksoy, T., Onak, A., Çağlan, D., Çam, İ., Ölmez, T., Yurtseven, N. ve Arıcı, N.,. (2009). Afşin-Elbistan Kışlaköy Açık Kömür İşletmesi 2. Kısım II. Ve III. Bölüm Şev Stabilitesi Çalışması. MTA Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etütleri Dairesi Başkanlığı, Jeoteknik Araştırmalar Koordinatörlüğü, Ankara, 115 s.
- Akbulut, İ., Çam, i., Aksoy, T., Çağlan, D. ve Ölmez, T. (2013). Açık ocaklarda şev duraysızlığı ve geriye dönük analizlere bir örnek: Afşin-Elbistan Kışlaköy Açık Kömür Ocağı, MTA Dergisi 147; 115-126
- Akbulut, İ., Çam, İ., Odacı, B., Coşar, Y.A., Aslan, İ., Yılmaz, N.P. Sülükçü, S., Sakaoğlu, İ. (2015a). Kahramanmaraş Afşin-Elbistan Kömür Havzası E-Sektörü Jeoteknik Etüt Çalışması. MTA Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı, Jeoteknik Araştırmalar Koordinatörlüğü, Ankara, 409 s.
- Akbulut, İ., Çam, İ., Odacı, B., Coşar, Y.A., Aslan, İ., Dalyan, İ. (2015b). Kahramanmaraş Afşin-Elbistan Kömür Havzası E-Sektörü Şev Stabilitesi Çalışması. MTA Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı, Jeoteknik Araştırmalar Koordinatörlüğü, Ankara, 143 s.

- Akbulut, İ., Bekar, K., Aslan, İ., Şan, Ö., Gündüz, M., Tosuner, S., Bekar, T., Yurtsever, N., Koç, E., Sakaoğlu, İ. (2017). Kahramanmaraş Afşin Elbistan Kömür Havzası E Sektörü Paleotopoğrafyeraleti sunım Belirlenmesine Yönelik Jeolojik, Jeofizik ve Jeoteknik Etüt. MTA Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı, Ankara, 191 s.
- Bedi, Y., Yusufoglu, H., Usta, D., Özkan, M.K., Beyazpirinç, M., Yıldız, H., (2009). Doğu Torosların jeodinamik Evrimi (Afşin-Elbistan-Göksun-Sarız dolayı). MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 11150, Ankara, 388 s.
- Besbelli, B., Karaca, K., Gökmenoğlu, O. (2009). Afşin-Elbistan Kömür Havzası HB ve HD Sektörlerinin Jeoloji, Rezerv ve Hidrojeoloji Raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara, 262 s.
- Craig, H., (1961). Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133: 1702–1703
- Dansgaard, W., (1964). Stable isotopes in precipitation. *Tellus*, 16: 436–468.
- Darbaş, G., (2012). Pliocene Non-Marine Ostracods of a Coal Basin in Southeastern Region of Turkey. *Arab J Sci Eng* (2012) 37:1423–1437
- Ergüder, İ., Kızıldağ, İ. ve Günkel, Ş., (2000), AEL Kışlaköy Açık işletmesi Doğu Nihai Şevi Jeofizik Rezistivite Etüdü raporu, TKİ Genel Müdürlüğü (Yayımlanmamış).
- Gökmenoğlu, O., Aslan, M. (2013). Afşin-Elbistan Kömür Havzası Hidrojeoloji İncelemesi Projesi Hurman Çayı Doğu Bölgesi Drenaj Raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara, 236 s.
- Gökmenoğlu, O., Bayram, A., Zeyrek, C., Şahan, M., İncegil, F., Özsoy, H., (2012). Afşin Elbistan Kömür Havzası Hidrojeolojik İncelemesi Projesi Kışlaköy Sektörü Batı Şevi Pompa Testi Raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara, 39 s.

- Gökmenoğlu, O., Uyanık, M., Yıldız, H. (2014). Afşin-Elbistan Kömür Havzası E Sektörü Hidrojeoloji Etüt ve Kışlaköy Sektörü Sondajları Raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara, 162 s.
- Gözübol, A.M., Kocaarslan, İ., Başçetin, A., vd. (2012). Afşin-Elbistan Kömür Havzası Kışlaköy Açık Ocak İşletmesi Jeolojik ve Hidrojeolojik Değerlendirme Raporu. İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul, 85 s.
- Gül, Y., Görgülü, K., Durutürk, Y.S., Demirci, A., Şengün, B., Erdem, B., Değirmenci, M., Yüksek, S. (2017a). Afşin-Elbistan Kömür Havzası E-Sektörü Şev Tasarımı. Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas, 146 s. (Yayınlanmamış)
- Gül, Y., Görgülü, K., Tezcan, L., Durutürk, Y.S., Demirci, A., Şengün, B., Kalaycıoğlu, N.E. (2017b). Afşin-Elbistan Kömür Havzası E-Sektörü Akifer Katmanlarının Hidrojeolojik Parametrelerinin Belirlenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi, Cumhuriyet Teknokent Teknoloji Transfer Ofisi, Sivas, 186 s. (Yayınlanmamış)
- Gül, Y., Görgülü, K., Tezcan, L., Durutürk, Y.S., Demirci, A., Şengün, B., Kalaycıoğlu, N. E. (2018). Afşin-Elbistan Kömür Havzası E-Sektörü Susuzlaştırma Planı, 167s (Yayınlanmamış)
- Gürsoy, E. Özcan, K., Yücel, A.R., (1981). K.Maraş Elbistan D1 Sektörü Kömür Yatağı Jeoloji Raporu. MTA Raporu: 7054
- Merlivat, L. and Jouzel, J., (1979). Global climatic interpretation of the deuterium-oxygen 18 relationship for precipitation. J. Geophys. Res., 84, 5029–5033
- Koçak, S., Ulusay, R., Selçuk, Ş. ve İder, H., (1985). TKİ-AEL Kışlaköy Linyit İşletmesi Batı Şevi Stabilitate Etüdü. MTA Raporu. Rapor No: 7717 (Yayınlanmamış).

- Koçak, Ç., Kürkcü, S.N., Yılmaz, S., (2001). Afşin Elbistan Linyit Havzasının Değerlendirilmesi ve Linyit Kaynakları Arasındaki Yeri. AEL Yayını (Yayınlanmamış)
- Namlı, A., Kadioğlu, Y., Kadioğlu, S., Kiliç, C., (2014). EÜAŞ Afşin-Elbistan Havzası Kışlaköy Kömür İşletmesinde Bulunan Organik Materyallerin Havza Araştırması, 145s
- Özbek, T., Güçlüer, S., (1977). Maraş Elbistan Çöllolar-B Linyit Sektörü 1977 Yılı Faaliyet Raporu. MTA, Hizmete Özel, Dosya No: 6352, Ankara.
- Tunoğlu, C., Besbelli, B., Ertekin, İ.K., (2012). Ostracoda (Crustacea) association and a new species (*Dolerocypris anatolia* nov. sp.) from the Pliocene-Pleistocene Afşin-Elbistan (Kahraman Maraş) Coal Basin of Turkey. *Geologica Carpathica*, April 2012, 63, 2, 165-174
- Ural, S., Yuksel, F., (2004). Geotechnical Characterization Of Lignite-Bearing Horizons In The Afsin-Elbistan Lignite Basin, SE Turkey. *Engineering Geology* 75 (2004).
- Werner, M. , Haese, B. , Xu, X., Zhang, X., Butzin, M. and Lohmann, G. (2016). Glacial-interglacial changes in H<sub>2</sub>18O, HDO and deuterium excess-results from the fully coupled ECHAM5/MPI-OM Earth system model. *Geoscientific Model Development*, 9 (2), pp. 647-670
- Yusufoğlu, H., Bedi, Y., Usta, D., Özkan, M.K., Beyazpirinç, M. ve Yıldız, H., (2005). Afşin Elbistan Neojen Havzasının Tektonik Evrimi, *Doğu Toroslar*, 58. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, Ankara

## ÖZGEÇMİŞ

29/07/1984 tarihinde Balıkesir’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Balıkesir’de tamamladı, 2005 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nden 2010 yılında mezun oldu. 2012 yılında Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Entitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Aynı zamanda 2012 yılında Elektrik Üretim anonim şirketinde çalışmaya başladı ve bu süre içerisinde bir çok projede yer aldı ve halen aynı kurumda çalışmaktadır.



## EKLER



- Ek-1. E-Sektörü Litoloji Logları verileri
- Ek-2. E-Sektörü yeraltı su seviyeleri verileri
- Ek-3. E-Sektörü hidrokimya ve izotop verileri