



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**TEHLİKELİ MADEN ATIK BARAJI YAPIMI ÖNCESİNDE UYGUN YER  
TESPİTİ; ETİ MADEN KIRKA BOR İŞLETMESİ ÖRNEĞİ**

**Hazım Burak TURHAN**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Temmuz-2022**

**KONYA**

**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Hazım Burak TURHAN tarafından hazırlanan “TEHLİKELİ MADEN ATIK BARAJI YAPIMI ÖNCESİNDE UYGUN YER TESPİTİ; ETİ MADEN KIRKA BOR İŞLETMESİ ÖRNEĞİ” adlı tez çalışması 29/06/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Prof. Dr. Tayfun ÇAY

#### Danışman

Prof. Dr. Tayfun ÇAY

#### Üye

Prof. Dr. Cevdet Coşkun AYDIN

#### Üye

Doç. Dr. Ela ERTUNÇ

### İmza

.....

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN  
Enstitü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Hazım Burak TURHAN

Tarih: 29.06.2022

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

## TEHLİKELİ MADEN ATIK BARAJI YAPIMI ÖNCESİNDE UYGUN YER TESPİTİ; ETİ MADEN KIRKA BOR İŞLETMESİ ÖRNEĞİ

**Hazım Burak TURHAN**

**Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Tayfun ÇAY**

**2022, 74 Sayfa**

**Jüri  
Prof. Dr. Tayfun ÇAY  
Prof. Dr. Cevdet Coşkun AYDIN  
Doç. Dr. Ela ERTUNÇ**

Madencilik faaliyetlerinin ülkemizde yoğun bir şekilde yapıldığı ve giderek madencilik faaliyetlerinin hız kazandığını söylemek mümkündür. Yalnız madencilik faaliyetlerinin çevreye ciddi olarak zarar verdiği göz ardı edilemez. Çıkan maden atıkları çevre ekosistemini ciddi olarak etkilemektedir. Çevredeki yerüstü suları, yeraltı suları, barajlar gibi su kaynaklarını kirleterek o sulardan faydalanan bütün canlıları olumsuz olarak etkilemektedir. Özellikle de ülkemiz kırsal nüfusunda yaşayan insanların maden atıklarından ciddi olarak zarar gördüğünü söyleyebiliriz. Bu amaçla maden atıklarının farklı metotlar ile yönetilmesi çok önemlidir. Buradaki çalışmada madenlerin yerüstü depolama yöntemiyle bertarafı ele alınacaktır. Bu amaçla yerüstü depolama yönteminde sık kullanılan atık barajlarının önemi, gerekliliği ve yaşanmış bazı atık barajı kazaları ele alınmaktadır.

Çalışma alanımız Kütahya İli merkezinin büyük bir kısmını, Eskişehir İli Seyitgazi İlçesini ve Afyon İli İhsaniye İlçesini kapsamaktadır. Eskişehir İli Seyitgazi İlçesi Kırka Beldesinde bulunan Eti Maden İşletmelerine bağlı Kırka Bor İşletmeleri Müdürlüğü çevresinde, çıkan maden atıklarının depolanması için yapılması gereken atık barajlarının inşası öncesinde uygun yer seçimi çalışmaları yapılmıştır. Konumuz olan maden atık barajlarının yapımı için uygun yer seçiminde; arazinin topografik durumu, çevresel ve iklimsel etmenleri, çalışma alanı jeolojik ve hidrojeolojik durumu, yerüstü su kaynakları, çalışma alanı çevresi ekolojik durumu, arazi kullanım durumu, çalışma alanındaki yollar ve çalışma alanının deprem tehlikesi gibi genel kriterler ele alınmış ve bu kriterlerin baraj yapımında ne tür rol oynadığı belirtilmeye çalışılmıştır. Bu kriterleri Analitik Hiyerarşi Yöntemi(AHY) ile 1/7-7 ölçek değerleri ile ağırlıklandırılarak bütün kriterlerin analizde kullanmak üzere ağırlık değerleri oluşturulmaktadır. Ele aldığımız bu kriterleri ağırlık değerlerine göre coğrafi bilgi sistemleri(CBS) yazılım programı olan ARCGIS 10.3 ile haritalandırılmak suretiyle uygun yer tespiti çalışması sonuçlandırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** AHY, CBS, maden atıkları, maden atık barajı, maden atık yönetimi, uygun yer tespit

## **ABSTRACT**

## **MS THESIS**

# **APPROPRIATE SITE DETERMINATION BEFORE CONSTRUCTION OF HAZARDOUS MINE TAILINGS DAM; ETİ MADEN KIRKA BORON BUSİNESS EXAMPLE**

**Hazım Burak TURHAN**

**Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Geomatics Engineering**

**Advisor: Prof. Dr. Tayfun ÇAY**

**2022, 74 Pages**

**Jury**

**Prof. Dr. Tayfun ÇAY  
Prof. Dr. Cevdet Coşkun AYDIN  
Doç. Dr. Ela ERTUNÇ**

It is possible to say that mining activities are carried out intensively in our country and mining activities are gaining momentum gradually. However, it cannot be ignored that mining activities seriously harm the environment. The mining wastes seriously affect the environmental ecosystem. By polluting the surrounding water resources such as surface waters, underground waters and dams, it adversely affects all living things that benefit from those waters. We can say that especially our people living in the rural population of our country are seriously damaged by mining wastes. For this purpose, it is very important to manage mine wastes with different methods. In this study, the disposal of the mines by the above-ground storage method will be discussed. For this purpose, the importance and necessity of the waste dams, which are frequently used in the above-ground storage method, and some of the experienced waste dam accidents are discussed.

Our study area covers most of the city center of Kütahya, Seyitgazi District of Eskişehir and İhsaniye District of Afyon Province. Appropriate site selection studies were carried out before the construction of the tailings dams required for the storage of the mine wastes around the Kırka Boron Operations Directorate affiliated to the Eti Mine Works in the Kırka Town of Seyitgazi District of Eskişehir. In the selection of suitable places for the construction of mine tailings dams, which is our subject; General criteria such as topographical condition of the land, environmental and climatic factors, geological and hydrogeological condition of the study area, surface water resources, ecological condition of the study area, land use status, roads in the study area and earthquake hazard of the study area were discussed and how these criteria were used in dam construction. attempted to play a role. By weighting these criteria with 1/7-7 scale values with the Analytical Hierarchy Method (AHY), weight values are created for all criteria to be used in the analysis. The appropriate location study was concluded by mapping these criteria, which we discussed, according to their weight values, with ARCGIS10.3, a geographic information systems (GIS) software program.

**Keywords:** AHY, CBS, mine wastes, mine tailings dam, mine waste management, suitable site determination

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimine başladığım ilk zamanlardan beri tezin planlanmasında, geliştirilmesinde benden katkılarımları esirgemeyen ve ileride yapacağım mesleki çalışmalar için bilgi ve birikimlerinden şüphesiz faydalanabileceğimi düşündüğüm değerli danışman hocam Prof. Dr. Tayfun ÇAY' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca maddi ve manevi yardımlarıyla beni destekleyen ve bana yardımcı olan kıymetli aileme teşekkür ederim.

Tez çalışmasında kritik anlarda verdiği yoğun desteklerden ve ilgisinden dolayı çalışmamda ilerlememi sağlayan Eskişehir DSİ 3. Bölge Müdürlüğündeki Yüksek Jeoloji Mühendisi Turgay ESER Bey'e teşekkürü borç bilirim.

Son olarak çalışmam boyunca benim her daim yanımda olan ve beni destekleyen Eti Maden ailesine teşekkürlerimi sunuyorum.

Hazım Burak TURHAN  
KONYA-2022

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ .....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	viii
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Türkiye’de Maden Atıkları Yönetmeliği .....	2
1.2. Maden Atıklarının Yönetilmesi Hakkında Altıncı Çevre Eylem Programı Kapsamında AB Bünyesinde Yapılan Bir Takım Değişiklikler .....	3
1.3. AB Atık Politikası Genel Çerçevesi .....	4
1.4. Maden Atıklarının Bertaraf Yöntemleri .....	5
1.5. Maden Atık Barajları Önemi ve Gerekliliği .....	7
1.6. Maden Atık Barajlarında Yaşanan Sorunlar .....	8
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	17
3.1. Çalışma Alanı .....	17
3.2. Atık Barajları İçin Uygun Yer Tespitinde Dikkate Alınacak Kriterler .....	17
3.3. Atık Barajları İçin Uygun Yer Tespitinde Dikkate Alınacak Kriterlerin AHY İle Değerlendirilmesi .....	39
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	42
4.1. Yer Seçiminde Kullanılan Kriterlerin Analizleri .....	42
4.2. Çalışma Alanımızdaki Kriterlerin İkili Karşılaştırma Yöntemi Ve Ağırlıklı Çakıştırma Analizi Sonucu .....	65
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR .....	71

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$V_i$	: Alan için uygunluk indeksi
$W_j$	: Kriterlere verilen ağırlığın göreceli önemi,
$V_{ij}$	: J verisine karşılık gelen i' inci alternatif skoru.
$\lambda_{max}$	: Maksimum özdeğer
n	: Karşılaştırma matrisinin sıralaması
CR	: Tutarlılık oranı
RI	: Ortalama rastgele tutarlılık endeksi
CI	: Tutarlılık endeksi

### Kısaltmalar

AHY	: Analitik Hiyerarşi Yöntemi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
ÇŞB	: Çevre, Şehircilik ve Su İşleri Bakanlığı
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
AB	: Avrupa Birliği
TC	: Türkiye Cumhuriyeti
GIS	: Geographical Information Systems
DEM	: Sayısal Yükseklik Modeli
AFAD	: Afet İşleri Genel Müdürlüğü
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
PGA	: Peak Ground Acceleration



## 1. GİRİŞ

Ülkemiz gelişmekte olan bir ülkedir. Üretime olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Bu amaçla ülkemizde bulunan yeraltı ve yerüstü kaynakların değerlendirilmesi gerekmektedir. Yeraltı kaynakların işletilmesi de madencilik ile mümkün olabilir.

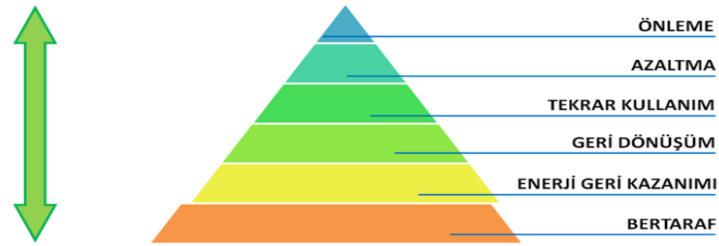
Ülkemizde artan nüfus ile beraber ihtiyacımız olan kaynakları madencilik faaliyetleri ile karşılamaktayız. Madencilik faaliyetleri ile tarım, sanayi gibi diğer sektörlere de ham madde sağlanmaktadır. Yani tarım, sanayi gibi diğer sektörlerin devam edebilmesi madencilik çalışmalarına bağlıdır.

Madencilik faaliyetleri, bulunan yerin kalkınmasını ve yeni istihdam olanaklarının oluşturulmasını sağlamaktadır. Özellikle madencilik faaliyetleri kırsal alanlarda yaygın olduğu için bu alanların gelişmesini ve halka yeni istihdam olanaklarının oluşturulmasını sağlamaktadır.

Madencilik faaliyetlerinin birçok avantajları olduğu gibi tabiki çevresel bakımdan ve sağlık noktasından ciddi zararlarını söylemek de mümkündür. Maden atıklarından çıkan atık döküntüleri, atık barajlardan kaynaklı sızıntılar ve baraj arızaları, madencilik faaliyetleri sonrasında ıslah edilmeyen araziler, madencilik faaliyetleri sırasında çevre su kaynaklarına zehirli madde deşarjı gibi vakalar ciddi ve uzun vadede çevresel ve sosyal zararlara neden olabilmektedir. Bu sebepten maden atık miktarının fazla oluşu ve çevreye olan zararlı etkilerinden dolayı maden atıklarının yönetimi önem arz etmekte ve bu konunun ciddi ve dikkatli bir şekilde tetkik edilmesi gerekmektedir.

Maden atıklarının doğaya salınımı ile çok ciddi problemler oluşur. Bu yüzden çıkan maden atıklarının cinsine, tehlike durumuna göre bir maden atık karakteristik incelemesi yapılır. Buna göre maden atıkları üzerinde çeşitli atık yönetimleri uygulanmaktadır(Şekil 1.1):

- Maden atık oluşumunu önlemek veya en aza indirmek,
- Maden atıklarının geri dönüşümü suretiyle tekrar kullanımını sağlamak,
- Maden atıklarından geri enerji kazanımı,
- Maden atıklarının uygun yöntemlerle bertarafı şeklinde uzaklaştırılmasıdır.



Şekil 1.1. Atık yönetimi aşamaları

## 1.1. Türkiye’de Maden Atıkları Yönetmeliği

Madenlerin aranması, çıkarılması, hazırlanması/zenginleştirilmesi veya depolanması sonucunda ortaya çıkan atıkların yönetilmesine ilişkin usul ve esasları düzenleyen Maden Atıkları Yönetmeliği 15 Temmuz 2015 sayılı tarih ve 29417 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır. Yönetmelik ile getirilen düzenlemeler ile maden atıklarının yönetiminin çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde gerçekleşmesi hedeflenmektedir. Yönetmelik, yayımı tarihinden 1 yıl sonra yürürlüğe girecek olup, tehlikesiz atıkların denizde bertaraf edilmesine vize vermesi yönüyle dikkat çekmektedir. Yönetmelik uyarınca, maden atıkları Yönetmelikte belirlenen şartlar altında bertaraf için denize boşaltılabilir.

Yönetmelik, maden atıkların, tehlikeli, tehlikesiz ve inert atıklar olarak üç sınıf altında toplamaktadır. Maden Atıkların bertaraf edilme süreci bu sınıflandırmaya göre belirlenmektedir. Yönetmelik uyarınca;

- Tehlikeli maden atıkları, Türkiye’deki denizlerde kesinlikle bertaraf edilemez.
- İntert ve tehlikesiz olarak tanımlanan maden atıkları, madencilik faaliyetinin yapıldığı yer merkez olmak üzere yaklaşık 30 km’lik bir yarıçapta kalan karasal bölgede coğrafik, topoğrafik ve jeolojik olarak uygun bir alanın bulunmaması halinde, sadece Karadeniz’in oksijen içermeyen ve canlı yaşamı olmayan ölü tabakasında bertaraf edilebilir.

Çevre Kanunu kapsamında bazı yönetmelikler mevcuttur:

- Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (1991)
- Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (2005)
- Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik (2008)
- Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik (2010)

Atıkların düzenli depolanmasına dair yönetmelikte ise; maden atıklarının sınıflarına göre düzenli depolama kriterleri, mevcut düzenli depolama sahaları iyileştirme planları, lisans

koşullarından bahsedilmektedir. Yine bu yönetmelik ile yeniden düzenleme amacıyla düzenli depolama tesisleri yapılırken zeminden yeraltı suyuna atık su geçirimini sıfıra indirmek için jeomembran kaplamalar yapılması gerektiği vurgulanmaktadır. Sonra jeomembran kaplamalar yapılırken dikkat edilecek hususlara ve kaplamaların sağlamlığı açısından tabii tutulacak testlerden bahsedilmektedir.

Türkiye’de maden atıklarının yönetimi kapsamında atıkların karakterizasyonundan nihai bertarafına ve hatta depolama tesislerinin kapatılmasına kadarki işlemlerden bahsedilmektedir. Yapılacak düzenli depolama tesisleri projesi hazırlanmasında ÇED yeterlilik, çalışacak mühendis vasıfları, proje detayları verilmektedir. Yapılan düzenli depolama tesisi için planlanması gereken düzeltici faaliyetler, kapatma ve kapatma sonrası bakıma da yer verilmektedir.

## **1.2. Maden Atıklarının Yönetilmesi Hakkında Altıncı Çevre Eylem Programı Kapsamında AB Bünyesinde Yapılan Bir Takım Değişiklikler**

Altıncı Çevre Eylem Programı (6. ÇEP) kapsamında Avrupa Birliği’nde öncelikle atığın önlenmesi ardından sırasıyla geri dönüşüm, geri kazanım, atık yakma ve son çare olarak da düzenli depolama yöntemlerinin kullanıldığı bir atık yönetim hiyerarşisi benimsenmiştir (CPS, 2012).

Bu doğrultuda AB, 2010 yılına kadar nihai olarak bertaraf edilecek atık miktarını 2000 seviyesine oranla %20 azaltmayı ve 2050 yılına kadar indirim oranını %50’ye çıkarmayı hedeflemiştir. Bu amaçla, 6. ÇEP atığın daha iyi yönetimi için AB düzeyinde aşağıdaki önlemlerin alınmasını tavsiye etmektedir:

- Tehlikeli maddelerin tanımlanması ve atık ürünlerin üreticiler tarafından toplanması, işlenmesi ve geri dönüşümünün temin edilmesi;
- Tüketicilerin, daha az atık oluşturan ürün ve hizmetleri seçmeleri için teşvik edilmesi;
- Atıkların geri dönüşümü konusunda, Üye Devletler tarafından ilerlemenin karşılaştırılması adına izleme sistemi ve ilgili hedeflerin tesis edilmesi de dahil Avrupa Birliği çapında bir strateji geliştirilmesi;
- Geri dönüşümlü malzemeler için piyasaların geliştirilmesi;
- Yeşil ürün ve süreçlerin teşvik edilmesi için Entegre Ürün Politikası yaklaşımı kapsamında belirli eylemlerin desteklenmesi (Örnek olarak; yaşam döngüsü boyunca çevresel etkileri azaltıcı bir akıllı ürün tasarımı).

Yeni yaklaşım, aynı zamanda atık sorunu ile mücadele etmek üzere yeni yollar tanımlamaktadır:

- Mevzuatı uygulamaya koymak
- Çevre konusunu politika yapmada merkeze yerleştirmek
- Piyasa ile çalışmak
- Çevre dostu seçimler yapılması için insanlara yardım etmek
- Araziyi daha iyi kullanmak

Bu yaklaşım, atık önleme ve yönetimi ile ilgili olarak AB’de son on yılda geliştirilen yasal düzenlemeleri şekillendirmektedir (CPS, 2012).

### 1.3. AB Atık Politikası Genel Çerçevesi

Atıkların yönetimine ilişkin Topluluk politikasının beş ana hedefi bulunmaktadır:

- Çevre dostu olan ve daha az atık-yoğun teknoloji ve işlemlerin teşviki ve çevre dostu olup geri dönüşümü mümkün ürünler üretmek yoluyla atıkların önlenmesi;
- Özellikle hammadde olarak yeniden kullanım ve geri kazanım ile atıkların yeniden işleme tabi tutulmasının teşvik edilmesi;
- Avrupa düzeyinde bağlayıcı çevre standartlarının (özellikle de mevzuat bağlamında) ortaya konması suretiyle, atık bertarafının iyileştirilmesi;
- Tehlikeli maddelerin taşınmasına ilişkin hükümlerin sıkılaştırılması;
- Kirliliğe maruz kalmış arazilerin ıslah edilmesi(CPS, 2012).

Genel olarak, Avrupa Birliği’nde atık yönetimi yaklaşımı üç temel ilkeye dayanmaktadır:

- **Atık Önleme:** Atığın önlenmesi, kaynağında üretilen atık miktarının ve tehlikeli madde içeriğinin azaltılması atık bertarafını kolaylaştırır fikrine dayanmaktadır. Atık önleme eylemleri üretim yöntemlerinin geliştirilmesi ve tüketicilerin, daha çevre dostu ve daha az ambalaj ihtiva eden ürünleri talep etmeleri yönünde teşvik edilmesi ile yakından bağlantılıdır. Atık Önleme ve Geri Kazanımı AB Tematik Stratejisi, bir ürünün; tasarım, üretim, piyasaya arz ve kullanımını kapsayan her yaşam döngüsü evresinde pratik eylemler yoluyla atığın kaynağında önlenmesini desteklemektedir.
- **Geri Dönüşüm ve Yeniden Kullanım:** Geri dönüşüm ve atıkların yeniden kullanımı ilkesi, atığın önlenememesi halinde, ilk etapta geri dönüşüm yoluyla, mümkün olduğunca çok malzemenin geri kazanılmasını hedeflemektedir. Buna göre, daha fazla çevresel etkiye sahip atık akımlarına AB mevzuatı çerçevesinde öncelik verilmektedir. Söz konusu alanlar;

ambalaj atıkları, ömrünü tamamlamış taşıtlar, bataryalar, elektrikli ve elektronik eşya atıkları vb. içermektedir. İlgili yasal düzenlemeler atıkların toplanması, yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve bertaraf edilmesi ile ilgili parametreleri belirlemektedir.

- Nihai Bertaraf ve İzlemenin İyileştirilmesi: Atığın önlenmesinin veya atık geri dönüşüm veya kazanımın mümkün olmadığı hallerde, atığın yakılması veya son çare olarak düzenli olarak depolanması gerekmektedir. Atık yakma ve düzenli depolama ile ilgili AB yasası, atığın söz konusu yöntemlerle çevreye en zarar gelecek şekilde yöntemini öngörmektedir. Bu anlamda, AB hukuku belirli atık türlerini yasaklamakta (örneğin; kullanılmış lastikler), biyobozunur atıkların kademeli olarak azaltılması ve azot oksitler (NO<sub>x</sub>), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve hidrojen klorür (HCL) gibi bazı emisyon limitlerinin belirlenmesi gibi tedbirleri içermektedir.

Sonuç olarak, AB düzeyinde atık yönetimine ilişkin ikincil mevzuat atığın toplanması, bertarafı, geri dönüşümü ve işleme tabi tutulması olmak üzere özellikle de tehlikeli atıklar, ambalaj ve ambalaj atıkları, tehlikeli atıkların sınır ötesi sevkiyatı, tehlikeli atıkların yakılması ve dumping gibi alanları düzenleyen Yönetmelik ve Yönergeler üzerine temellenmektedir (CPS, 2012).

#### **1.4. Maden Atıklarının Bertaraf Yöntemleri**

Madencilik faaliyetleri sonucu oluşan tüm atıkların bertarafında atığın türü, uygulanan yöntem, atığın yeri, yerleşimi, yapım biçimi ve su deşarjı önemlidir. Bu parametreler göz önüne alınarak genel olarak uygulanan atık çamur bertaraf yöntemleri; atık barajlarında bertaraf, yer altı ocaklarında bertaraf, nehir ve göl deşarjı, denizaltı depolama yöntemleridir (Sezgin, 2020).

##### **1.4.1. Yerüstü depolama yöntemleri**

Maden atıklarının veya atık çamurlarının %99.4'ü yerüstü atık barajlarında ve sadece %0.6'sı deniz ortamında depolanmaktadır. Maden atıklarının veya atık çamurlarının yerüstü atık barajlarında uzun süreli/kalıcı olarak bertaraf edilmesi için vadi veya yamaç barajları ile özel olarak inşa edilmiş atık bentleri/barajları gibi yerüstünde bulunan/inşa edilen yapılar kullanılmaktadır. Atık kayalar veya üst örtü atıkları genelde arazi üzerinde depolanırlar, fakat bazen açık maden ocaklarına doldurulabilirler (Vogt, 2012; Trannum ve ark., 2018).



Şekil 1.2. Yerüstü bertaraf yöntemi

#### 1.4.2. Yeraltı ocaklarında bertaraf yöntemleri

Maden atıklarının bertaraf edilmesinde yaygın olarak uygulanan yöntemlerden biri de yeraltı maden işletmelerinde, madenin çıkarılmasıyla oluşan boşluklara, tesis atıklarının çeşitli yöntemler ile doldurulması işlemidir(Şekil 1.3). Yeraltından madeni çıkardıktan sonra yeraltında çeşitli hacimlerde boşluklar oluşur. Oluşan bu boşluklar yüzeyde çöküntü (tasman) ve kaymalara neden olabilir. Dolayısıyla hem bu çöküntüleri önlemek hem de çalışanların güvenliğini sağlamak için oluşan boşluklara dolgu yapılması gerekir (Karadeniz, 1996).

Dolgu için gerekli olan dolgu malzemeleri maden atıklarından elde edilebilir. Ayrıca son zamanlarda, macun dolgu adı verilen basınçlı filtre ile suyu iyice alınmış ve çimento katkılı kuru çamurlar da hem tahkimat hem de atık bertarafını sağladığı için başarıyla uygulanmaktadır (Arol, 2019). Maden atıklarının yeraltında üretimi tamamlanmış boşluklarda dolgu malzemesi olarak kullanılmasında dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan biri de yer altı sularının kirletilmemesidir (Vogt, 2012).



Şekil 1.3. Maden atık çamurların yeraltı ocaklarında depolanması

### 1.4.3. Derin deniz, nehir ve göl deşarjı atık bertarafı

Cevher zenginleştirme atıkları için kullanılan bir yöntemdir. Bu bertaraf yönteminde atıklar deniz veya okyanuslarda kıyıdan uzaktaki derin zonlara bırakılır. Denizin yakın ve derin, yağışın çok, buharlaşmanın az, yerüstü atık bertaraf yöntemlerinin riskli olduğu bölgelerde uygulanır. Diğer ifade ile vahşi bertaraf yöntemi olarak isimlendirilen bu metod, günümüzde birçok ülkede çevresel duyarlılığın artmasıyla terkedilen bir bertaraf yöntemidir (Başçetin ve ark., 2015).

Çalışma alanımızda yerüstü depolama çalışmaları yapılmaktadır. Eti Maden Kırka Bor İşletmeleri için maden atıkları bu şekilde bertaraf edilmektedir. Bu yöntemlerden atık miktarına bağlı olarak en fazla kullanılan yöntem yerüstü depolamadır. Yerüstü depolama çalışmalarında farklı tiplerde atık barajları yapılmaktadır. Bunlar:

- Halka şekilli (padok veya hücreler): Padok veya hücre olarak da bilinen halka şekilli atık depolama tesisleri vadi tipi depolama tesisleri gibi topografik çöküntülere bağlı değildirler. Bu yüzden bu tip yerleşime sahip depolama tesisleri yer seçimi bakımında daha esnek olup zenginleştirme tesisine göreceli olarak daha yakın inşa edilebilmektedirler (Ritcey, 1989).
- Vadi tipi-vadi eni, vadi tabanının eğimi yönüne paralel ve vadi dibi: Vadi tipi atık barajlarının genelde doğal topografyanın avantajını kullanmak için inşa edilmektedir. Bu barajlar, seçilen vadinin topoğrafik özelliklerine göre baraj gövdesi vadi tabanının eğim yönüne dik, paralel ve hem dik hem paralel konumda olacak şekilde üç farklı tipte tasarlanmaktadır. Vadi tabanının eğimi yönüne dik atık barajı dizaynı, vadinin bir yanından öbür yanına yerleştirilen bir seddenin yerleştirilmesi açısından geleneksel tutma barajları ile benzerlik göstermektedir (Vick, 2020).
- Çukur tipi: Açık ocak maden işletme faaliyetlerinin tamamlanmasıyla oluşan çukurların maden atıkları ile doldurulması ile oluşturulan atık baraj tiplerindedir.

### 1.5. Maden Atık Barajları Önemi ve Gerekliliği

Madenlerin işleme tabi tutulması sonucunda ortaya çıkan atıkların, üretiminden nihai bertarafına kadar, çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde yönetilmesini sağlayan mühendislik yapılarına atık depolama tesisleri veya maden atık barajları denilmektedir. Bu mühendislik yapıları, maden atıkları veya atık suyun, tasarlanan alan içerisinde tutularak doğayla etkileşimini kesmek suretiyle depolanması şeklindedir.

Madencilik faaliyetleri ile çıkarılan cevherin zenginleştirilmesi istenir. Madencilik faaliyetleri ile aslında bir tükenen kaynak işlenmektedir. Dolayısıyla bu maden cevherinden maksimum oranda faydalanmak gerekmektedir. Yani maksimum kârı elde etmemiz gerekir ve bu maksimum kârı gelecek nesillerin de kullanabileceği bir ekonomik katkıya dönüştürme zorunluluğu olmaktadır. İşte bu yüzden çıkarılan cevherin her zaman zenginleştirilmesi istenmektedir.

Maden cevheri zenginleştirilirken tabii ki birtakım atıklar ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla geriye kalan istenmeyen kısmın da bir şekilde bertaraf edilmesi istenir. Elbette bu atıkların uzaklaştırılması hem insanların sağlığı için hem de ekosistemin devamlılığı için gereklidir.

Çalışma alanımızda bor madeninin zenginleştirilmesinden çıkan atıklar yerüstü depolama alanları dediğimiz maden atık barajlarında tutulmaktadır.

### **1.6. Maden Atık Barajlarında Yaşanan Sorunlar**

Atık barajlarındaki en önemli sorun baraj yenilmeleridir. Baraj yenilmelerine karşı yapılması gerekenler; öncelikle baraj için doğru yer, doğru baraj seçimi, atık depolanırken barajın yakından takip edilmesi, barajın yöntemine göre yükseltilmesi, işletilmesi, yönetilmesi, doğru yerden beslenmesi, suyun doğru yerden alınması, baraj kapasitesinin aşılmamasıdır (Yıldız, 2017).

Maden atık barajı arızalarına ilişkin Avrupa ve dünya çapındaki olaylar hakkında, atık barajı olaylarının büyük bölümünün meteorolojik nedenlerle yani düzensiz beklenmeyen yağış durumları ve kar erimesi gibi nedenlerden dolayı olmaktadır. Bazı çalışmalarda (Rico ve ark., 2008) meteorolojik nedenlerden kaynaklı baraj kazaları Dünya çapında %25'ini Avrupa çapında %35'ini oluşturmaktadır. Meteorolojik koşullar detaylı incelendiğinde ise atık barajı kazalarının büyük bir yüzdesi %26 olağandışı yağış ve %3 kar ile ilgili olmaktadır.

Beklenmeyen yağmurlardan kaynaklı suların başarısız kontrolü, sadece tesisin mansap kısmındaki alıcı ortamları (atık, sediment, kimyasal kirleticiler vb.) değil, depolama sahası işletilmesi uygulamalarını ve maliyeti de etkileyeceği gibi sızıntı suyu miktarının da artmasına neden olacaktır. Dolayısıyla iyi bir yüzeysel su drenajı sağlanması tüm düzenli depolama alanı tasarımlarının önemli bir parçasıdır (ÇŞB, 2014).



Yapılan araştırmalarda (Rico ve ark., 2008) atık barajlarında eksik yönetim uygulamalarından dolayı Dünya çapındaki kaza vakıalarının %10'unu ve Avrupa çapındaki vakıaların %12'sini oluşturmaktadır.

Carter (Carter, 2001) adlı çalışmaya dayanarak, atık barajlarındaki sorunların büyük çoğunluğunun doğal olaylardan değil, tasarım, yapım ve işletme sorunlarından kaynakladığını gösterdiği ve son yıllarda yaşanan 30 atık barajı yenilmesinden yalnızca üçünün depremlerden dolayı olduğunu söylemektedir. Yine başka kaynaklar(Rico ve ark., 2008) incelendiğinde Dünyanın başka yerlerinde meydana gelen olayların %14'ünü oluşturan sismik sıvılaşmaya bağlı olay eksikliği vardır. Depremlerden dolayı veya atığın kimyasal yapısından dolayı atıkların kendisi sıvılaşmakta ve duyarsızlaşarak büyük bir çamur dalgası oluşturmak suretiyle büyük yıkımlar ve sedde yenilmeleri olabilmektedir. Oysa bir çamur dalgasının saatte 10-50 km hızla (Yıldız, 2017) hareket ettiği belirtilmektedir.

Birçok ÷lkede taşma, borulanma, erozyon, temel göçmesi, şev duraysızlığı ve sıvılaşma nedeniyle atık barajı kararsızlıklarının meydana geldiği bilinmektedir. Bu istikrarsızlıkların ölümlere, ciddi çevresel etkilere ve ekonomik kayıplara neden olması nedeniyle baraj sahasının jeoteknik araştırmaları önem kazanmaktadır (Rico ve ark., 2008).

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Hepdeniz, K., Soyaslan, İ.İ., (2019) yaptıkları çalışmada; Burdur İlinin Bucak İlçesinde uygun bir mermer atık barajı yeri tespitinde izlenen adımlar anlatılmaktadır. Mermer madeninin işlenmesi ile birlikte oluşan atıkların çevreye olan ciddi sorunlarının önüne geçmek için uygun bir yerin tespit edilmesine duyulan ihtiyaçtan bahsedilmektedir. Bu çalışma yapılırken coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılmasının daha doğru sonuçlar alınmasına ve uzun vadeli planlama hedefleri için strateji geliştirmesine olanak tanıyacağına değinilmektedir.

Çalışma sahasında uygun bir yer seçiminde dikkate alınacak kriterlerin belirlenmesi ve bu belirlenen kriterlerin AHY ile kendi aralarında değerlendirilerek her birinin çalışmadaki ağırlık değerleri belirlenmiştir. Böylece uygun bir mermer atık barajı için yer tespiti yapılmıştır.

Son olarak da bu yapılan çalışmanın bir atık barajı yapımı için daha hızlı ve kolay karar vermek için önemli olacağını ama kesin kararın alınmasında ise daha ayrıntılı saha çalışmalarının yapılmasının faydalı olacağını düşünülmesi gerektiği tavsiye edilmektedir.

Karaca, E., (2010) yaptığı çalışmada; cevher zenginleştirme türlerine değinilmektedir. Dünya, Avrupa ve Türkiye çapında maden atık barajlarına dair yönetmeliklere değinilmiştir. Türkiye'deki maden atık barajlarının örneklerine ve türlerine yer verilmektedir. Maden atıkları yönetiminin tarihçesine değinilmiş olup günümüze kadar ne şekilde atıkların depolandığı belirtilmektedir. Maden atıkları depolama yöntemlerinin neler olduğuna ve bu yöntemlerin avantaj ile dezavantajlarına dikkat çekilmektedir. Yerüstü depolama yöntemlerinden olan atık barajlarının türlerine ve nasıl niteliklere sahip olduğuna değinilmiştir. Maden atık barajlarının dizaynında maden atıklarının niteliklerine(tane boyutu, geçirimsizlik, yoğunluk gibi) değinilerek barajların yapımında nasıl bir öneme sahip olduğu belirtilmektedir.

Maden atık barajı yapımına başlanmadan önce uygun bir yer tespiti için sahanın spesifik özelliklerinin neler olabileceğine maddeler halinde değinilmiştir. Baraj inşasına başlanmadan önce bu sahadaki spesifik özelliklerin nasıl ele alınması gerektiği detaylıca anlatılmıştır.

Maden atık barajlarının yapımından sonra karşılaşılabilecek atık barajı yıkılmaları, kazaları gibi sorunlara değinilmiş olup bu sorunların hem Dünya hem de Avrupa çapında bir sınıflandırılması anlatılmaktadır.

Sonuç olarak ise maden atık barajlarının önemine değinilmiş, atık barajların yapımı öncesinde ve yapımı sonrasında karşılaşılabilecek önemli sorunlar ve dikkat edilmesi gereken hususlar aktarılmaktadır.

Yılmaz, A. (2008) yaptığı çalışmada; genel olarak deponi alanları yer seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlara değinilmektedir. Atıkların türleri ve tanımı yapılmak suretiyle bu atıkların ne şekilde depolanması gerektiği üzerinde durulmaktadır. Daha sonra atık depolama alanlarında yer seçiminde genel dikkat edilmesi gereken hususlara değinilmektedir. Bir atığın depolanmasında her coğrafyanın kendine özgü hallerine değinilmektedir. Uygun depolama alanı yer seçiminde bu çalışmada özellikle yerel jeolojiye çok dikkat çekilmiştir. Jeolojinin çalışmada hidrojeolojik ve jeoteknik özelliklerine dikkat çekilmektedir.

Bu çalışmada bütünsel atık yönetimine değinilmiştir. Atığın sırası ile önleme-minimizasyon-yeniden kullanım-geri dönüşüm-enerji geri kazanımı-bertarafı yöntemleriyle etkisinin en aza indirilmesi gerektiği anlatılmaktadır.

Maden atıkları için uygun yer tespiti analizinde Sivas İline ait yerel jeoloji haritası, yüzey sularının dağılımı, jeolojik birimlerin hidrojeolojik ve mühendislik özellikleri ele alınmıştır. Deponi alanlarının tasarımında alanda verimli bir işletme yapılabilmesi için öngörülen bazı hazırlıklara, deponi alanında olması gereken ünitelere değinilmektedir. Depolama alanlarının doğru olarak işletilmesinin atık yönetimi noktasında çok önemli olacağı açıklanmaktadır.

Ülkemizde düzenli depolama alanlarının yer seçiminde karşılaşılan bir takım sorunlara değinilmektedir. Ülkemizde bu alanda bir atık barajı yapımı öncesinde uygun bir yer tespiti için gerekli olan planlamaların yeterince yapılmaması, ÇED raporunda farklı alternatif çözüm önerilerinin olmayışı, halkın atık barajı yapımına karşı olması, atık yönetimi hakkında 2010 yılında yayınlanan yönetmelikte itiraza konu durumların olması gibi sebeplerden dolayı atık barajı yapımında bir takım sorunlar devam etmektedir. Bu çalışma ise genel olarak bu sorunlara dair çeşitli öneriler getirmekle bu sorunlara bir açıklık getirmeyi amaçlamaktadır.

Sonuç olarak atıklarda, bu çalışmada uygun bir atık yönetimi için en başından en nihayetine bertarafına kadar yapılması gerekenler dikkatli bir şekilde tetkik edilmiş ve bu noktada bilgi ve tavsiyeler verilmektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi Ve İşletme Kılavuzu, (2014); bu kılavuzda atık yönetiminin nihai aşaması olan maden atıklarının en yakın düzenli depolama tesisinde bertaraf edilmesinin önemi anlatılmıştır. Maden atık bertaraf işlemlerinde atıklar için oluşturulan atık barajlarının kurulması, işletilmesi ve kapatılması ile ilgili getirilen şartlara uyulmasının önem arz ettiği anlatılmaktadır. Bu kılavuzda düzenli depolama tesislerinin kurulmasında izlenen yasal süreç

aktarılmaktadır. Daha sonra planlanan uygun bir yerden sonra barajın dizaynında dikkat edilmesi gereken kriterlere değinilmektedir. Depolama tesisi inşası aşamaları ve inşası sırasında yapılan kontrollere değinilmektedir. Depolama tesislerinde doğal çevreye olan etkilerinin incelenip kontrol edilmesi suretiyle yönetimi yapılması ve depolama tesislerinin ömürlerinin bitmesi durumunda incelenerek kapatılmaya hazır hale getirilmesi şeklinde depolama tesislerinin yönetilmesine dair bir takım aşamalar aktarılması ile bilgilendirilmek amaçlanmaktadır.

Hamarat, E., (2019), Madencilikte Atık Yönetimi Çevre Mevzuatı ve Planı, Madencilikte Atık Yönetim Uygulamaları hakkında yaptığı seminerde; 2872 Çevre Kanunu içerisinde bulunan yönetmelikleri ve genelgeleri kısaca ele almaktadır. 15 Temmuz 2015 tarihinde yayımlanan 29417 sayılı Maden Atıkları Yönetmeliğinde yer alan konulara genel olarak değinilmektedir. Genel olarak bu konular; Bakanlıkların, İl Müdürlüklerinin ve işletmecilerin yapması gereken görev ve yükümlülükleri, maden atık bertaraf tesislerinin tanımı, maden atıklarının karakterizasyonu, maden atık depolama tesislerinin geçirimsizlik sistemi ve tesislerin kapatma işlemi, acil eylem planı, atık yönetim planı, çevre izin ve lisansı, maden atık bertaraf tesislerinin çevresel izlemesi ve son hükümler şeklinde özet olarak anlatılmaktadır.

Madenlerin atıklarından üretildikleri aşamaya göre çeşitli atıklar çıktığından ve bu atıkların bertarafından bahsedilmektedir. Maden atık bertaraf tesislerinin özellikleri belirtilmektedir. Maden atık bertaraf tesislerinin yapımına başlanmasından sonlanmasına kadar gerekli olan değerlendirmelerde Bakanlıkça yapılacak izin sürecinde ne tür aşamalardan geçtiği anlatılmaktadır. Son olarak da maden atık bertaraf tesislerinin kısaca bir sınıflandırılması yapılmaktadır.

Arol, A. İ., (2019), Maden Atıkları Yönetimi, Madencilikte Atık Yönetim Uygulamaları Seminerinde yaptığı çalışmada; madencilikte atığın ne olduğu ve atık türlerinden bahsedilmektedir. Maden çalışmaları sonucunda oluşan çevresel bozulmaların doğaya olan kalıcı hasarlarının önlenmesi için yapılan arazi ıslahı veya rehabilitasyon çalışmalarından bahsedilmektedir.

Maden çalışmaları sonucunda çok miktarda atık oluştuğu ve bu atıkların bertarafının neden önem arz etmekte olduğu belirtilmektedir. Maden atıklarının bertarafında daha çok tercih edilen yerüstü depolama yönteminin nasıl olduğundan ve nasıl aşamalardan geçtiği anlatılmaktadır. Yerüstü depolama yöntemini de kendi içerisinde gruplandırarak avantaj ve

dezavantajlarına değinilmektedir. Aynı zamanda yerüstü depolama tesisleri için uygun bir yer belirlenmesinde dikkate alınması gereken bazı hususlara değinilmektedir. Son olarak da maden atıklarının tarımda, peyzaj düzenlemeleri gibi farklı sektörlerde kullanılabileceği örneklerle anlatılmaktadır.

Vick, S., (1990), yaptığı çalışmada; Dünya'da hızlı artan madencilik çalışmaları sonucunda ortaya çıkan atıkların öncelikle imha edilmesi gerektiği ama bunun çoğu zaman mümkün olmadığı zamanlarda ise atıkların depolanması gerektiği ve bunun önemine dikkat çekmektedir. Bu çalışmada yapılan atık depolama tesislerinin çevrede dikkat çeken ciddi bir faktör olduğunu ve halkın tepkisine neden olduğu belirtilmektedir. Son yirmi yıl içerisinde maden atık tesislerinin yapımında daha farklı jeoteknik uygulamaların yapılması gerektiği çünkü zaman ve şartların bunu gerektirdiği anlatılmaktadır. Atık tesislerinin yapımında maden atıklarının türleri, maden atıklarının kimyasal yapıları ve atıkların sebep olduğu mühendislik davranışlarının belirlenmesi ve buna göre bir atık tesisinin dizayn edilmesi gerektiği anlatılmaktadır.

Bu çalışmada genel olarak maden atıklarının kimyasal niteliği ve üretimi, maden işleme ve sonucunda çıkan atıkların taşınması, çıkan atıkların faz ilişkileri, atık çeşitleri, sıvı atıkların özellikleri, atıkların mühendislik davranışları ve buna bağlı olarak mühendislik özellikleri, atık bertaraf yöntemleri türleri ve avantaj ile dezavantajları, atık barajlarının dizaynı öncesinde atık barajlarında birikecek yüzey suyu miktarının önceden belirlenmesi atık barajı yapımında önemli bir kriter olduğu belirtilmektedir. Atık sularının akışlarının kontrolü için yapılacak metotlar anlatılmaktadır.

Atık barajlarının yeri belirlenirken ne gibi hususlara dikkat edilmesi gerektiği ve bu hususların baraj yapımında nasıl bir etki ortaya koyacağı anlatılmaktadır. Uygun bir atık barajı yeri belirlenirken ele alınan hususların sabit olmadığı yani değişkenlik gösterebileceğine değinilmektedir. Arazide yapılan keşifler ile farklı sonuçlara ulaşılabilmektedir.

Maden atıklarının bertaraf işlemlerinde farklı metotların uygulanması imkanı bulunması durumunda bu metotların uzman kişilerce değerlendirilerek ortak bir karar mekanizması oluşturulması gerektiği belirtilmektedir.

Yapılan çalışmada atık barajı türlerine göre stabilite analizi yapılmıştır. Çünkü atıkların yaptığı basınç ve mukavemet davranışının kapsamlı bir şekilde anlaşılması gerekmektedir. Böylece hangi tür atık barajının nasıl bir tepki verdiği tartışılmaktadır.

Atık barajı yapımı öncesinde çeşitli yöntemler kullanılarak yer hareketi parametreleri(esas olarak ivme), tarihi depremlerin değerlendirilmesinden olasılık analizine, varsayılan fay kopmasına dayalı deterministik ve sistematik analizin yapılmasının önemine genel olarak değinilmektedir.

Maden atık barajlarının yapımı ve daha sonrasında kullanımı bittikten sonra ıslahı yani kapatılması gerçekleştirilmektedir. Bu barajların ıslah çalışmasının gerekliliği genel olarak anlatılmaktadır. Bu yapılacak ıslah çalışmalarının baraj planlanmasına başlanırken yapılması gerektiği vurgulanmaktadır. Baraj ıslahı sırasında karşılaşılabilecek bir takım sorunlar ve bunlara getirilebilecek çözümler anlatılmaktadır.

Rico ve ark., (2008) yaptığı çalışmada; tarihsel süreçte hem Dünya hem de Avrupa çapında yaşanmış olan 147 adet atık barajı kaza vakaları incelenmiş ve bunların 26'sı Avrupa'da gerçekleşmiş olduğu belirtilmektedir. Bu yaşanan afetlerin sebepleri ise barajın yeri, barajın fiziksel ve yapısal özellikleri, fiili ve varsayılan arıza nedenleri, taşma, sızıntı, atıkların hidrodinamiği, çevresel etkiler gibi faktörleri ele almaktadır. Maden atık barajları vakalarında Dünya çapında da bir diğer önemli unsurun atıklarda sismik sınılaşmaya sebep olan meteorolojik nedenlerden kaynaklı aşırı ve beklenmeyen yağışlar olduğu dile getirilmektedir. Yağışlar, baraj kazalarında Dünya çapında %25'ini, Avrupa'da %35'ini oluşturmaktadır. Maden atık barajı kazalarının %90'a yakın kısmı aktif olan madenlerde olduğu belirtilmektedir. Bu durumun en önemli sebebi olarak ise atık barajlarında kötü yönetim ve yetersiz insan faaliyetlerinin olduğu söylenmektedir. Yetersiz yönetim uygulaması Dünya çapında %10 ve Avrupa vakalarında %12'lik dilimi oluşturduğu söylenmektedir. Tüm bu sebeplere dayanılarak maden atıklarının bertarafına ilişkin AB mevzuatında acil düzenlemeler yapılması gerektiği anlatılmaktadır.

Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Kırka Bor İşletme Müdürlüğü, (2015), 7 Nolu atık barajı, malzeme ocakları ve kırma-eleme tesisi nihai ÇED raporu; bu raporda yapılacak olan depolama tesisi projesinin önem ve gerekliliğine, proje için seçilen yerin konumu ve yakın çevresinin tanıtılması yapılmaktadır. Maden işletmesinden çıkan atık miktarı, atığın özellikleri ve buna bağlı olarak yapılacak bertarafın niteliği ve nasıl bir bertaraf yöntemi izleneceği anlatılmaktadır. Bu projede kullanılacak makineler, araçlar, personeller belirtilmiştir.

Bu proje planlanması aşamasında çevrede ekonomik ve sosyal boyutlarda nasıl bir etkisi olacağı ve projenin yapım süreci ile projenin ekonomik ömrünün çevredeki ekonomik ve sosyal hizmetleri aksatıp aksatmayacağı üzerinde durulmaktadır.

Projenin yapılacağı sahadaki yakın çevrede bulunan tarım, hayvancılık, orman sahaları, tabiat ve kültür varlıkları gibi önemli unsurlara olan etkisi göz önünde bulundurulmaktadır. Ayrıca projenin yapılması düşünülen yerdeki toprak yapısı, zemin jeoloji ve hidrojeolojisi, erozyon durumu, depremsellik, cevherleşme bölgeleri, yeraltı ve yerüstü suları, göl ile barajlar, meteorolojik ve iklimsel etkenler, flora-fauna çeşitliliği, koruma alanları gibi önemli unsurları dikkate almaktadır. Projenin yapılması sırasındaki faaliyetlerde toprağa, yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarına, çevreye verilen gürültü, risk, atıkların durumuna bakılmaktadır. Yapılan projede alınacak önlemlere alternatif çözüm önerileri sunulmaktadır. Projenin işletilmesi ve işletme sonrasında yapılması gereken izlemelere ve kontrollere değinilmektedir. Projeden etkilenmesi muhtemel olan yerel halkın görüşleri alınıp, halkın bu konuda bilgilendirilmesi amaçlanmaktadır. Yapılan bu projede dikkate alınan veriler eklerde gösterilmektedir.

T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, (2015), 29417 sayılı Maden Atıkları Yönetmeliğinde; maden atıklarının neler olduğu sınıflandırma yapılmak suretiyle anlatılmaktadır. Maden atıklarının bertaraf işlemlerinde Bakanlığın izin süreçleri ile beraber izlenen farklı metotlara değinilmektedir. Maden atık bertaraf tesislerinin sınıflandırılması yapılmaktadır. Maden atıklarının depolandığı tesislerin geçirimsizlik sisteminin nasıl olması gerektiği anlatılmaktadır. Maden atık bertaraf tesislerinin kapatma işlemlerinde yapılacaklar belirtilmektedir. İlgili kurum ve kuruluşların izni alınmak suretiyle atık yönetim planının nasıl yapılması gerektiği anlatılmaktadır. Maden atık bertaraf tesislerinin çevreye olan zararlı etkilerine karşı çevresel izlenmelerinin ve kontrollerinin yapılması belirtilmektedir.

Moghaddas ve ark., (2011) yaptığı yer seçimi çalışmasında; maden atık barajı için uygun bir yer seçiminde çeşitli kurallar, düzenlemeler, faktörler ve kısıtlamaların dikkate alınması gerektiğini belirtmektedir. Bu çalışmada önce atık barajı yapılması uygun düşünülen yerler coğrafi bilgi sistemi ve depolama duyarlılık bölgeleme yöntemlerinin entegrasyonu kullanılarak belirlenmektedir. Bu işlemi yapılırken çalışma alanında uygun olmayan bölgeler analizden çıkarılmış ve uygun olması muhtemel yerler için iki aşamada 15 farklı kriter kullanılarak değerlendirilmektedir. Bu işlem sonucunda en uygun yerler önerilmektedir.

Sharifi ve ark., (2009) yaptıkları çalışmada; tehlikeli atık bertaraf tesisi sahasının belirlenmesinin çeşitli sosyal ve çevresel etkileri de beraberinde getirdiği için karmaşık bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Bu tarz karmaşık analizler için önemli bir araç olarak CBS tarafından kullanılacak önemli miktarda mekânsal bilginin işlenmesini gerektirmektedir. Bu çalışmada amaçlanan çalışma alanında analiz için uygun olmayan arazileri ortadan kaldırmak

ve ardından yeni seçilen kriterlere göre bölgesel uzmanlardan sağlanan bilgileri kullanarak en uygun sahalari belirlemek için çok kriterli karar analizinin kullanılması sağlamaktır.

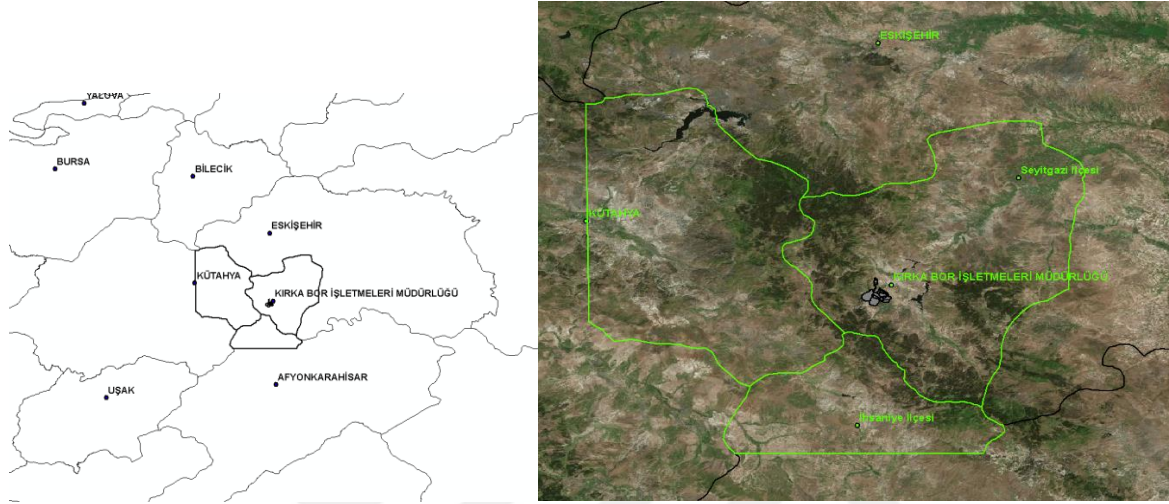
Foomani ve ark., (2017) yaptıkları çalışmada; tehlikeli atıkların endüstriyel, ticari ve kurumsal faaliyetlerden kaynaklanan çok sayıda atılan kimyasalları ve diğer atıkları içerdiği ve bu atıkların insan, hayvan, bitki veya çevre için ani veya uzun süreli riskler oluşturduğu ve bu atıkların bertarafının özel işlemler gerektirdiği anlatılmaktadır. Tehlikeli atıkların bertarafı için depolama alanlarının inşa edilmesi gerektiği ve bu depolama alanlarının kalıcı alanlar olduğu için yer seçimine çok özen gösterilmesi gerektiği belirtilmektedir. Bu çalışma ile İran'ın Hormozgan eyaletinde tehlikeli atık depolama sahasının seçimi için GIS ve IDRISI yazılımını uygulayarak düzenli depolama yerini etkileyen tüm temel kriterler göz önünde bulundurularak Boole teorisi ve Bulanık mantığın AHY ile birlikte kullanımı ile depolama sahası için en iyi konumu belirlemektedir.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanımız olan Kütahya merkezinin büyük kısmı, Afyon İli İhsaniye İlçesi ve Eskişehir İli Seyitgazi İlçesini kapsayacak şekilde analizler yapılmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma alanı

#### 3.2. Atık Barajları İçin Uygun Yer Tespitinde Dikkate Alınacak Kriterler

Maden atık depolama sahası için uygun yer tespitinde başarılı bir çalışma gerçekleştirebilmek için çalışmamızla ilgili çeşitli sitelerden, tezlerden, makalelerden, dergilerden ve bazen de haberlerden bilgiler alınmaya çalışılmıştır. Ancak çalışmamız hakkında doğrudan bilgi almak tam anlamıyla mümkün olamamaktadır. Bu yüzden çalışmamız için gerekli bilgi ve verileri o iş ile alakadar tüm çalışanların( kamu kurum ve kuruluşlar, halk, sivil toplum örgütleri gibi) görüşlerini sağlayan alternatif analizler ve katılımları yoluyla karşılıklı fikir alışverişi yapılarak çözüme gidilmektedir.

Bu çalışma ile alakadar olan kişilerin, kurumların ilgili görüşlerini alarak aşağıda belirttiğimiz kriterleri oluşturabiliriz:

1. Maden işletme alanına yakınlık
2. Arazi Topografyası
3. İklimsel Etkenler(Meteorolojik Koşullar)
4. Arazi Kullanım Durumu
5. Çevresel Faktörler
6. Hidroloji

7. Jeolojik Koşullar
8. Deprem Tehlikesi(Sismik Aktivite)
9. Hidrojeoloji
10. Yollar

Yukarıda belirtilen kriterler saptanmıştır. Bu kriterlere yönelik veriler aşağıdaki tabloda ilgili yerlerden temin edilmek suretiyle çalışmamızda kullanılmaktadır. Bu kriterlerin önemini ve nasıl değerlendirilmesi gerektiği CBS kullanılarak yapılmaktadır. CBS yazılımı olan Arcgis 10.3 programı kullanılmaktadır.

**Tablo 3.1.** Çalışmamızda kullanılan veriler

Dem verileri	Viewfinder Panoramas Sitesi
Erozyon verileri, yerleşim alanları, sanayi alanları, turistik alanlar, büyük toprak grupları	T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tad Portalı Sitesi
Heyelan haritası, erozyon haritası, su baskını haritası, PGA verileri	T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
Arazi kullanım verileri	Land Copernicus Sitesi
Tarihi Arkeolojik Sit Alanları, Tarihi Yerler ve Anıt Ağaçlar	T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Eskişehir ve Kütahya Kültür Varlıkları Koruma Bölge Kurulları
Koruma altındaki alanlar, milli parklar	T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü
Jeoloji verileri(1/25000), fay hatları	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yerbilimleri Sitesi
1900-2022 Yılları Arası Deprem Verileri(noktasal)	Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
Türkiye iller, ilçeler, bölgeler mülki idare sınırları, yerleşim yerleri verileri	Harita Genel Müdürlüğü
Kuyular, kaynaklar, pınarlar	1/25000 Ölçekli Topografik Harita Paftaları
Yollar, Akarsular, Göller veya Barajlar verileri	Open Street Map Sitesi

Bu çalışmada CBS genel olarak yönlendirici bir rol konumundadır. Çünkü CBS; çalışma alanımızda kullanılacak olan verileri belirli bir amaca yönelik olarak toplama, bilgisayar ortamında depolama, güncelleştirme, kontrol etme, analiz etme ve görüntüleme gibi işlemlere imkan sağlayan bir karar destek sistemidir. CBS; mekânsal çalışmalarda daha iyi karar vermeyi, coğrafi kayıtları bir sistem içerisinde tutmayı, çalışmayı coğrafi olarak yönetmeyi, yüksek maliyetli çalışmaların daha düşük maliyet ile yapılabilmesi gibi faydalar sağlamaktadır.

Çalışmamızda kullanılmak üzere birçok veri bulunmaktadır. Bu verileri daha anlamlı bir şekilde düzenlemek ve değerlendirebilmek için CBS'ye ihtiyaç duymaktayız.

Bununla beraber CBS'nin birçok kullanım alanları da vardır. Bunlardan bazıları aşağıdaki tabloda belirtilmektedir.

**Tablo 3.2.**CBS kullanım alanları

Haritacılık	Sanayi
Trafik Yönetimi	Maden
Şehir Planlama ve Yönetimi	Belediye
Ulaşım Planlaması	Planlama ve Toplumsal Gelişme
Çevresel Etki Analizleri	Yer Bilimleri
Doğal Kaynakların Yönetimi	Kargo Sektörü
Afet Yönetimi	Eğitim

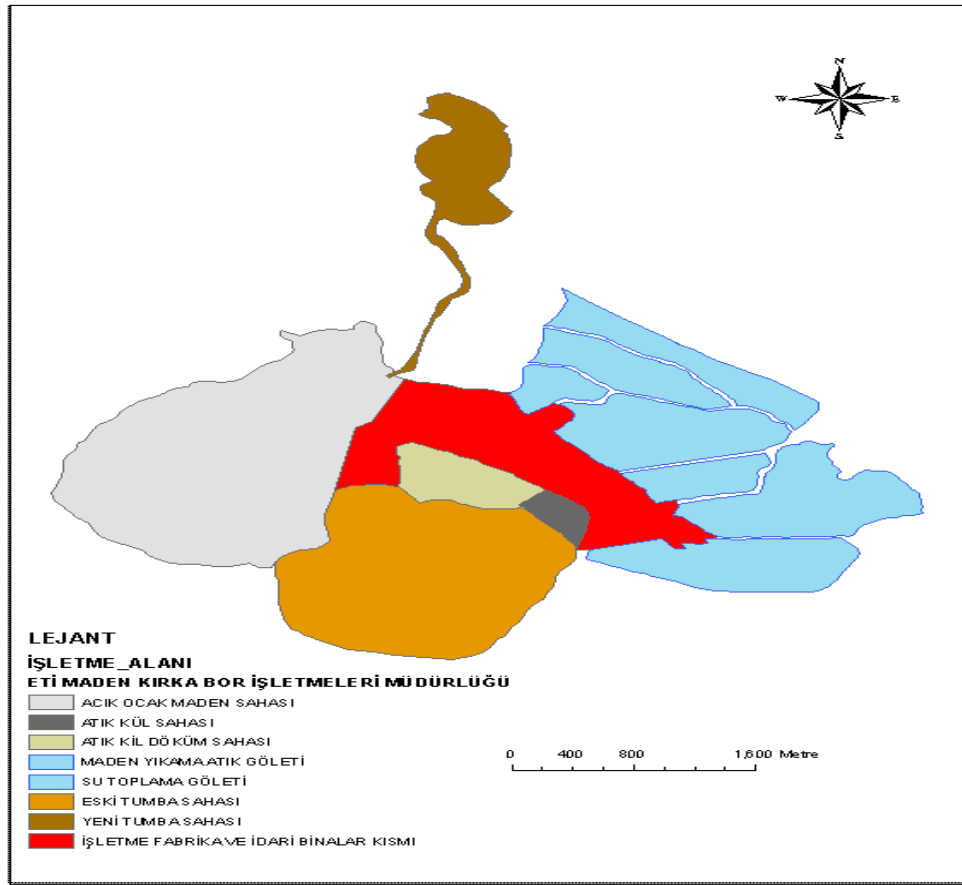
### 3.2.1. Maden işletme alanına yakınlık

Maden atık barajlarının işletme alanlarına yakın olması çok önemlidir. Barajların işletme alanından uzaklaşması durumunda ekonomik maliyetler de artmaktadır. Çünkü maden atıkları devamlı olarak çıkmaktadır. Çıkan bu atıkların baraja boşaltılması için basınç yoluyla borulardan dökülmesi böylece boruların uzatılmasına neden olur. Diğer taraftan eğer basınç yoluyla borular ile atıklar taşınmazsa kamyonlar vasıtasıyla bu işlem gerçekleştirilmesi gerekir bu da çok maliyetli ve zor olmaktadır.

Bir diğer husus ise maden atıklarının boşaldığı yerde, atıkların zamanla çökmesi sonucunda atık barajlarının yüzeyinde su oluşmaktadır. Oluşan bu suyun oradan tahliye edilmesi gerekmektedir. Aksi halde barajlarda taşma riski oluşabilir bu da ortamdaki canlı varlıklarının zarar görmesine neden olur. Bu yüzden atık barajı yüzeyindeki suyun tahliye edilmesi gerekir. Bu ise ya o çevrede suyun depolanması için bir depolama sahası daha oluşturmak ya da bu suyu yeniden işletme alanına borular vasıtasıyla getirip fabrikalara verilmek suretiyle yeniden değerlendirmek gerekmektedir.

Yukarıda belirttiğimiz hususlardan yola çıkarak bir maden atık barajı işletme alanından ne kadar uzakta olursa o nispette daha zahmetli ve masraflı olmaktadır. Ama Dünya çapında bazı ülkelerde bertaraf tesislerinin maden işletme alanlarına çok uzak yapıldığı görülmektedir. Mesela, Kanada'da 1973 yılında 60 maden işletmesinde yapılan bir incelemede, tesislerin bulunduğu yer ile boşaltma noktaları arasındaki ortalama mesafenin 1965 m olduğu tespit

edilmiştir. Bilinen en uzun nakil hattının 70 km ile bir Japon maden kompleksine ait olduğu bilinmektedir (Down & Stocks, 1977).



Şekil 3.2. Kırka Bor İşletmeleri Müdürlüğü

### 3.2.2. Arazi topografyası

Arazi topografyası çalışmamızı yönlendirecek önemli unsurlardan birisi olmaktadır. Topografik oluşumlar yer seçiminde hayati rol oynar. Atık barajlarının yüksekliğinin ve uzunluğunun tespit edilmesinde en önemli unsurdur. Baraj inşa metodunun seçiminde ve atık seti geometrisinin belirlenmesinde, topografyanın doğrudan etkisi vardır. Depolama alanının ve hacminin hesaplanmasında da topografya verilerinden yararlanır. Hidrolojik açıdan tehlikeli olabilecek sel ve sel alanları saptanır. Atıkların bulamaç halinde taşınmasında kullanılacak boru hattı güzergâhının, ne şekilde olacağına karar verilirken hem topografya, hem de jeoloji dikkate alınır. İşletmeden çıkan atıkların borular vasıtasıyla taşınması için uygun güzergâh belirleme yine arazinin topografik durumu ile ilgilidir (Karaca, 2010).

Topografik olarak engebeli alanların seçilmemesi istenir. Çünkü böyle yerlerde hem inşaat maliyetleri fazla olmakta hem de baraj yapımında çalışacak araçların zorlanmasına neden

olmaktadır. Çalışma alanının eğiminin, morfolojik ve jeolojik yapısının herhangi bir heyelan belirtisine sebep olmaması gerekir.

Arazi topografyasında eğimi yüksek olan alanlar pek tercih edilmemektedir. Çünkü yüksek hafriyat olacağından yüksek maliyete neden olmaktadır. Ulaşılması sorunlu yerler uygun değildir. Kullanılacak yolun kamyon taşımacılığına uygunluğu önemli olmaktadır.

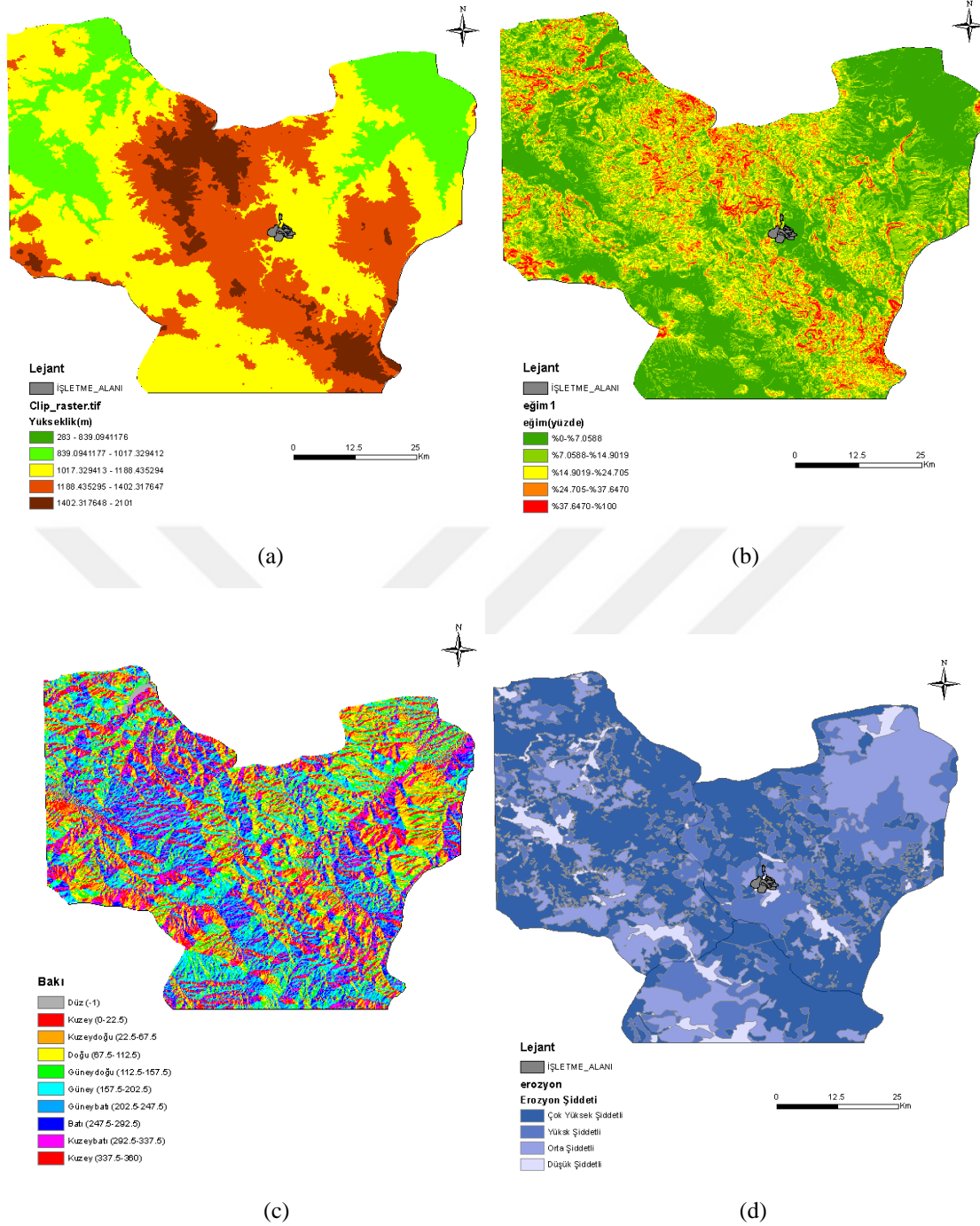
Atık barajlar dizayn edilirken barajdan çıkan sızıntı sularının deşarj edilmesi gerekir. Aksi takdirde çevresel kirliliğe sebep olabilir. Bunun için sızıntı sularının drenajında arazinin eğimine bakılmaktadır.

Atık barajlarının konumu maden işletme alanına göre daha aşağı bir kotta olması istenmektedir. Böylece yer çekimi kuvvetiyle atıklar zorlanmadan borular ile istenilen yere taşınmaktadır.

Arazinin topografyasına bakılarak doğal vadilerin, çukur kısımların atık barajı inşasına uygun olduğu söylenmektedir. Eğer arazide vadi tipi atık barajı yapımı için uygun topografya bulunmazsa ve topografya daha düz bir vaziyette ise o zaman halka tipi maden atık barajları yapılabilmektedir. Yani arazinin topografyasına göre baraj tipi de farklı olabilmektedir. Çalışma alanımız eğer vadi tipi bir atık barajı için uygun değilse %12-15 eğimden daha dik yerlerde ve %2 eğimden az yerlerde atık barajlarının kurulması uygun değildir.

Elimizdeki topografyaya göre bir diğer yöntem ise madencilik faaliyetleri sonucu oluşan açık ocak çukurlarının doldurulmasıdır. Fakat bunların en önemli sıkıntısı, genellikle açık ocak çukurları derinleştğinde yeraltı su tabakasıyla kesişir ve buradan çukurun içine su geçişi olur. Bu tür durumlarda özellikle tehlikeli atıklar varsa açık ocak çukuruna doldurulması uygun olmamaktadır. Bu tip depolamalarda açık ocak şevlerinin de güvenilir olması gerekmektedir.

Çalışma alanımızın genel topografyası ile alakalı olarak sayısal yükseklik modeli(DEM) temin edilmiştir. Daha sonra bu DEM verisinden yararlanarak ARCGIS üzerinden yükseklik, eğim, bakı analizleri yapılmıştır ve bu veriler coğrafi bilgi sistemine eklenmektedir. Yükseklik ve eğim analizleri ile birlikte çalışma alanımız için yaptığımız yağış haritaları kullanılarak taşkın analizi yapılmaktadır. Yine çalışma alanımız topografyası ile ilgili erozyon şiddeti verileri Tarım Bakanlığının Tad Portalı sitesinden sayısallaştırmak suretiyle elde edilmektedir. Elde ettiğimiz bu veriler aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



**Şekil 3.3.** Çalışma alanı (a) Yükseklik haritası, (b) Eğim haritası, (c) Bakı haritası, (d) Erozyon haritası

Erozyon nedeniyle atık barajlarında sedde yenilmesi ile gerçekleşen felaketler olmaktadır. Atık barajları için erozyon önemli bir faktördür. Atık barajların erozyona maruz kalma riski fazladır. Bu durumda dikkat edilmesi gereken yapılan barajın etrafına bir kuşaklama kanalı yapılarak olabilecek bir erozyon tehlikesini en aza indirmeye çalışmaktır.



Şekil 3.4. Türkiye geneli erozyon haritası

Heyelan alanları da kendi içerisinde gruplandırılmıştır; eski heyelan alanları, aktif heyelan alanları, kırıp akma kayma vb. sık heyelan alanları şeklindedir. Barajın oturacağı yerde veya civarında gövdeye zarar verebilecek, kaldırılması veya ıslah edilmesi ekonomik görülmeyen, önemli heyelanlı sahalar olmamalıdır. Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan illere göre heyelan olaylarının dağılımında Eskişehir İli heyelan tehlikesine maruz kalan iller arasında yer almaktadır. Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nün yapmış olduğu açıklamalarda Türkiye'de meydana gelen doğal afetler arasında heyelan çok sık rastlanan bir afet türü değildir. Genelin % 10'u kadardır (Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Kırka Bor İşletme Müdürlüğü, 2015).

Proje alanında heyelan bölgesi tespit edilmemiştir. İllere göre heyelan olaylarının dağılımını gösterir harita aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Heyelan yoğunluk haritası(AFAD)

Türkiye’de çığ düşmeleri, kar yağışlarının yoğun olduğu Doğu ve Güney-Doğu Anadolu bölgeleriyle, Karadeniz Bölgesi’nin iç kesimlerinde etkili olmaktadır. Türkiye’de son 10 yıl içinde çığ düşmesi olaylarında önemli bir artış gözlenmiştir. Özellikle Doğu Anadolu Bölgesi’nde, kış aylarında görülen aşırı kar yağışları ve dondurucu soğuklar normal hayatı önemli ölçüde etkilemektedir. Bu bölgede, Erzurum, Kars, Tunceli, Bitlis, Bingöl illeri çığ düşmesi tehlikesi ve riskinin en yüksek olduğu iller arasındadır.

Kaya düşmeleri, İç Anadolu Bölgesi’nin bazı kısımları ile Doğu Anadolu Bölgesi’nde etkin olan bir diğer doğal afet türüdür. Eskişehir İli geçmiş yıllarda en çok kaya düşmesine maruz olan ilk 15 il içerisinde yer almamaktadır (Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Kırka Bor İşletme Müdürlüğü, 2015).

### 3.2.3. İklimsel etkenler(meteorolojik koşullar)

Çalışılan bölgenin iklimi atık barajları yer seçimi için önemli olduğu kadar barajın son tasarımı için de bir o kadar önemlidir. Özellikle barajlar için yağış durumu çok önemli kriterdir. Bölgenin kış mevsiminin uzunluğu, don olayları, sıcaklıklar, buharlaşma durumunun da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Çünkü bu etkenler yapılması düşünülen atık barajlarında iyi planlanmazsa büyük felakete sebep olabilmektedir. Aynı zaman atık barajlarının türlerini de belirlemeye yararlar. Barajların yapımı sırasında inşaatında kullanılacak malzemeler bu hususlara göre seçilmektedir. Bu saydığımız kriterler yerel anlamda

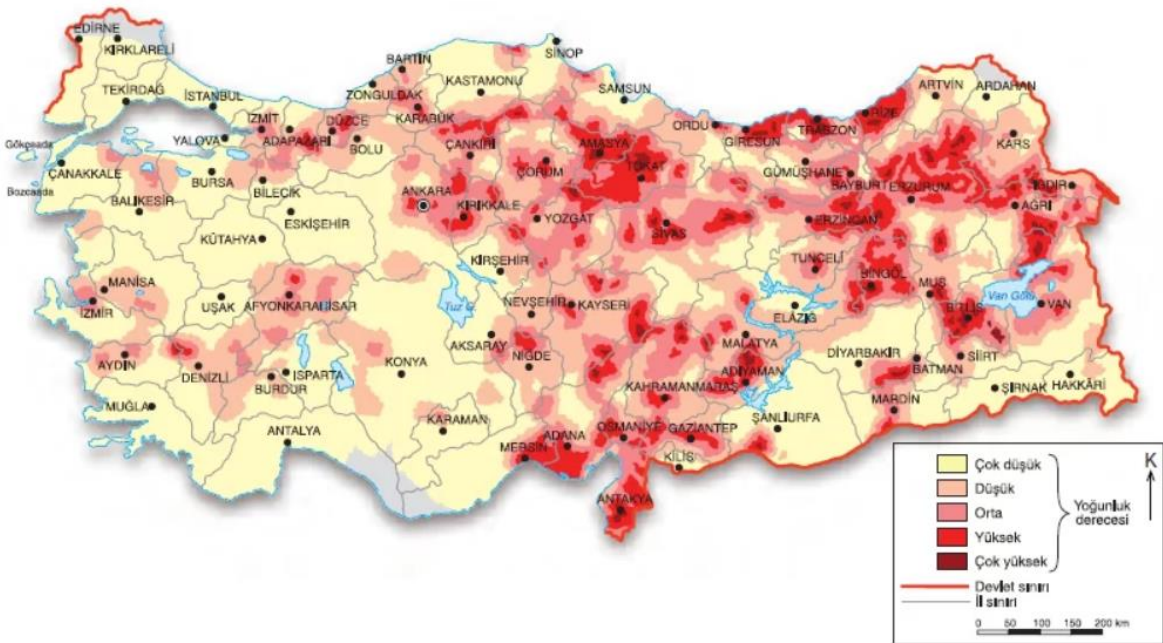


da değişkenlik gösterebilmektedir. Dolayısıyla, bölgeye ait genel verilerle birlikte yerel verilerin de elde edilip değerlendirmeye alınması fayda sağlamaktadır.

Hâkim rüzgârlara tamamen açık, koruma sağlanamayan yerlerin tercih edilmemesi gerekmektedir. Rüzgârın en büyük etkisi atık barajlar üzerinde oluşan tozu etrafa ulaştırmasıdır. Aynı zamanda bir atık barajı inşa faaliyetleri sırasında da toz oluştuğu için bu durum dikkate alınmalıdır. Burada rüzgârın yıl boyunca seyri, süreklilik durumu, yönü ve şiddeti düşünülebilir. Yerel bazda belirlenmelidir.

Uzun süren yağışlar ile birlikte toprak suya doygun hale gelmekte ardından gerçekleşen ani yağışlar su baskınları oluşturmaktadır. Yine ani kar erimeleri de bu taşkınlara sebep olmaktadır.

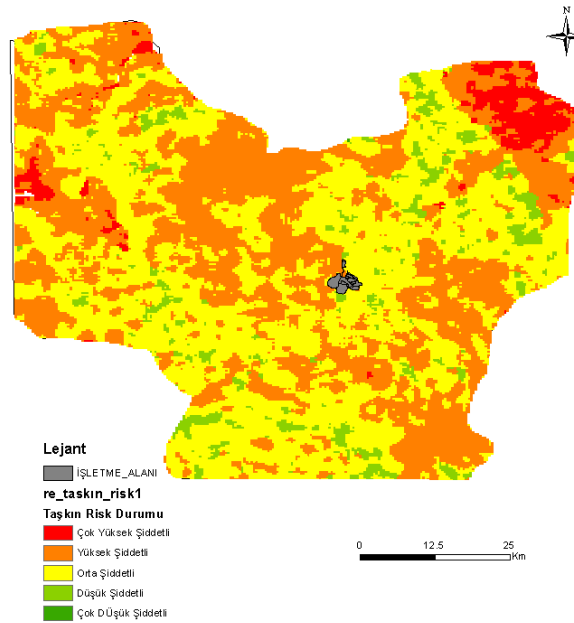
Yerel iklim değişiklikleri ve çevresel bozulmalarla yakından ilgili olan su baskınlarının büyüklükleri ve sıklıkları bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir. Yerel meteorolojik şartlar, topografya, bitki örtüsü, sağanak yağışların oluşturduğu ani su baskınlarının yıkıcı etkilere yol açmasında önemli rol almaktadır. Özellikle, kurak bölgelerdeki yetersiz bitki örtüsü ve dik meyiller ani su baskınlarının hızını artırmakta ve insan can ve malları üzerinde yıkıcı etkilere yol açabilmektedir. Bu ana nedenlere ilave olarak, hatalı insan faaliyetleri de su baskınlarının önemli bir nedeni olmaktadır. AFAD'ın su Türkiye geneli su baskınları haritasına bakıldığında Eskişehir İli geçmiş yıllarda en çok taşkın tehlikesine maruz olan ilk 15 il içerisinde yer almamaktadır(Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Kırka Bor İşletme Müdürlüğü, 2015).



Şekil 3.6. Türkiye geneli illerdeki su baskınları(AFAD)

Yağış durumu, taşkın tehlikesi, heyelan riski, çığ riski durumuna bakılmalıdır. Birleşik Devletler Federal Sicil Dairesi Federal Düzenlemeler Yasasına (United States Federal Registry Office Federal Regulations Act, 1980) göre deponi yerleri genellikle 100 yılda bir olan taşkınların sınırları dışında planlanmaktadır. Yine 25 yılda bir olan taşkınların sınırları dışında yapılması gerektiği de söylenmektedir. Böylece atıklar, herhangi bir şekilde taşkınlardan etkilenmeyecek ya da taşkınların olumsuz çevre etkilerinden zarar görmeyecek biçimde güvence altına alınmalıdır.

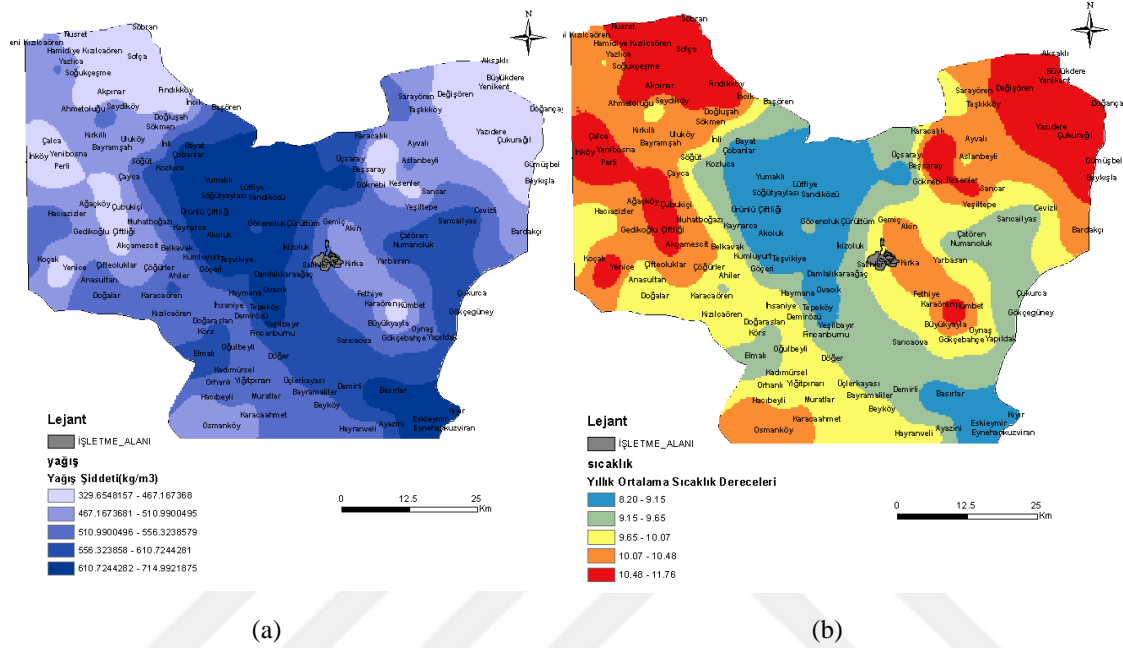
Burada çalışma alanımızdaki muhtemel olması planlanan taşkın risk analizi yapılmıştır. Bu analiz yapılırken çeşitli tez çalışmaları incelenerek bilgi toplanmıştır. Daha sonra taşkın analizinde kullanılmak üzere gerekli olan yükseklik, eğim, bakı, yağış, büyük toprak grupları, zemin jeolojisi, mevcut arazi kullanım durumu, akarsular ve sulak alanlar gibi veriler elde edilmiş ve coğrafi bilgi sistemi veri tabanına işlenmektedir. Daha sonra bu verileri uygun kriterler ile derecelendirilerek raster formatında yeniden sınıflandırılması yapılmaktadır. Daha sonra bu raster verileri Ağırlıklı Çakıştırma (Weighted Overlay) Analizi kullanılarak çalışma alanımız için muhtemel taşkın risk analizi yapılmaktadır. Bu analiz sonucunda elde ettiğimiz taşkın risk haritasını aşağıdaki şekilde göstermekteyiz.



**Şekil 3.7.** Taşkın risk haritası

Aynı zamanda çalışma alanımızın yağış ve sıcaklık analizi yapılmıştır. Bu analize Arcgis programı üzerinden Schriber Yöntemi kullanılarak ulaşılmaktadır. Schriber Yöntemiyle analizimizde yağış ve sıcaklık durumunu yükseklikle orantılı olacak şekilde program üzerinde

öz nitelik tablosunda formül oluşturularak atılan baz noktalarına göre yağış ve sıcaklık verileri vektörel olarak elde edilmektedir. Daha sonra bu vektörel verileri çalışma alanımız için yeniden sınıflandırma yapılarak raster formatında yağış ve sıcaklık haritaları elde edilmiştir. Sonra bu veriler coğrafi bilgi sistem veri tabanımıza işlenmektedir. Aşağıdaki şekilde bu haritalar gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Çalışma alanı (a) Yağış haritası, (b) Sıcaklık haritası

Yerel bazda çalışılan bölgenin yağış rejimini, ortalama yağış durumunu bilmek gerekmektedir. Çünkü beklenmeyen yağışlar ciddi problemler oluşturabilmektedir. Aynı zamanda yağışlardan kaynaklı su erozyonu olabilmektedir. Yalnız şiddetli yağışlardan sonra baraja yüzey suyu girişini kesmek için kuşaklama kanalı geçirilmesi veya drenaj kanalı ağının oluşturulması gibi önlemler alınmaktadır.

### 3.2.4. Arazi kullanım durumu

Bir atık barajı yapımı öncesinde uygun yer belirlenmek istendiğinde arazi kullanımının önemsenmesi gerekmektedir. Çünkü günümüzde madencilik faaliyetleri ile birçok verimli tarım alanları, orman alanları, meralar, çayırklar gibi önemli alanlar işgal edilmektedir. Madencilik faaliyetleri sonrasında da rehabilitasyon çalışmalarına yeterince dikkat edilmemesinden dolayı birçok verimli alanlar geri kazanılamamakta ve ciddi manada çevre kirliliğine neden olabilmektedir. Bu yüzden çalışma alanımızdaki verimli alanların en az zarar görmesi istenmektedir. Bu da doğru ve planlı bir arazi kullanımı gerektirir. Bu yüzden çalışma alanının corine haritası düzenlenir. Bu haritada dikili meyve alanlarının, kuru mutlak ve sulu

tarım alanlarının, mera ile çayır ve orman alanlarının, özel ürün alanlarının ve diğer alanlar ile yerleşim alanlarının yerleri gösterilmektedir.

Tarım dışı kullanım izinleri büyük ova sınırları dışında kalan kuru marjinal toprak sınıfı için verilebilir(diğerleri sulu/kuru mutlak, ve özel ürün arazileri olmak üzere 3 sınıftır. Normal işlemin dışında Bakanlıklar tarafından alınan kamu yararı kararı verilmiş yatırımlar her tür arazi sınıfı için bir istisnadır. Konumuz olan atık çamuru barajı için kamu yararı kararı almış ise başvuru sonuçlandıktan sonra dosya Tarım ve Orman Bakanlığına gönderilir. Bu bakanlığın da kamu yararı kararı alması durumunda başvuru onaylanır. Ayrıca Cumhurbaşkanlığıınca alınan kamulaştırma kararları kamu yararı kararı yerine geçmektedir.

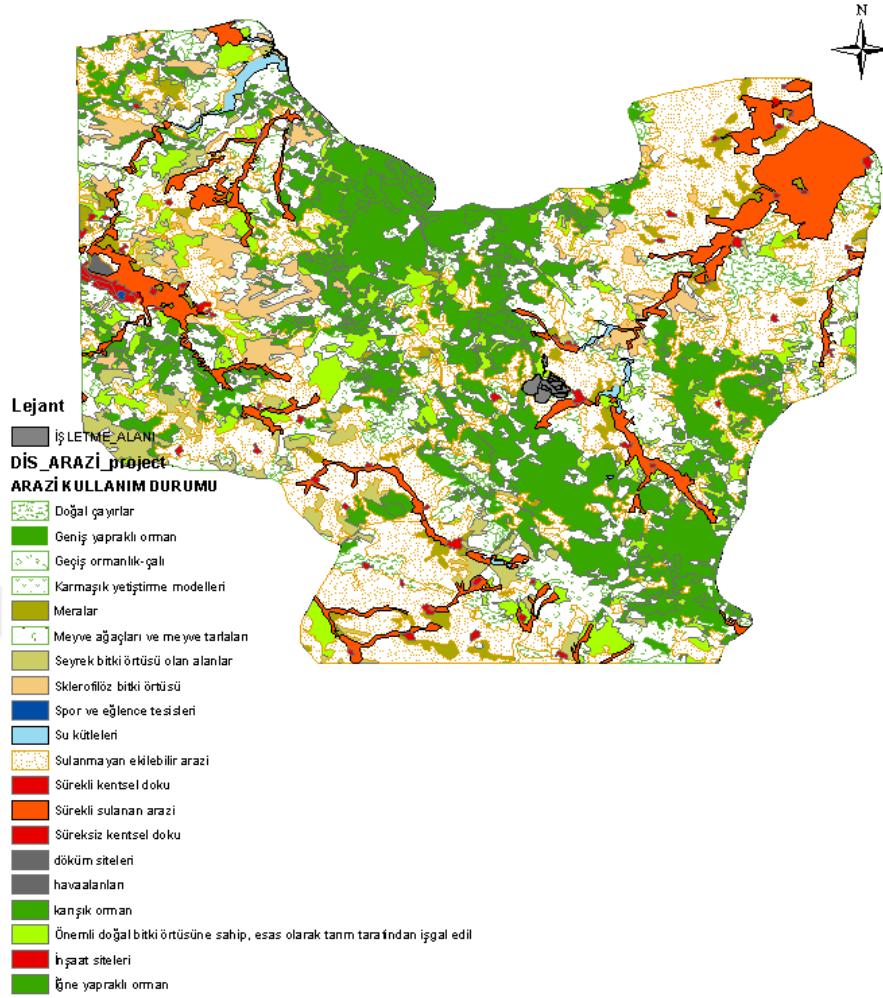
Ormanlar için orman kullanım izni veya orman irtifak hakkı alınabilmektedir. Ormanlar için kullanım hakkı alınırken çalışılacak orman alanının rehabilitasyon projesi ilgili Orman Bölge Müdürlüğüne sunulur ve onaydan geçmesi durumunda her yıl orman sahası için orman bedeli ödenmektedir.

Çalışılacak yerde eğer meralar varsa yapılacak çalışmanın bakanlıkça kamu yararı kararı alınmak suretiyle mera komisyonunun olumlu kararı alınır sonra Tarım ve Orman Bakanlığı ve Cumhurbaşkanlığının olumlu görüşü ile birlikte çalışma izni verilmektedir.

Suyun akaçlaması doğru olarak yapılması durumunda bataklık alanları için atık barajının yapımı uygun olmaktadır.

Çalışma alanımızda varsa eğer şehir imar planı, köy gelişim planı, kırsal alanlarda kırsal kalkınmaya yönelik sürdürülebilir arazi yönetimi planlarının dikkate alınması gerekmektedir.

Çalışma alanımızdaki arazi kullanım verilerini Land Copernicus sitesinden raster ve vektör olarak temin edilmiştir. Daha sonra bu veriler ARCGIS üzerinden coğrafi veri tabanına işlenmektedir. İşlenen verilerin son hali aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Arazi kullanım durumunu gösterir harita

### 3.2.5. Çevresel faktörler

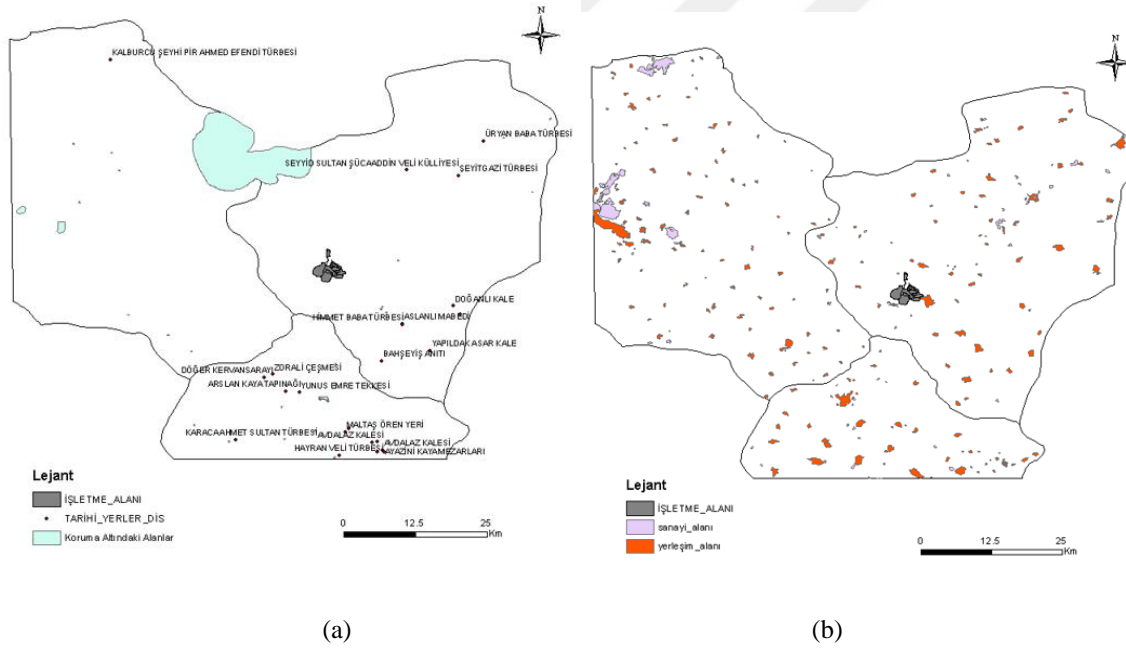
Yapılması düşünülen atık barajlarının çevreye olan etkilerinin irdelenmesi gerekmektedir. Zira atık barajı yapılırken uzun bir süre boyunca kullanılacağından çevreyi uzun yıllar etkisi altına alabilmektedir. Bu yüzden atık barajlarının yapılması düşünülen yerlerin yerleşim yerine uzaklığı, insan tepkisini çeken ve çevreye atık sahasından toz, koku, görülebilirlik ve uzaklık ölçütleri kullanılarak insan tepkisinin az olacağı nihai yer seçimi süreci belirlenmektedir.

Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmeliğine göre; düzenli depolama tesis sınırlarının yerleşim birimlerine uzaklığı I. sınıf düzenli depolama tesisleri için en az bir kilometre, II. sınıf ve III. sınıf düzenli depolama tesisleri için ise en az iki yüz elli(250 m) metre olmak zorundadır(ÇŞB, 2014).

Kırsal alanlarda yapılacak olan çalışmalarda tabii ki çevre mahallerinden görüşler alınmalıdır bu suretle çalışmaların yürütülmesi gerekmektedir.

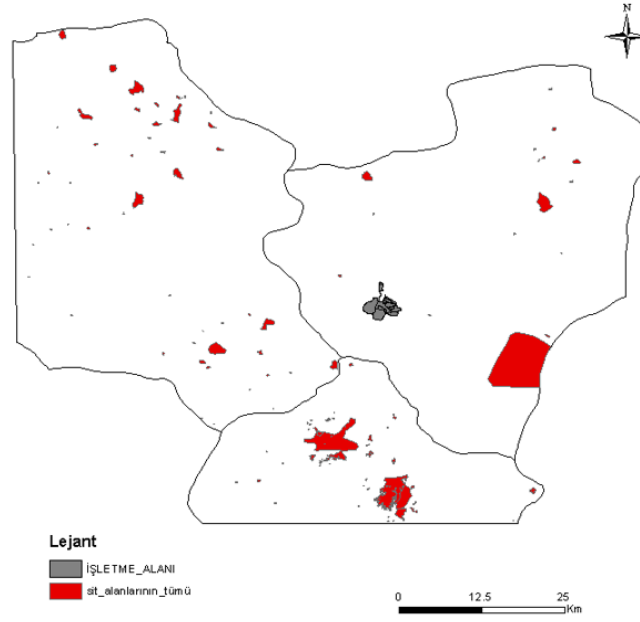
Tarihi, kültürel miras alanlarına veya koruma altında olan yerler, arkeolojik tarihi sit alanlarına yakın olmamalıdır. Bu alanların kendi içerisinde derecelendirilmesi mevcuttur. Bu alanların olduğu yerlerde ilgili kurumun görüşü alınarak hareket edilmesi gerekmektedir.

Çalışma alanımızda kullanılmak üzere gerekli olan yerleşim yerleri, sanayi alanları, turistik, koruma altında olan alanlara ait verileri Tarım Bakanlığının Tad Portalı sitesinden sayısallaştırmak suretiyle vektörel olarak temin edilmektedir. Diğer taraftan çalışma alanımızda bulunan arkeolojik tarihi sit alanları ve tarihi veya anıt yerlere ait vektörel verileri ise Kütahya ve Eskişehir Kültür Varlıkları Bölge Kurulundan temin edilmiştir. Elde ettiğimiz bu verileri coğrafi bilgi sistemi veri tabanına aşağıdaki gibi eklenmiştir.



(a)

(b)



(c)

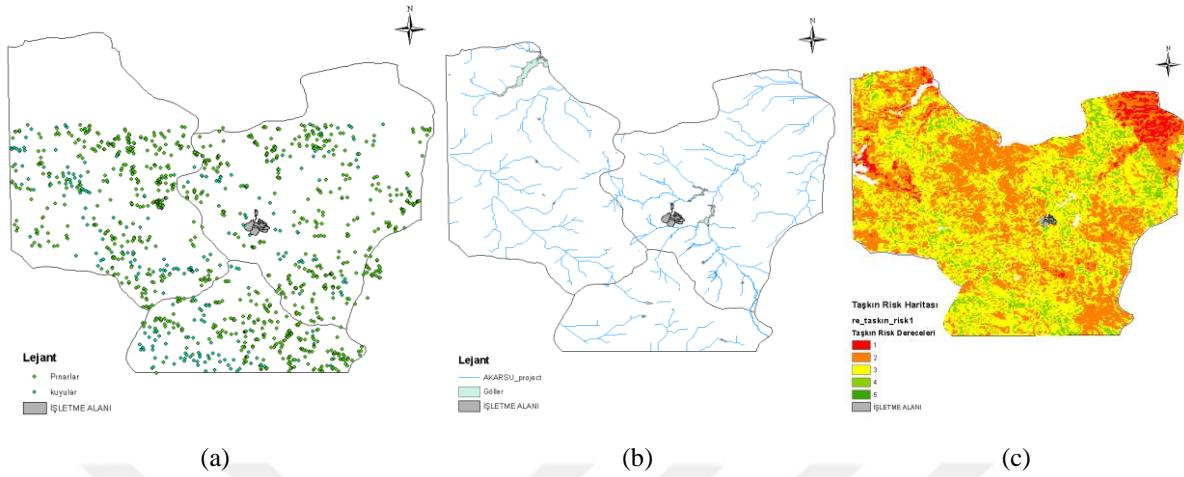
**Şekil 3.10.** Çalışma alanı (a) Tarihi ve anıt yerler ile koruma altındaki alanlar, (b) Sanayi ve yerleşim alanları, (c) Tarihi arkeolojik sit alanları

### 3.2.6. Hidroloji

Ülkemiz yerüstü su kaynakları açısından fakirleşmekte olan bir ülkedir. Günümüzde su kaynaklarının bilinçsizce kullanılmasından, su kaynaklarının israfından dolayı yerüstü su kaynakları giderek azalmakta ve yok olmaktadır. Madencilik faaliyetleri sonucunda çıkan devasa miktardaki atıkların doğaya bilinçsizce salınımı ile yerüstü kaynakların zarar görebilmesine ve bir daha telafi edilemeyecek felaketlerin yaşanmasına neden olabilir. Bu yüzden yapılması düşünülen bir atık barajının yapımına başlanmadan önce uygun bir yer planlanması düşünülmektedir. Yüzey sularının kirlenme durumu göz önünde bulundurulmalıdır. Derelere uzak yerlere yapılması bu noktada önemlidir. Yoksa hem içme suyu temin edilen su kaynakları hem de tarım alanlarının sulanması için gerekli olan su kaynakları zarar görmektedir. Kaynak sularının, çeşmelerin ve kuyuların bulunduğu alanlara atık barajları inşa edilmemelidir.

Çalışma bölgemizde bulunan akarsular, göller veya barajlar, pınarlar ve kuyular gibi hidroloji analizinde kullanılacak olan verileri büro ortamında 1/25 000 ölçekli paftalar üzerinden yaptığımız sayısallaştırma işlemleri sonucunda elde edilmektedir. Büro ortamında ARCGIS 10.3 üzerinde DEM verilerinden sırasıyla akış yönü- akış birikimi- akış sırası- özellik

akışı – vektörel akarsu verileri oluşturulmaktadır. Sonra akarsu verileri de kendi içerisinde sınıflandırma yapılarak hidroloji analizi oluşturulmaktadır.



**Şekil 3.11.** Çalışma alanı (a) Pınarlar, kaynaklar ve su kuyuları, (b) Akarsular ve göller ile barajlar, (c) Taşkın risk haritası

Kapalı su havzalarının olduğu yerler tercih edilmemektedir. Eğer yerüstü suların olduğu yerlere bir atık barajı kurulacak olursa yapılması gereken çalışılan yerdeki akarsuyun bir yerden başka bir yere taşınması için tünel ya da açık kanal yardımıyla akıtılması şeklinde bir çözüm yolu izlenmelidir. Bu çalışmalara derivasyon denilmektedir. Yüzey sularıyla belirli aralıklarla taşkına uğrayan taşkın ovaları atıkları uzaklaştırmak için uygun alanlar değildir.

### 3.2.7. Jeolojik koşullar

Jeolojik zeminin litolojisi incelendiğinde düşük geçirgenliğe sahip kayalar; şeyl, marn, kiltası ve şist düzenli depolama alanları için uygun olmaktadır. Diğer taraftan kireçtaşı gibi kayalar, kumtaşları, dolomit ve alüvyonlar nispeten daha geçirimli olmaktadır.

Projenin gerçekleşmesi için gerekli olan bir diğer önemli veri katmanı bölgenin Jeolojik yapısını gösteren harita altlıklarıdır. Bu altlıklar MTA kaynaklı 1/25.000 ölçekli haritalardan yararlanılarak ve yapılan muhtelif sayısallaştırmalar neticesinde elde edilmektedir. Hazırlanan jeoloji veri katmanı daha sonra gerekli sonuçlara ulaşmak adına bölge için üretilen diğer veri katmanları ile mekansal analizlere tabi tutulmaktadır.

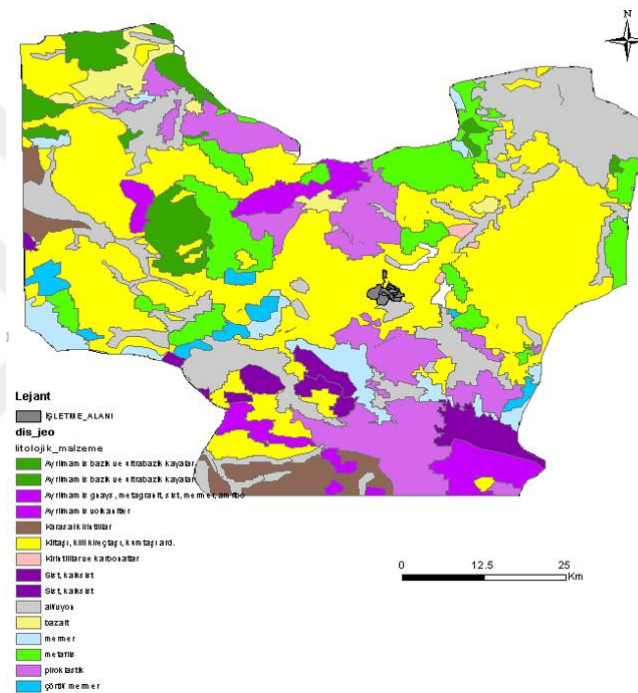
Mühendislik yapılarına başlanmadan önce bölgesel jeolojinin incelenmesi yeterli olamayabilir. Küçük ölçekli haritalardan sağlanan bilgiler yeterli olamamaktadır. Bu yüzden çalışma alanının jeolojisi ayrıntılı olarak incelenmesi gerekmektedir. Çalışma alanının genel bir stratigrafik kesitleri incelenmelidir.



Kırıklanmalar, çatlaklar, zayıf zonlar, faylar ve yüksek geçirgenlik türünden olumsuz jeolojik faktörlerin ortaya çıkması, bu alanı alternatif yer olmanın dışında bırakabilir veya sınırlayıcı özellikleri nedeniyle bazı ek önlemler almak zorunda bırakabilir(Karaca, 2010).

Eski kaya kaymaları, faylar ve bu kayaların geçirgenlikleri de çalışmalarla belirlenir. Bilgiler baraj yüksekliği ve kapasitesini tespit etmek için kullanılır(Karaca, 2010).

Kireçtaşları ya da son derece kırıklı ve eklemlili kayaların yer aldığı taş ocakları, kumtaşı ve çakıl taşının yaygın olduğu maden ocakları, deponi alanları için uygun değildir. Çünkü bu kaya türleri suyun iyi süzülebildiği akiferlerdir (Yılmaz, 2008).



Şekil 3.12. Çalışma alanı çevresi detaylı jeolojik haritası

### 3.2.8. Deprem tehlikesi(sismik aktivite)

Bir bölgede herhangi bir büyüklükte oluşan depremin belirli bir uzaklıktaki yapılarda meydana getireceği hasar ve can kaybı şeklindeki etkisi deprem tehlikesi olarak tanımlanmaktadır. Bu etkileri hesaplayabilmek için jeolojik, sismolojik ve kuvvetli yer hareketi gibi girdilerin bilinmesi gerekmektedir fakat bu bilgiler çok fazla bilinmezlik içerdiğinden belli teorik yaklaşımlarla sismik tehlike analizi yapılmaktadır.

Atık barajlarının karşılaşılabilecek önemli sorun da sismik tehlike aktivitesidir. Sismik hareketler sonucunda maden atıklarının kimyasal içeriğine de bağlı olarak atıkların yoğunluk

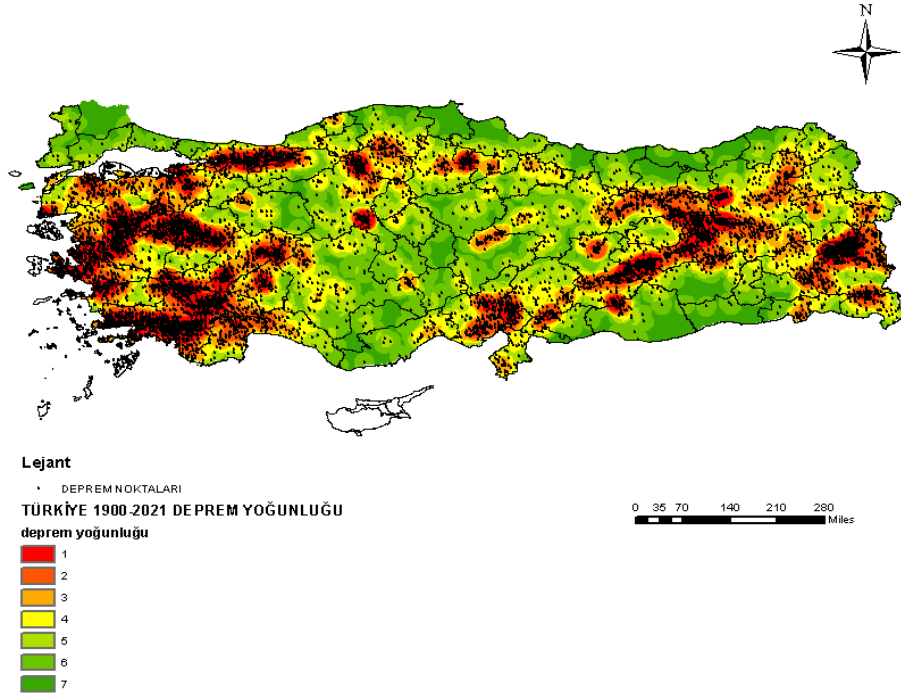
kazanması ve böylece stabilitik duyarlılığı bozulmaktadır. Bunun sonucunda iyice yoğunlaşan atık kütlesi baraj setlerine baskı yapmakta ve sedde yenilmeleri veya sedde heyelanı denilen felaketlere sebebiyet vermektedir. Bu hususun göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu amaçla atık barajı yapımı öncesinde belirlenecek yerin sismik aktivite durumu incelenmektedir.

Sismik tehlike analizinde amaç, eskiden olmuş deprem olaylarına ait eldeki verileri, jeolojik, sismolojik, istatistiksel ve diğer bilgilerle sistematik bir şekilde birleştirerek, göz önünde tutulan inşaat sahasında ileride beklenebilecek sismik etkinlik için belirli olasılık değerlerini saptayabilmektir (Yücemen, 2008).

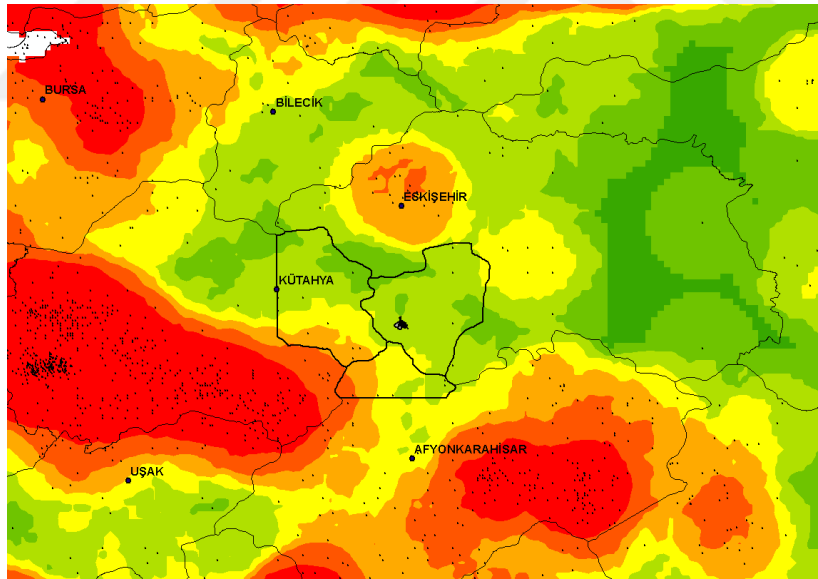
Her türlü inşaat faaliyetinde, bölgenin sismik aktivitesi ile ilgili veriler temin etmek ve ona göre önlem almak, planlama, tasarım ve hazırlıkların ciddi bir kademesini teşkil eder. Atık barajı inşaatı öncesinde yer belirleme aşamasında, bu inceleme titizlikle yapılmak zorundadır(Karaca, 2010).

Sismik aktivitesi fazla olan bölgelerde, yapılar zayıflıklarını derhal yansıtırlar. Yapılacak çalışmalarda, bölgenin sismik tarihçesi, önceki dönemlerde gerçekleşen depremlerin şiddetleri, aralıkları ve deprem merkezlerinin yerleri ile ilgili kayıtlar ve gelecekte olabilecek depremler hakkındaki tahminler temin edilip, değerlendirilir. Buna göre de, sahanın bir alternatif olup olamayacağı anlaşılacaktır. Karar olumlu olduğu takdirde de barajın tasarımında bu bilgilerden yararlanılır(Karaca, 2010).

Bu bilgilerden yola çıkılarak biz de çalışma alanımız için gerekli olan 1900 yılından günümüze kadar olan deprem verilerini Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Enstitüsü internet sitesinden noktasal olarak temin edilmektedir. Daha sonra bu temin edilen verileri Arcgis 10.3 programına koordinatlı olarak tanımlanmaktadır. Burada noktaların yoğun olduğu kısımlara göre öznitelik tablosundan deprem şiddetine orantılı olacak şekilde point density (nokta yoğunluğu) analizi yapılarak deprem yoğunluk haritası oluşturulmaktadır. Bu haritaya bakılarak çalışma alanımızın kadar ne kadar depreme maruz kaldığı anlaşılabilir. Yapılan deprem haritası aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



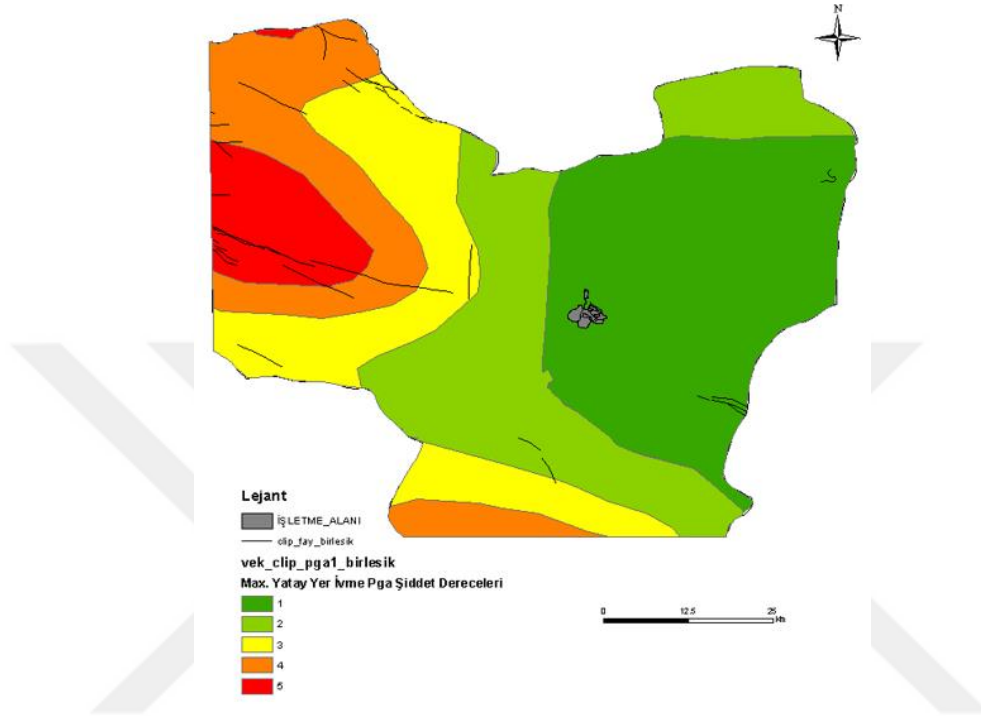
Şekil 3.13. Türkiye geneli deprem risk haritası



Şekil 3.14. Çalışma alanı bulunduğu yerin deprem risk durumu

Mühendislik amaçlı çalışmalarda daha çok ivme kayıtlarından yararlanılmaktadır. Türkiye’de depremlerden oluşan ivmelerin kaydedilmesi için değişik yörelerde Ulusal Şebekeye bağlı olarak kurulmuş olan deprem kayıt istasyonlarında ivme kayıt cihazları bulunmaktadır.

Çalışma alanımızda kullanılmak üzere max. yatay yer ivmesi değerleri AFAD'ın 2018 yılında yapmış olduğu deprem sismik tehlike analizi haritası üzerinden noktasal olarak temin edilmektedir. Bu verileri Arcgis programına aktararak vektörel olarak sınıflandırması yapılmıştır. Bu elde edilen yeni sismik tehlike haritamız aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 3.15. Çalışma alanı fay hatları(MTA) ve max. yatay yer ivmesi haritası(AFAD)

Tablo 3.3. Fay hatlarına olan uzaklık

Faylar	İşletme Alanına Olan Uzaklık
Eskişehir Fay Zonu	43 km
İnönü- Dodurga Fay Zonu	62 km
Kütahya Fayı	30 km
Gediz Fayı	96 km
Simav Fay Zonu	125 km
Sultandağı Fayı	84 km
Kuzey Anadolu Fayı(Gemlik-İznik-Geyve)	127 km
Kuzey Anadolu Fayı(Çınarcık-Gölcük-Sapanca)	145 km

Bölgenin tektonik özellikleri incelenir. Tehlikeli atık tesisleri diri fayların olduğu yerlerden en az 60 m (200 fit) uzakta olmalıdır (United States Federal Registry Office Federal Regulations Act, 1980). Bölgede sismik aktivitenin yoğun bulunması, özel bir baraj tipinin seçilmesini gerektirebilir.

### 3.2.9. Hidrojeoloji

Maden atık barajlarının çevresinde düşen yağmur suları, yeraltı ve yerüstü sularını da kirletebilecek olan kirletici unsurları da beraberinde taşıyarak yeraltı sularına sızabilmektedir. Yeraltı sularına sızan bu kirletici maddeler daha uzak mesafelere taşınarak çevredeki diğer su kaynaklarını da kirletebilmektedir. Böylece bölgedeki canlı ekolojisine ciddi olarak zarar verebilmektedir. Atık barajlarından yeraltı sularına kirli su sızması için temel toprağın geçirimsiz olması istenmektedir. Kolayca taşınabilen ve yüksek geçirgenliğe sahip derin alüvyonlu alanlar atık barajı inşaatı için uygun olmadığını söyleyebiliriz. Zeminin jeoteknik özelliklerinden olan kaya türü özelliklerine, çalışma alanının genel jeolojik yapısına bakılmalıdır. Bu şekilde çalışılan alanını hidrojeolojik geçirimsizliği incelenmektedir.

Çalışılan zemindeki akiferler jeolojik noktada dikkate alınması gereken hususlardandır. Akiferler, ekonomik olarak önemli miktarda suyu depolayabilen ve yeterince hızlı taşıyabilen geçirimli jeolojik birimlerdir. Aşınma karşı dirençsiz, kolay eriyebilen kayalardan oluşan karstik araziler tercih edilmemelidir. Kireçtaşları ya da son derece kırıklı ve eklemli kayaların yer aldığı taş ocakları, kumtaşı ve çakıl taşının yaygın olduğu maden ocakları, deponi alanları için uygun değildir. Çünkü bu kaya türleri suyun iyi süzülebildiği akiferlerdir.

Yeraltı suyunun çıkış yerleri incelenmeli ve yeraltı suyu hareket yönü tespit edilmelidir. Yeraltı su düzeyinin yüksek olduğu ve geçirimli bir zemin, deponi alanı için uygun bir yer değildir. Bu yüzden bir depolama sahası, düşük yeraltı suyu kirliliği riski olan bir alana yerleştirilmelidir.

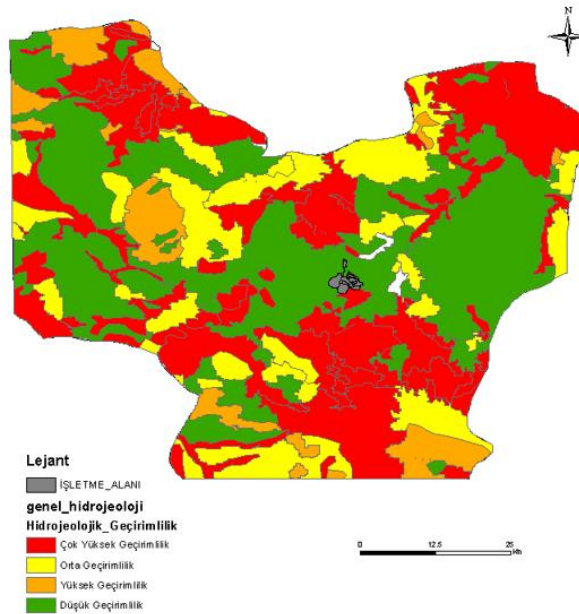
Genel olarak bir depolama tesisi sızıntı suyunun çevredeki yeraltı sularına karışmasını önlemek için kil benzeri düşük geçirgenliğe sahip topraklar üzerine kurulmalıdır. Eğer farklı alternatifler varsa mümkün olduğunca kumlu veya benzeri (çok geçirgen) topraklardan kaçınılmalıdır(ÇŞB, 2014). Düşük geçirgenliğe sahip bir yer bulmak kimi zaman pek güç olmaktadır. Dolayısıyla seçilen yerin ÇED koşullarını karşılayacak şekilde tasarımının yapılması ile bu sıkıntı giderilmektedir.

Düzenli depolama tesisinin tabanı ve yan yüzeylerinde, sızıntı suyunun yeraltı suyuna karışmasını önleyecek şekilde bir geçirimsizlik tabakası oluşturulması gerekmektedir. Bunun için kil veya eşdeğeri malzemedan oluşturulmuş geçirimsizlik tabakası serilir. Geçirimsizlik tabakasının fiziksel, kimyasal, mekanik ve hidrolik özellikleri depolama tesisinin toprak ve yeraltı suları için oluşturacağı potansiyel riskleri önleyecek nitelikte olmak zorundadır.

Geçirimsizlik malzemeleri teknik özellik bakımından Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmalıdır(ÇŞB, 2014).

2010 yılında yeniden düzenlenen yeni maden atıkları yönetmeliğine göre tehlikeli maden atık barajları yapımı sırasında baraj zeminine geçirimsiz malzemeler serilmekte ve bunlar sıkıştırılmaktadır. Serilen geçirimsiz malzemelerin üzerine jeomembran kaplamalar yapılmaktadır. Jeomembran, kimyasal maddelere karşı yüksek direnç gösterdiği, çekme mukavemeti yüksek, geçirgenliği düşük, delinme ve çatlamalara karşı son derece dayanıklı olduğu için sızmalara karşı üstün bir koruma oluşturmaktadır. Böylece maden atık sularının yeraltı sularına karışması önlenmektedir.

Burada bu konuda tecrübeli jeoloji mühendislerinden yardım alınarak hidrojeolojik geçirimsizlik haritası düzenlenmektedir. Bu haritamız 4 sınıfa ayrılmaktadır. Çalışma alanımızda çok düşük geçirimsiz alanlar belirlenmemektedir.

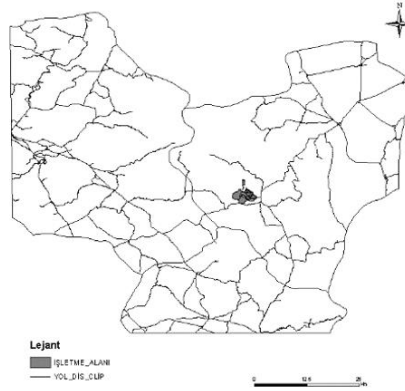


Şekil 3.16. Hidrojeolojik geçirimsizlik haritası

### 3.2.10. Yollar

Yapılması düşünülen atık barajlarının trafik güvenliği tehdit etmeyecek bir şekilde yer seçiminin yapılması gerekmektedir. Bu yüzden çalışma alanımız çevresindeki 1. ve 2. derece sık kullanımlı olan yollara ait verileri OpenStreetMap sitesinden vektörel olarak indirerek

coğrafi bilgi sistemi veri tabanına işlemiş olmaktadır. Bu veriler aşağıdaki haritada gösterilmektedir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Çalışma alanındaki yollar

### 3.3. Atık Barajları İçin Uygun Yer Tespitinde Dikkate Alınacak Kriterlerin AHY İle Değerlendirilmesi

Sonuç haritasının elde edilmesi için ağırlıklı çakıştırma analizi kullanılmaktadır. Bu analizde kriterlerin kendi aralarındaki ağırlık değerlerinin belirlenmesinde ikili karşılaştırma yönteminden elde edilen değerler kullanılmaktadır.

Çalışma alanımız için belirlediğimiz 10 tane parametrenin kendi aralarındaki ağırlık derecelerinin hesaplanabilmesi amacıyla (Wind & Saaty, 1980) tarafından geliştirilen analitik hiyerarşi yöntemi kullanılmaktadır. Böylece 10 adet kriterimiz için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmakta ve kriterler arasında 1 ile 7 arasında ölçeklendirilme yapılarak değerlendirilmektedir.

İkili karşılaştırma matrisi sonucunda elde ettiğimiz her bir kritere kendi içerisinde 1'den 5'e kadar uygunluk puanları verilmektedir. Burada "1" puan hiç uygun değil olmayan bertaraf tesislerini, "5" puan ise en çok uygun olan bertaraf tesislerini temsil etmektedir. Biz de değerlendirmemizi bu puanlandırmaya göre yapmış olmaktadır.

Tablo 3.4. Ağırlık puan tablosu

Ağırlık Puanları	Uygunluk Değerleri
1	Hiç Uygun Değil
2	Uygun Değil
3	Uygun
4	Çok Uygun
5	En Çok Uygun

Yapılan çalışmada “ağırlıklandırılmış doğrusal kombinasyon” (Weighted Linear Combination) yöntemi kullanılarak uygun alanlar tespit edilmiştir. Bu sistem, çoklu kriterler kullanan konularda nihai değerlerin hesaplanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Randazzo ve ark., 2018). Bu sistemin matematiksel formül olarak gösterimi ise aşağıda belirtilen eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır (Yoon & Hwang, 1995).

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j * v_{ij} \quad (3.1)$$

$V_i$ : Alan için uygunluk indeksi.

$w_j$ : Kriterlere verilen ağırlığın göreceli önemi.

$v_{ij}$ : j verisine karşılık gelen i' inci alternatif skoru.

Faktör ağırlıklarının hesaplanmasında analitik hiyerarşi yöntemi tercih edilmiştir. AHY yöntemi temel olarak, çok boyutlu önlemleri tek bir öncelik ölçeğinde birleştirerek, çeşitli karar seçeneklerine öncelik tanıma veya nitel ve nicel değerlendirmelerle karakterize edilen kriterleri ilişkilendirmeye izin verir (Wind & Saaty, 1980). Yapılan bu işlemler karşılıklı ikili karşılaştırma matrisi ile kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Normalize edilmiş ağırlık değeri; karar alma aşamasında kullanılan farklı kriterlerin dereceli önemlerinin veya öncelik değerlerinin belirlenmesine dayanmaktadır (Yılmaz, 2005). İkili karşılaştırma yöntemi ile bulunan tablo yer seçimini etkileyen faktörlerin önem derecelerini karşılaştırma amacıyla çalışmamızda kullanılmaktadır. Karşılaştırma işleminde ölçek dereceleri 1'den 7'ye kadar kullanılmaktadır.

**Tablo 3.5.** İkili karşılaştırma işleminde kullanılan ölçek değerleri

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit Önemde
3	Biraz Daha Önemli(Az Üstünlük)
5	Oldukça Önemli(Fazla Üstünlük)
7	Çok Önemli(Çok Üstünlük)
2,4,6	Ara Değerler(Uzlaşma Değerleri)

Her bir faktörün önemi, çalışma alanının yerel durumuna bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle, göreceli önem düzeyinin seçimi, çalışma alanının yerel koşullarına uygun olmalıdır. Bu ikili karşılaştırma, her bir faktörün katkısının bağımsız bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlayarak karar alma sürecini kolaylaştırmıştır (Rezaei ve ark., 2008).



Yukarıda sayılan aşamalardan sonra elde edilen sonuç verileri ise “en çok uygun” ve “hiç uygun değil” arasında değişen seçenekler sunmaktadır. İkili karşılaştırma yönteminin en önemli yönlerinden birisi, verdiğimiz puanlar neticesinde çıkan sonuçların tutarlılık endeksi ile derecelendirme tutarsızlıkları belirlenebilmektedir.

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (3.2)$$

formülü ile tutarlık endeksi belirlenmektedir.

CI : Tutarlılık endeksi

$\lambda_{\max}$  : maksimum özdeğer

n : karşılaştırma matrisinin sıralaması

Matris değerlerinin oluşturulması ile maksimum özdeğer( $\lambda_{\max}$ ) 10.538 olarak hesaplanmaktadır. Sonrasında CI, Rastgele endeksi (RI: Random index) olarak tanımlanan standart düzeltme değerine bölünerek Tutarlılık oranı (CR: Consistency rate) değeri elde edilir.

$$CR = CI / RI \quad (3.3)$$

formülü kullanılarak tutarlılık oranı değeri elde edilmektedir. CR sayısının 0,1’ den küçük olması, oluşturulan matrisin tutarlı olduğunu göstermektedir. Karşılaştırmada 10 adet kriter kullanıldığı için RI: 1,49 olarak alınmıştır (Wind & Saaty, 1980).

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Yer Seçiminde Kullanılan Kriterlerin Analizleri

Ele alınan her bir kritere 1’den 5’e kadar ağırlık değerleri verilmektedir. Burada ağırlık değeri “1” olan yerler hiç uygun olmayan alanlar iken ağırlık değeri “5” olan alanlar ise en çok uygun alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu ağırlık değerlerine göre yeniden sınıflandırma yapılarak raster formatında uygunluk derecelendirilmesi yapılmıştır. Buna göre her bir kriter kendi içerisinde ayrı bir analize tabi tutulmaktadır. Bu analizler yapılırken raster formatında elde ettiğimiz haritalar kullanılmaktadır. En son olarak da tüm bu kendi içerisinde yapılan analizlerin hepsini beraber bu konuda tecrübeli kişilerden ve çeşitli tez çalışmalarından yararlanmak suretiyle Weighted Overlay Analysis Yöntemi ile ağırlıklandırarak çalışma alanımızda atık barajları için uygun yer tespiti seçiminde genel sonuca varılmaktadır.

#### 4.1.1. Arazi topografyası analizi

Çalışma alanımızın arazi topografyası incelendiğinde çeşitli kaynak araştırmaları yapılmaktadır. Aşağıda tehlikeli maden atık tesisleri için uygun yer tespiti çalışmalarını incelediğimizde şu sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Batı İran’ın Kürdistan İlinde bulunan tehlikeli atık depolama sahası için uygun yer tespitinde (Sharifi ve ark., 2009) arazinin eğimi ele alınırken %10’ un üzeri yerleri hariç tutmak gerektiği ama eğimin bazen %20 ile %30 arasına da çıkabileceği belirtilmektedir.

Bir başka çalışma olan Kuzeydoğu İran’da Horasan Razavi Eyaletinde (Moghaddas & Namaghi , 2011) ise tehlikeli atık depolama sahası seçiminde arazinin eğimi 4 sınıfa ayrılmıştır. Bu yapılan sınıflandırmalar şu şekilde derecelendirilmektedir: Eğimi (%0-5) arası 4, (%5-15) arası 3, (%15-30) arası 2, (%30>) olan yerler ise 1 derece verilmektedir.

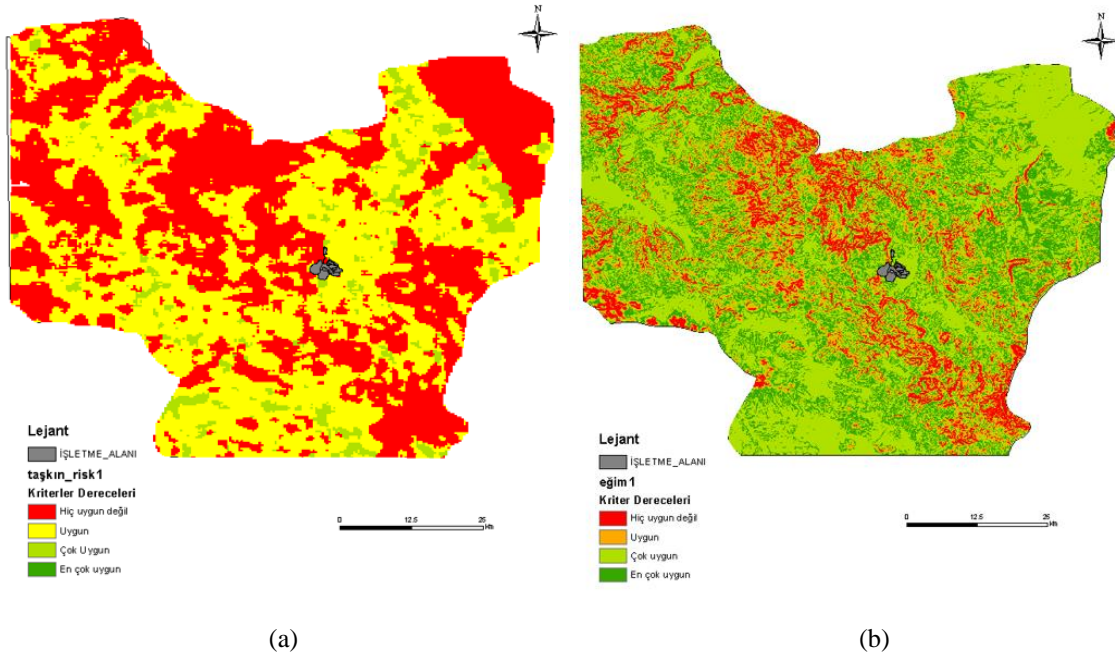
İran’ın Hürmüzgan Eyaleti’nde yapılan tehlikeli atık depolama sahası seçimi sürecinde (Foomani ve ark., 2017) ise arazinin eğiminin %5’ den aşağı olmaması ve %15’ in üzerine çıkmaması belirtilmektedir.

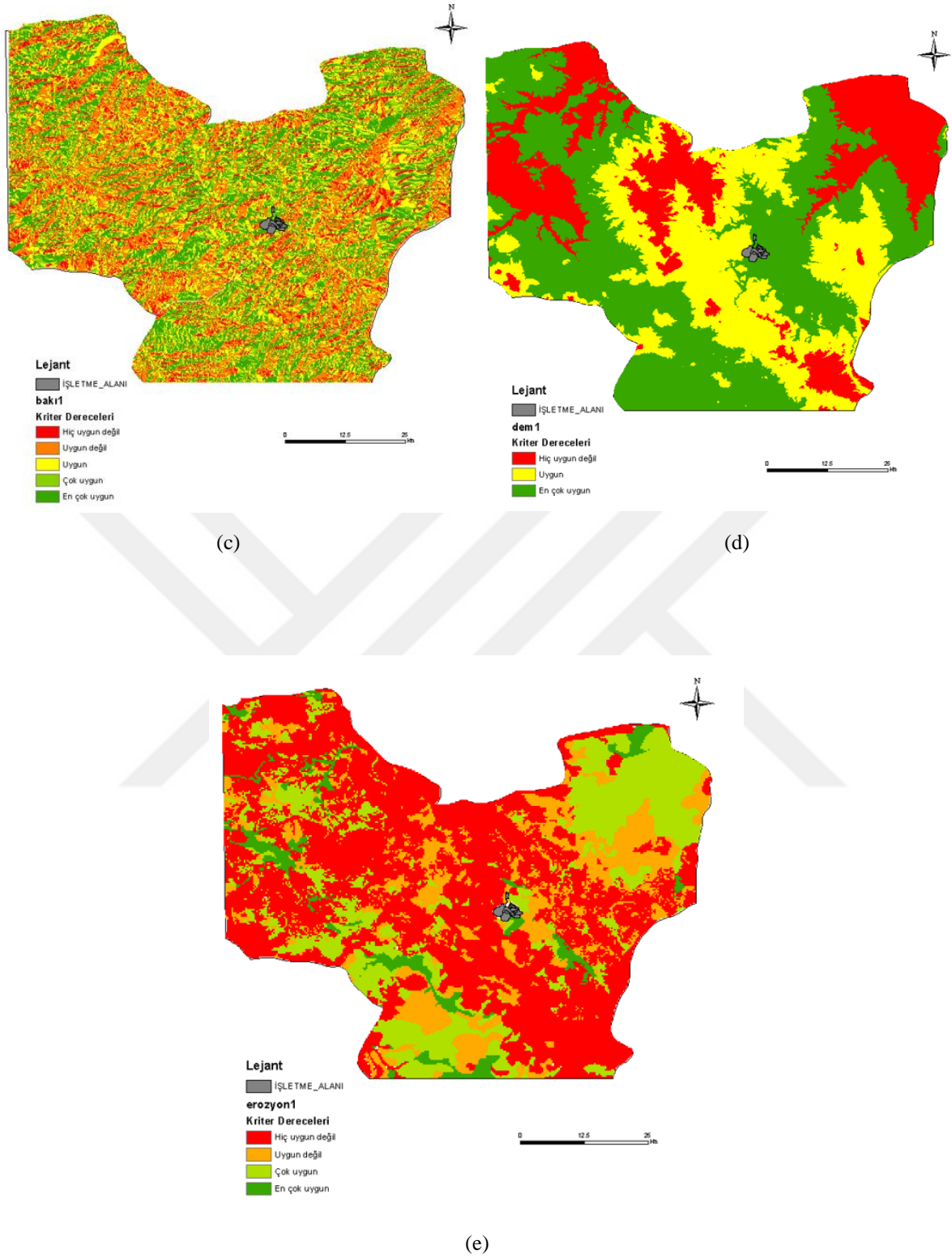
Çalışmamızda doğrudan olmasa da dolaylı olarak belediye katı atık depolama sahaları bertaraf alanı seçiminde yapılan çalışmalarda eğimin %0 ile %10 arasının en uygun olduğu, %40 ile %50 arasının ise uygun olmadığına dair çalışmalar bulunmaktadır. Bazı depolama alanları yapımında eğimin %11’ den az olmaması ve %30’dan fazlasının da uygun olamayacağı

hakkında görüşler bulunmaktadır. Yine bazı çalışmalarda ise eğimin %10 ile %30 arasının en iyi olacağına dair bilgilere ulaşılmaktadır.

**Tablo 4.1.** Arazi topografyası verilerinin kendi içerisinde ağırlıklandırılması

Eğim(yüzde)	Yükseklik(metre)	Erozyon	Taşkın Risk Durumu	Bakı	Ağırlık Değerleri	Açıklamalar
%24.705- %100	(839.094- 1017.329) ile (1402.317 – 2101) arası	Çok Yüksek	Çok Yüksek ve Yüksek	Kuzey	1	Hiç uygun değil
-	-	Yüksek	-	Batı- Kuzeybatı	2	Uygun değil
% 14.9019- %24.705	1188.435 - 1402.317	-	Orta	Düz- Kuzeydoğu- Güneybatı	3	Uygun
%7.0588- %14.9019	-	Orta	Düşük	Doğu	4	Çok uygun
%0-%7.0588	1017.329 - 1188.435	Düşük	Çok Düşük	Güney- Güneydoğu	5	En çok uygun





Şekil 4.1. (a) Taşkın analizi, (b) Eğim analizi, (c) Bakır analizi, (d) Yükseklik analizi, (e) Erozyon analizi

Elde ettiğimiz verileri daha sonrasında kendi aralarında ağırlıklandırarak arazi topografyası analizi oluşturulmaktadır. Yapılan bu ağırlıklandırma dereceleri aşağıdaki şekilde gösterilmektedir. Yapılan bütün analizler bu şekilde ağırlandırılmaktadır.

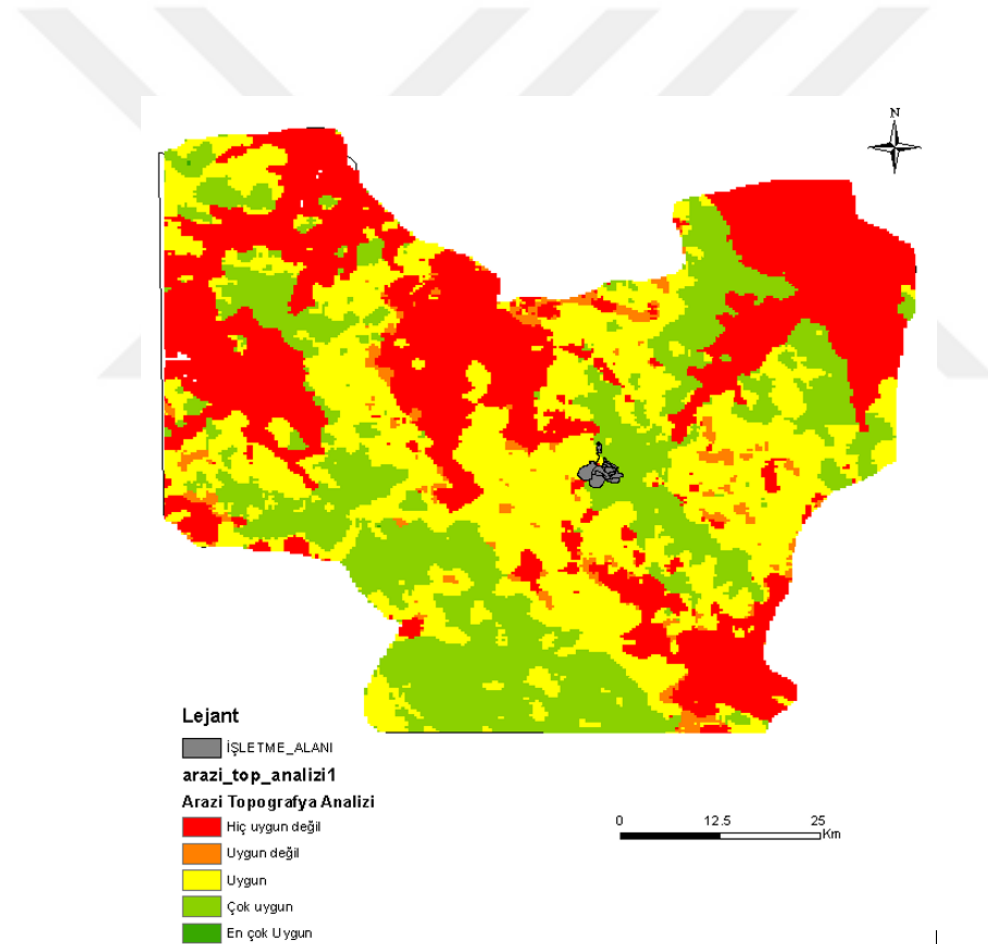
Raster	% Etki	Alan	Ölçek Değeri
taşkın_risk1	20	Value	↔
		1	1
		3	3
		4	4
		5	5
		NODATA	NODATA
eğim1	25	Value	↔
		1	Restricted
		3	3
		4	4
		5	5
		NODATA	NODATA
dem1	25	Value	↔
		1	Restricted
		3	3
		5	5
		NODATA	NODATA
bakı1	10	Value	↔
		1	1
		2	2
		3	3
		4	4
		5	5
		NODATA	NODATA
erozyon1	20	Value	↔
		1	1
		2	2
		3	3
		4	4
		5	5
		NODATA	NODATA

Etki toplamı: 100

Değerlendirme ölçeği: 1 hedef 5 ile 1

Eşit Etki Ayarla

Şekil 4.2. Arazi topografyası verilerinin kendi aralarında ağırlıklandırılması



Şekil 4.3. Arazi topografyası analizi

Yukarıdaki şekle göre oluşturulan ağırlıklandırma ile arazi topografyası analiz sonucu oluşturulmaktadır. Bu analize baktığımızda eğimin yüksek olduğu yerlerin ve çalışma alanımız için yüksekliğin en düşük ve en fazla olduğu yerlerin taşkın riskine en uygun alanlar olarak göze çarpmaktadır. Bu nedenle bu alanlar maden atık baraj inşası için uygun yerler

olmamaktadır. Çalışma alanımız için yapmış olduğumuz taşkın risk analizine bakılarak bazı yerlerde eğimin düşük olduğu büyük ovaların riskli alanlar olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden çalışma alanımız arazi topografyası analizi incelendiğinde orta dereceli eğim ve yüksekliğin olduğu yerler en uygun yerler olmaktadır. Akarsu yatakları ve göl alanlarının çevresinin taşkın riski için tehlikeli alanlar olduğu göze çarpmaktadır. Yağışın nispeten daha fazla olduğu araziye göre yüksek rakımlı kısımların da taşkın riski için tehlikeli olduğu görülmektedir. Kentsel alanların veya yerleşim yerlerine yakın kısımlarda taşkın riski fazla olduğu için buralar çalışmamız için uygun bulunmamaktadır.

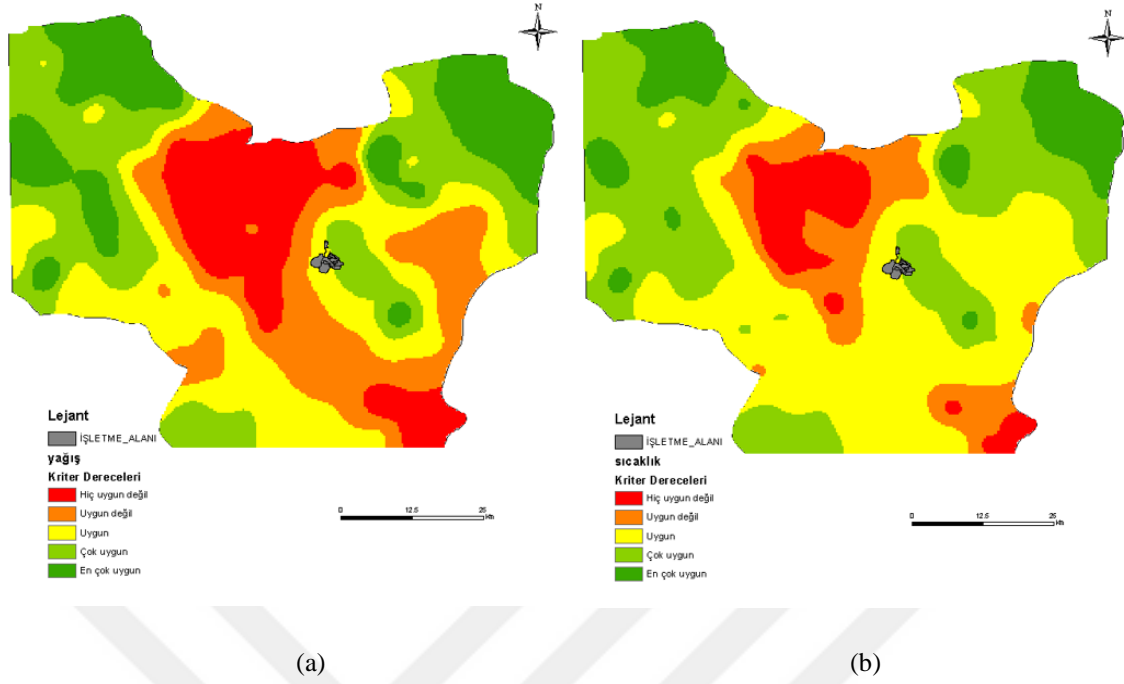
#### 4.1.2. İklimsel etkenler(meteorolojik koşullar) analizi

Çalışma alanımızda yükseklik durumuna bağlı olarak Schriber Yöntemiyle yağış ve sıcaklık haritası oluşturulmaktadır. Maden atık barajı yapılacak yerin düşük yağış alan ve yüksek sıcaklıkta olan bir yer olması daha önemli olmaktadır. Çünkü maden atık barajları yapımında incelediğimiz kaynaklara göre bu tarz yapılar için en tehlikeli unsurlardan birisi de beklenmeyen yağışlardan kaynaklı taşkınlar ve don olayları sonucunda eriyen buz kütlelerinin barajları doldurması ile oluşan taşkınlar olmaktadır. Bu hem Dünya çapında hem de Avrupa çapında bu şekilde söylenmektedir. Bundan dolayı atık baraj tesisi yapımında beklenmeyen yağış riskini ve don olaylarını azaltabilmek için bu hususların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Biz de yaptığımız yağış ve sıcaklık haritasından uygun olmayan yerlere düşük, uygun olan yerlere yüksek değer vererek bir ağırlıklandırma tablosu oluşturulmaktadır.

Bu çalışmamızda önceden yapılmış olan taşkın risk analizi haritası incelenmiş ve bu haritada taşkın riskinin yüksek olduğu yerlere düşük derece ve taşkın riskinin düşük olduğu yerlere ise yüksek derece verilerek kendi içerisinde bu suretle ağırlıklandırılmaktadır. Bu yaptığımız çalışma aşağıdaki tabloda belirtilmektedir.

**Tablo 4.2.** Meteoroloji verilerinin kendi içerisinde ağırlıklandırılması

Yağış Durumu(kg/m <sup>3</sup> )	Sıcaklık Durumu(°C)	Taşkın Risk Durumu	Ağırlık Değerleri	Açıklamalar
610.724 - 714.992	8.20 - 9.15	Çok Yüksek ve Yüksek	1	Hiç Uygun Değil
556.323 - 610.724	9.15 - 9.65	-	2	Uygun Değil
510.990 - 556.323	9.65 - 10.07	Orta	3	Uygun
467.167 - 510.990	10.07 - 10.48	Düşük	4	Çok Uygun
329.654 - 467.167	10.48 - 11.76	Çok Düşük	5	En Çok Uygun



Şekil 4.4. (a) Yağış analizi, (b) Sıcaklık analizi

Raster	% Etki	Alan	Ölçek Değeri
erozyon1	25	Value	Value
		1	1
		2	2
		4	4
		5	5
		NODATA	NODATA
yağış	25	Value	Value
		1	1
		2	2
		3	3
		4	4
		5	5
		NODATA	NODATA
sıcaklık	25	Value	Value
		1	1
		2	2
		3	3
		4	4
		5	5
		NODATA	NODATA
taşkın_nsk1	25	Value	Value
		1	1
		3	3
		4	4
		5	5
		NODATA	NODATA

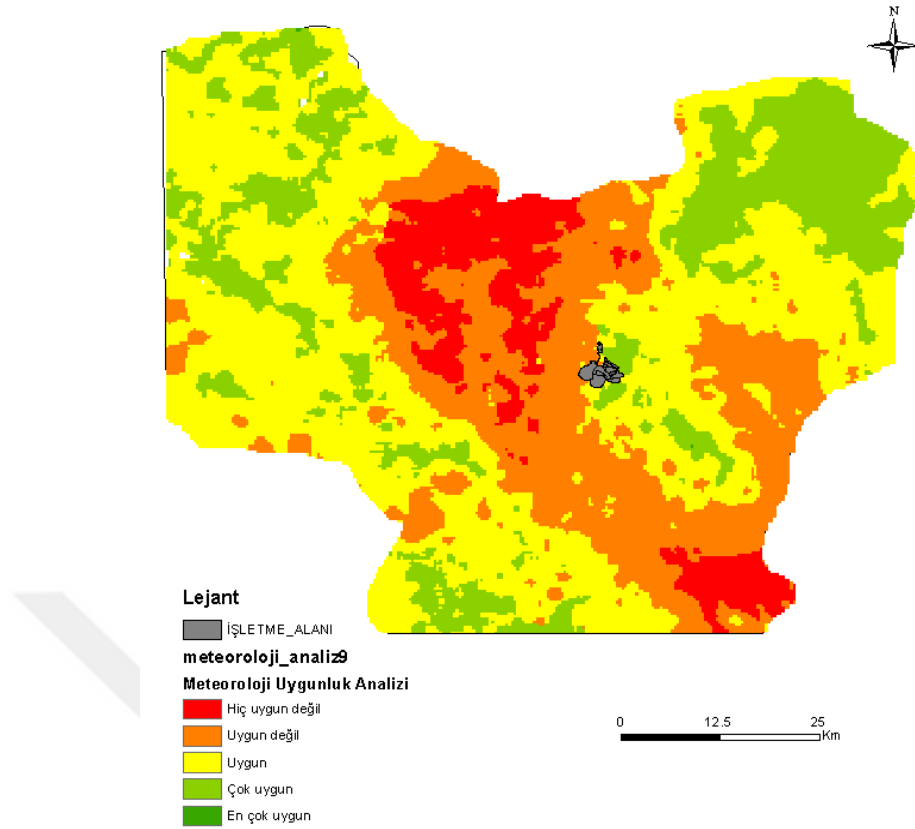
Etki toplamı: 100

Değerlendirme ölçeği: 1 hedef 5 ile 1

Eşit Etki Ayarla

Kaynak: Hedef: İle:

Şekil 4.5. Çalışma alanı meteoroloji verilerinin kendi aralarında ağırlıklandırılması



Şekil 4.6. Meteoroloji analizi

Yukarıdaki meteoroloji uygunluk analizi haritası incelendiğinde genel olarak yağışın fazla olduğu ve sıcaklığın düşük olduğu yerlerin bu çalışmada uygun olmayan yerler olarak karşımıza çıkmaktadır.

#### 4.1.3. Arazi kullanım durumu analizi

Çalışma alanımızda atık barajı için yapılması en uygun olabilecek ve uygun olmayacak arazilerin tespiti yapılmaya çalışılmaktadır. Çeşitli kaynaklar incelenerek doğru bir arazi yönetimi planlanmaktadır. Mesela, Batı İran'ın Kürdistan İlinde bulunan tehlikeli atık depolama sahası için uygun yer tespitinde (Sharifi ve ark., 2009) ekilebilir arazilerin ve meyve bahçelerinin olduğu yerlerin tercih edilmemesine değinilmektedir.

Bir başka çalışma olan Kuzeydoğu İran'da Horasan Razavi Eyaletinde (Moghaddas & Namaghi, 2011) ise tehlikeli atık depolama sahası seçiminde arazi kullanım durumunda 3 sınıfa ayrılarak analiz yapılmaktadır. Sulu tarım yapılan alanlar, meyve bahçelerinin olduğu yerler ve orman alanlarını 1, mera alanlarını 2, ekilmemiş arazilere ise 3 derece verilerek bir ağırlıklandırma yapılmaktadır.



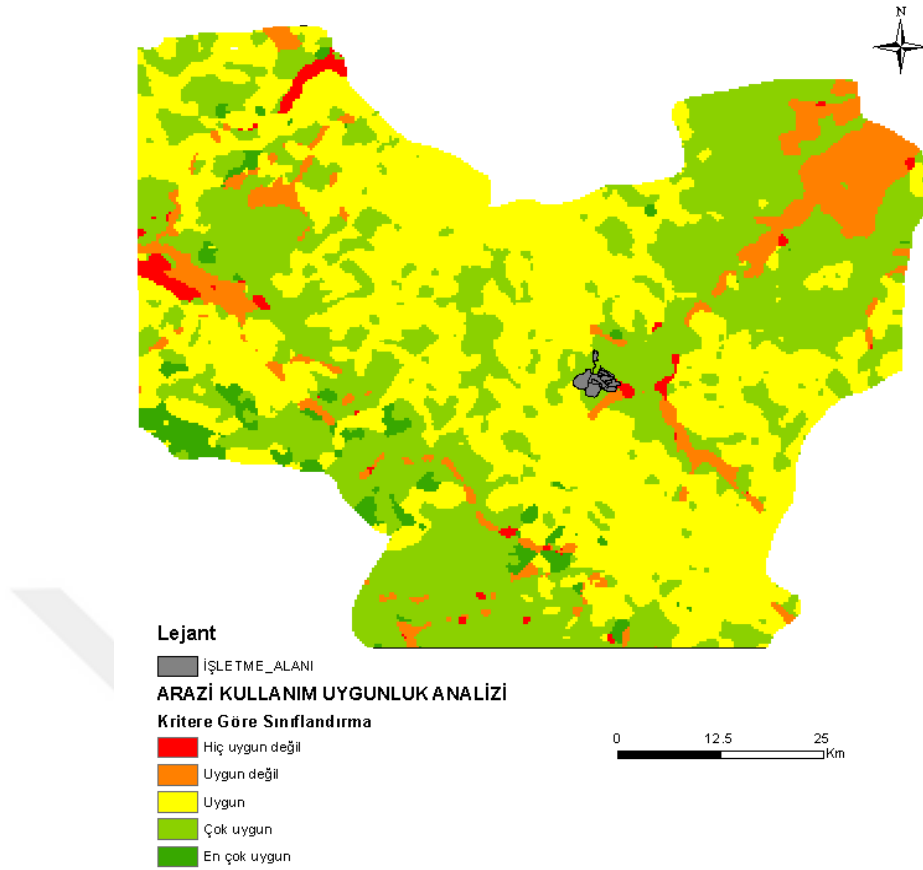
Çalılık veya otların hakim olduğu alanlar, yoğun bitkiler ve zehirli böcekler gibi doğal rahatsızlıkların varlığından dolayı insan yerleşimi için uygun değildir. Nadasa bırakılan topraklar ve çalılık arazileri insan faaliyetlerinden uzak olduğundan, depolama alanları için en uygun bölgeler olarak kabul edilirler (Kapılan & Elangovan, 2018). Bataklık alanları, endüstriyel ve ticari birimler, yerleşim yerleri, şehir yapıları gibi alanlar ise depolama alanına uygun olmayan yerlerdir. Tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü araziler yine döküm sahası olarak tercih edilmemektedir (Kontos ve ark., 2003).

Bucak(Burdur/Türkiye) mermer atık sahasının belirlenmesi adlı çalışmada (Hepdeniz & Soyaslan, 2019) arazi kullanım durumu 6 sınıfa ayrılarak bir analiz oluşturulmaktadır. Bunlar; şehir yapıları, bataklık, endüstriyel ve ticari alanlar, maden çıkarım sahaları, meyve bahçeleri ve tarım alanlarının olduğu yerleri 1, orman alanlarının olduğu ve sürekli tarım alanlarına 2, seyrek bitki örtüsü olan alanlar 3, doğal çayırlıklar 4, meralar 5, çıplak kayalıklara ise 6 derece verilmek suretiyle bir ağırlıklandırma yapılmaktadır.

Biz de buradaki çalışmamızda elde ettiğimiz mevcut arazi kullanım verilerini ele almış bulunmaktayız. Bu verileri kendi içerisinde 5 dereceye ayırarak aşağı tablodaki gibi ağırlıklandırılmaktadır.

**Tablo 4.3.** Arazi kullanım verilerinin kendi içerisinde ağırlıklandırılması

<b>Arazi Kullanım Durumu</b>	<b>Ağırlık Değerleri</b>	<b>Açıklamalar</b>
Döküm siteleri, Havaalanları, İnşaat siteleri, Spor ve eğlence tesisleri, Su kütleleri, Sürekli kentsel doku, Süreksiz kentsel doku	1	Hiç Uygun Değil
Sürekli sulanan arazi	2	Uygun Değil
Geçiş ormanlık-çalı, Geniş yapraklı orman, İğne yapraklı orman, karışık orman, Karmaşık yetiştirme modelleri, Meyve ağaçları ve meyve tarlaları	3	Uygun
Doğal çayırlar, Meralar, Önemli doğal bitki örtüsüne sahip, esas olarak tarım tarafından işgal edil., Sklerofilöz bitki örtüsü, Sulanmayan ekilebilir arazi	4	Çok Uygun
Seyrek bitki örtüsü olan alanlar	5	En Çok Uygun



**Şekil 4.7.** Arazi kullanımı uygunluk analizi

Yukarıdaki harita incelendiğinde yerleşim alanlarının, verimli tarım alanlarının, su kaynaklarının olduğu yerlerin bu çalışmamızda uygun olarak görülmemektedir. Orman alanlarının orta derece uygunlukta olduğu; meralar, sulanmayan ama ekilebilir tarım alanlarının, seyrek bitki örtüsü olan yerlerin ise daha uygun olabileceği görülmektedir.

#### **4.1.4. Çevresel faktörler analizi**

Yerleşim sahalarına yakın kurulan tehlikeli atık depolama tesisleri gürültü, estetik, hijyen, toz gibi açılardan olumsuz durumlar oluşturmaktadır. Bu durumda yapacağımız bir tehlikeli atık baraj tesisi için yapılacak uygun yer belirlemede yerleşim birimlerine dikkat edilmektedir. Yerleşim yerlerine olan mesafeler için farklı kaynaklardan bilgiler toplanmıştır.

Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmeliğine göre; düzenli depolama tesis sınırlarının yerleşim birimlerine uzaklığı I. sınıf düzenli depolama tesisleri için en az bir kilometre, II. sınıf ve III. sınıf düzenli depolama tesisleri için ise en az iki yüz elli(250 m) metre olmak zorundadır(ÇŞB, 2014).

Diğer taraftan Batı İran'ın Kürdistan İlinde bulunan tehlikeli doğu depolama sahası için yer tespiti çalışmasında (Sharifi ve ark., 2009); İran'daki endüstriyel kalkınma projeleri için mevcut yönergelere göre, yerleşim alanı içinde bir depolama sahası bulunamaz. Bu kılavuza göre böyle bir tesis tercihen sanayi bölgeleri içinde veya bu bölgelere yakın olmalıdır. Güvenlik önlemi olarak il ve köylerin nüfus büyüklükleri ile orantılı olarak en büyük il için 1 km tampon bölge, daha küçük il için daha küçük tampon bölge uygulanmaktadır. Bu çalışmada vurgulanan mesafe ise nüfusu 1000'in üstünde olan kırsal yerleşimler için ise 1000 metrelik bir tampon bölge oluşturulmaktadır.

Bir başka çalışma olan Kuzeydoğu İran'da Horasan Razavi Eyaletinde (Moghaddas & Namaghi , 2011)ise tehlikeli atık depolama sahası seçiminde yerleşim yerleri eğer şehir ise 2 km köylere ise 1 km tampon bölge olarak belirlenmektedir.

İran'ın Hürmüzgan Eyaleti'nde yapılan tehlikeli atık depolama sahası seçimi sürecinde (Foomani ve ark., 2017) ise şehirlere olan mesafenin 5 km den başlayıp 10, 20 km'lik bir koruma mesafesi verilmektedir. Yine bu çalışmada ilçelere 2 km, köylere veya kırsal alandaki mahallelere olan koruma mesafesinin ise 500 metre olabileceğine değinilmektedir.

Batı İran'ın Kürdistan İlinde bulunan tehlikeli atık depolama sahası için uygun yer tespitinde (Sharifi ve ark., 2009) sanayi alanlarına olan mesafe için 3 km'lik bir tampon bölge oluşturulmaktadır.

İran'ın Hürmüzgan Eyaleti'nde yapılan tehlikeli atık depolama sahası seçimi sürecinde (Foomani ve ark., 2017) ise endüstriyel alanlara olan mesafenin sırasıyla 3, 10, 20 km olması gerektiğine değinilmektedir.

Çalışma alanımızda ise daha öncesinde yapılmış atık barajları ÇED raporları incelenerek sanayi bölgelerine ne kadar uzaklıkta olması gerektiğine dair bilgiler alınmaktadır. Bu incelemelerimiz neticesinde çalışma alanımızdaki sanayi bölgelerine olan uzaklığın minimum 2 km alınması düşünülmektedir.

Çalışma alanımızda çok fazla tarihi sit alanları ve anıt yerler bulunmaktadır. Bu sit alanlarının ve tarihi anıt yerlerinin korunması tarihi ve kültürel değerlerimiz için önem teşkil etmektedir. Bu amaçla Eskişehir Kültür Varlıklarını Koruma Kurulunun sayfasında bulunmakta olan sit alanlarının ve anıt yerlerin korunmasına dair yönetmelikler incelenmiştir. Sit alanlarının ve tarihi anıt yerlerin olduğu yerlere tehlikeli atık barajlarının yapılmamasına değinilmektedir. Bu konuda biz çalışma alanımızda önceden yapılmış olan diğer maden atık barajlarının ÇED

raporlarını incelemek suretiyle sit alanlarına ne kadar mesafe bırakılması ve koruma bandına alınmasına karar verilmiştir. Bu suretle çalışma alanımızda bulunan tarihi sit alanlarına olan koruma bandı 500 metre olarak belirlenmektedir.

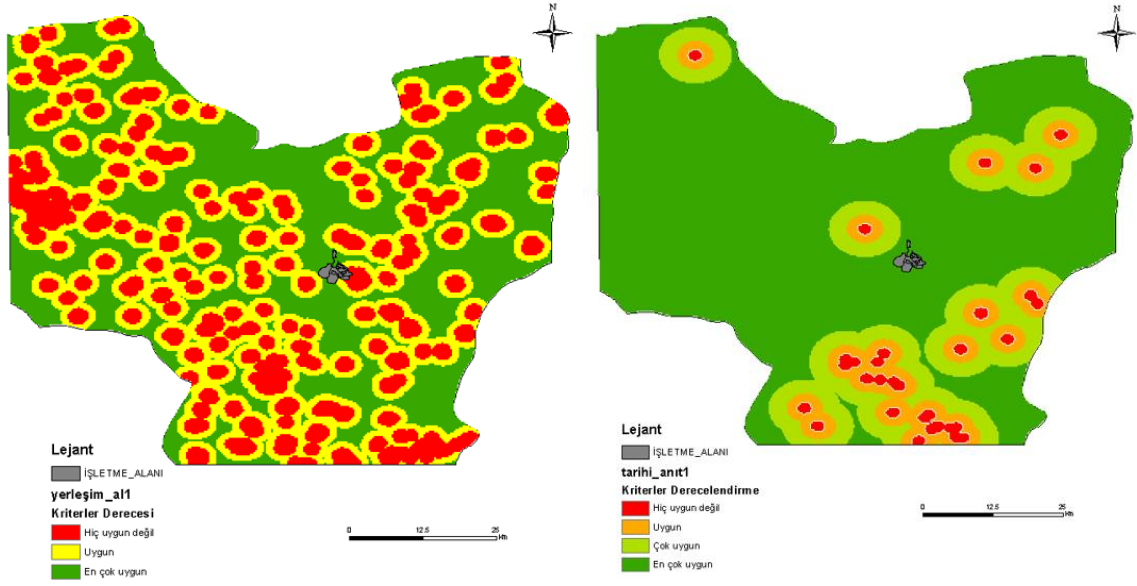
Batı İran'ın Kürdistan İlinde bulunan tehlikeli doğu depolama sahası için yer tespiti çalışmasında (Sharifi, ve diğerleri, 2009); tarihi ve anıt yerlere olan koruma bandı mesafesi 500 metre olarak belirlenmektedir. Yine aynı çalışmaya göre koruma altındaki alanlara ve turistik mekanlara olan koruma bandının 750 metre olmasına karar verilmektedir.

İran'ın Hürmüzgan Eyaleti'nde yapılan tehlikeli atık depolama sahası seçimi sürecinde (Foomani ve ark., 2017) koruma altındaki alanlara ve anıt yerlerine olan koruma bandı mesafesinin 1 km olarak belirlendiğine değinilmektedir.

Diğer taraftan Sulak Alanların Korunması Yönetmeliğine göre koruma altındaki alanlar sulak alan bölgesi, mutlak koruma bölgesi, ekolojik etkilenme bölgesi ve tampon bölge olarak 4 sınıfa ayrılarak koruma altına alınmaktadır. Burada dikkat edilecek husus madencilik faaliyetleri eğer koruma altında olan alanlara yakın olacak ise bu durumda tampon bölge olarak en az 2,5 km olmak şartıyla izin verilebilmektedir.

**Tablo 4.4.** Çevresel faktör verilerinin kendi içerisinde ağırlıklandırılması

Yerleşim Alanları(m)	Tarihi Yerler(m)	Sit Alanları(m)	Sanayi Alanları(m)	Koruma Altındaki Alanlar(m)	Ağırlık Değerleri	Açıklamalar
(0-1000)	(0-500),(500-1000)	(0-500)	(0-2000)	(0-2500)	1	Hiç Uygun Değil
-	-	-	-	-	2	Uygun Değil
(1000-2000)	(1000-2500)	(500-1000)	(2000-3000)	(2500-4000), (4000-5000)	3	Uygun
-	(2500-5000)	-	-	(5000-7500)	4	Çok Uygun
(2000-3000),(3000-5000),(5000-10000)	(5000-40000)	(1000-2000),(2000-5000),(5000-20000)	(3000-5000),(5000-10000),(10000-20000)	(7500-30000)	5	En Çok Uygun



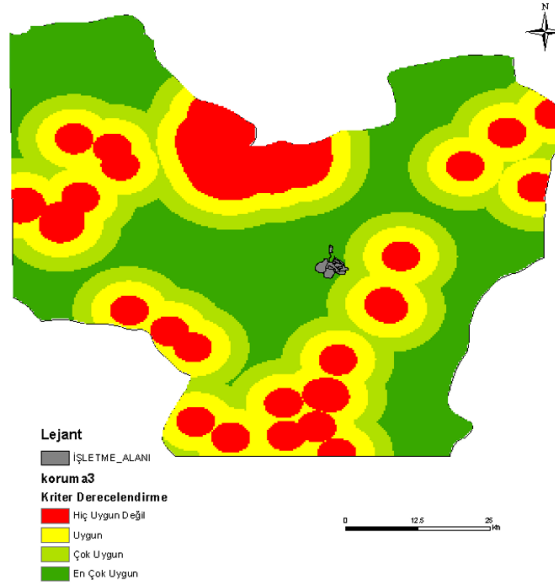
(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

**Şekil 4.8.** (a) Yerleşim alanları analizi, (b) Tarihi ve anıt yerler analizi, (c) Tarihi arkeolojik sit alanları analizi, (d) Sanayi alanları analizi, (e) Koruma altındaki alanlar analizi

Son aşamada kendi içerisinde ağırlıklandırdığımız bu verileri Weighted Overlay Analizi ile aşağıdaki gibi kıyaslayarak çevresel faktörlerin analizi oluşturulmaktadır.

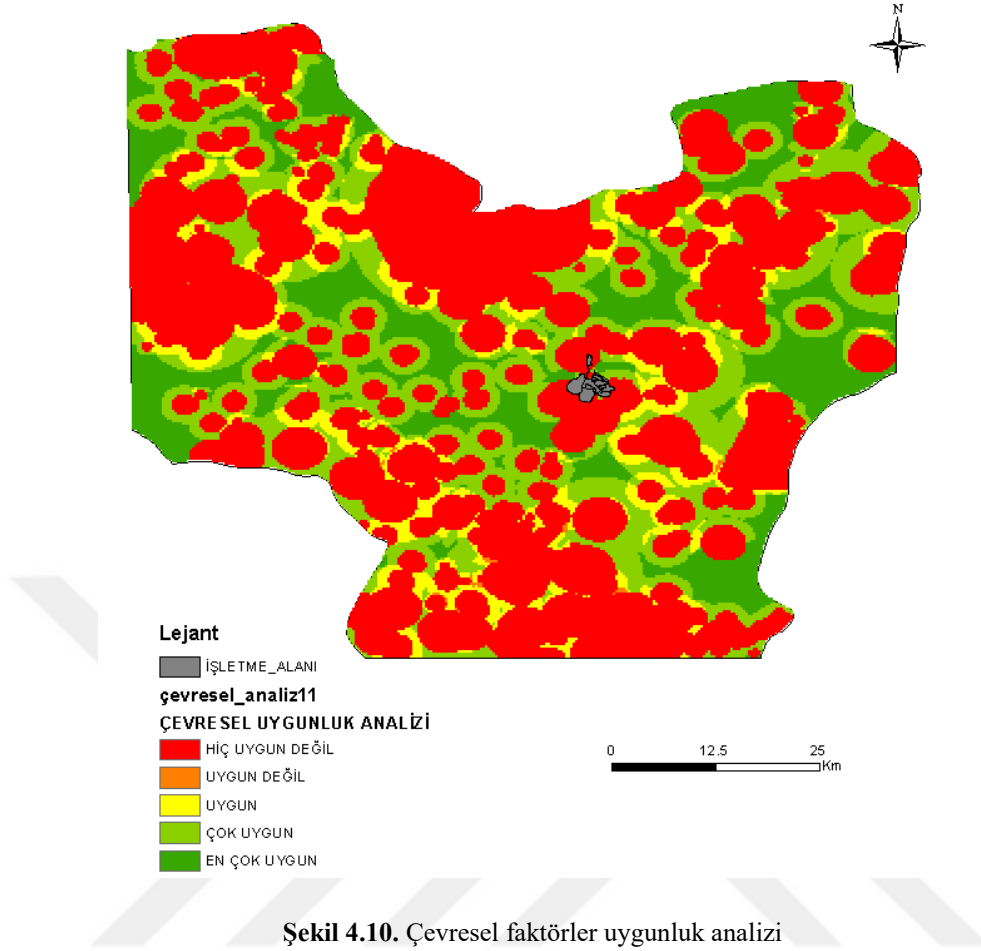
Raster	% Etki	Alan	Ölçek Değeri
yerleşim_alf	30	Value	Restricted
		1	3
		3	5
		5	1
		NODATA	NODATA
tarihi_anıt1	15	Value	Restricted
		1	3
		3	5
		4	1
		5	3
		NODATA	NODATA
sit_alanı1	15	Value	Restricted
		1	3
		3	5
		5	1
		NODATA	NODATA
sanayi1	20	Value	Restricted
		1	3
		3	5
		5	1
		NODATA	NODATA
koruma3	25	Value	Restricted
		1	3
		3	5
		4	1
		5	3
		NODATA	NODATA

Etki toplamı: 100

Değerlendirme ölçeği: 1 hedef 5 ile 1

Kaynak: Hedef İle

**Şekil 4.9.** Çalışma alanı çevresel faktör verilerinin kendi aralarında ağırlıklandırılması



Şekil 4.10. Çevresel faktörler uygunluk analizi

Yukarıdaki analiz incelendiğinde çalışma alanımızda yerleşim alanları, sanayi alanları, koruma altındaki alanlar, tarihi alanlar ve sit alanlarının olduğu yerlerden ilgili uzman kişilerden veya tez çalışmalarından yararlanarak belirli mesafede oluşturulan tampon bölgeler bu analizde hiç uygun bulunmamaktadır. Bu mesafeden sonraki yerler de sırasıyla sınıflandırılmaktadır.

#### 4.1.5. Hidroloji analizi

Düzenli depolama tesisinin yer seçimi ve tasarımı, toprağın, yüzeysel suların ve yeraltı sularının kirlenmesini önleyecek şekilde yapılır, kapatma sonrası aşamada bu korumanın sağlanması için üst örtü teşkil edilir. I. ve II. sınıf düzenli depolama tesisleri için sahanın özellikleri ve meteorolojik şartlar dikkate alınarak; depolama sahasına yağıştan kaynaklanan yüzeysel suların girmesini engellemek, sızıntı suyu toplama sistemine yağış suyu girmesini asgari düzeye indirmek, yüzeysel suların ve/veya yeraltı sularının depolanmış atığa temasını engellemek, kirlenmiş suları ve sızıntı suyunu toplamak, depolama sahasında toplanmış kirlenmiş suları ve sızıntı suyunu yönetmek gerekmektedir.

Çalışma alanımızda birçok kuyular ve pınarlar(kaynaklar, çeşmeler) bulunmaktadır. Atık barajı yapımında su kaynaklarına zarar vermemek düşünülmektedir. Bu amaçla bazı makalelerden edinilen bilgilere göre bir karar verme sürecine gidilmektedir.

Batı İran'ın Kürdistan İlinde bulunan tehlikeli atık depolama sahası için uygun yer tespitinde (Sharifi ve ark., 2009) kuyulara olan mesafe için 500 m, kaynaklara ise 100 metrelik bir tampon bölge oluşturulduğu görülmektedir.

Mesela, İran'ın Hürmüzgan Eyaleti'nde yapılan tehlikeli atık depolama sahası seçimi sürecinde (Foomani ve ark., 2017) kaynaklara olan mesafeler 500 metreden başlamak suretiyle 2 km ye kadar uzanan bir koruma alanı oluşturulmaktadır.

Bir başka çalışma olan Kuzeydoğu İran'da Horasan Razavi Eyaletinde (Moghaddas & Namaghi , 2011) ise tehlikeli atık depolama sahası seçiminde kuyular için 300 metrelik bir koruma bandına alındığı belirtilmektedir.

Çalışma alanımızdaki göller ve barajlar için ise; Batı İran'ın Kürdistan İlinde bulunan tehlikeli atık depolama sahası için uygun yer tespitinde (Sharifi ve ark., 2009) göllere ve barajlara olan mesafenin en az 1000 metrelik bir koruma bandına alındığı ama bu mesafenin 5000 metreye kadar çıkabildiği belirtilmektedir.

Mesela, İran'ın Hürmüzgan Eyaleti'nde yapılan tehlikeli atık depolama sahası seçimi sürecinde (Foomani ve ark., 2017) göllere ve barajlara olan mesafeler 1 km'den 5 km'ye kadar bir koruma bandı altına alınması gerektiği belirtilmektedir.

Su Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğine göre göller mutlak, kısa ve orta mesafeli koruma bandına alınarak burada hiçbir madencilik faaliyetlerinin yapılmaması gerektiği vurgulanmaktadır. Mutlak koruma bandı için 0-300 m, Kısa mesafeli koruma bandı için 300-1000 m, Orta mesafe koruma alanı için 1000-2000 m, Uzun mesafeli koruma alanı için 2000> olarak mesafeler belirtilmektedir. Yapılan değişiklikle içme suyu kaynağına olan koruma bandı mesafesi 2000 metreden 1000 metreye indirilmiştir.

Akarsular için incelenen kaynaklara bakıldığında; Batı İran'ın Kürdistan İlinde bulunan tehlikeli atık depolama sahası için uygun yer tespitinde (Sharifi ve ark., 2009) nehirlere ve akarsulara olan mesafenin 1000 metre olması gerektiği düşünülmektedir.

Mesela, İran'ın Hürmüzgan Eyaleti'nde yapılan tehlikeli atık depolama sahası seçimi sürecinde (Foomani ve ark., 2017) küçük olan akarsulara olan mesafeler 200 metreden 1000 metreye kadar bir koruma bandı altına alınması gerektiği büyük olan akarsular için ise 200

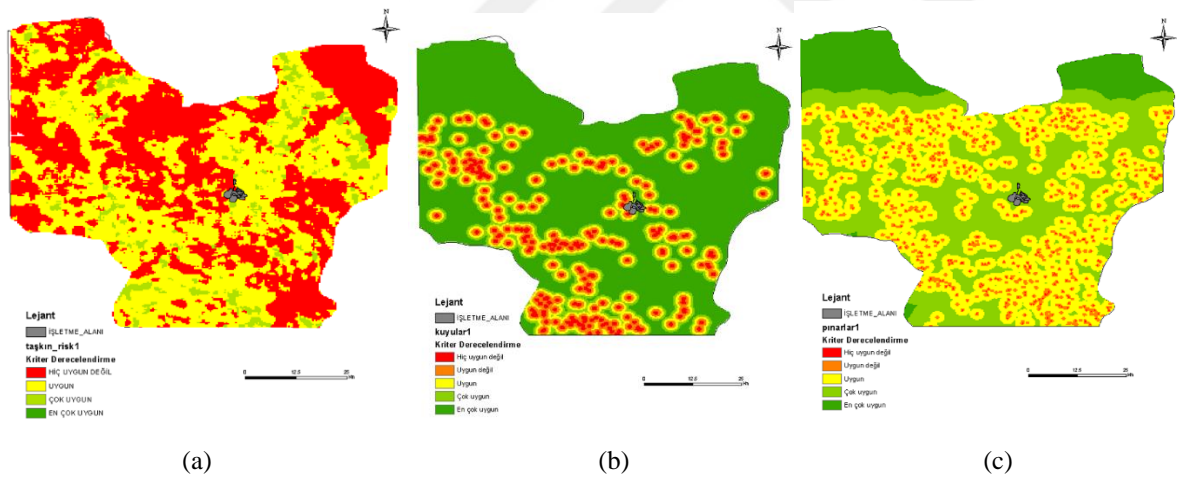


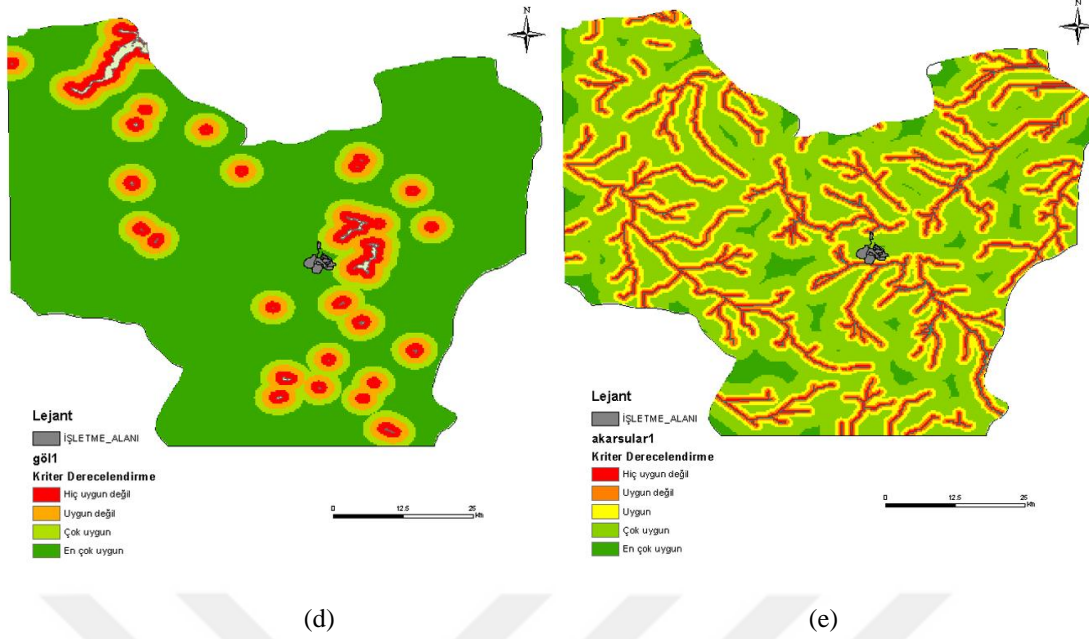
metreden 5000 metreye kadar uzanan bir koruma bandı altına alınması gerektiği düşünülmektedir.

Bir başka çalışma olan Kuzeydoğu İran'da Horasan Razavi Eyaletinde ise tehlikeli atık depolama sahası seçiminde (Moghaddas & Namaghi , 2011) nehirler için 1 km'lik bir koruma bandına alındığı belirtilmektedir. Yaptığımız bu incelemeler ve fikir alışverişleri ile aşağıdaki tabloda görülen değerler elde edilmektedir.

**Tablo 4.5.** Çalışma alanı hidroloji verilerinin kendi içerisinde ağırlıklandırılması

Taşkın Risk Durumu	Kuyular(m)	Pınarlar ve Kaynaklar(m)	Göller ve Barajlar(m)	Akarsular(m)	Ağırlık Değerleri	Açıklama
Çok Yüksek	0-500	0-500	(0-1000)	0-200	1	Hiç Uygun Değil
Yüksek	500-1000	500-1000	(1000-2000)	200-500	2	Uygun Değil
Orta	1000-1500	1000-1500	-	500-1000	3	Uygun
Düşük	1500-2000	1500-2000	(2000-3000),(3000-5000)	1000-3000	4	Çok Uygun
Çok Düşük	2000-20000	2000-20000	(5000-30000)	3000-5000	5	En Çok Uygun





Şekil 4.11. (a) Taşkın risk analizi, (b) Kuyular analizi, (c) Pınarlar ve kaynaklar analizi, (d) Göller ve barajlar analizi, (e) Akarsular analizi

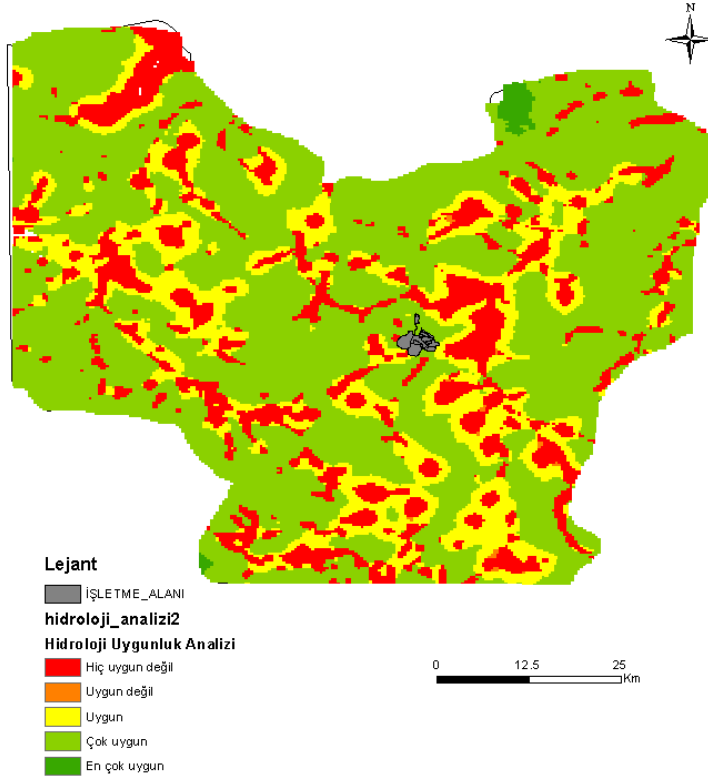
Raster	% Etki	Alan Value	Ölçek Değeri
taşkın_risk1	15	Value	Value
		1	1
		2	2
		3	3
		4	4
		5	5
		NODATA	NODATA
pınarlar1	15	Value	Value
		1	Restricted
		2	2
		3	3
		4	4
		5	5
		NODATA	NODATA
kuyular1	15	Value	Value
		1	Restricted
		2	2
		3	3
		4	4
		5	5
		NODATA	NODATA
göller	30	Value	Value
		1	Restricted
		2	2
		3	3
		4	4
		5	5
		NODATA	NODATA
akarsular1	25	Value	Value
		1	Restricted
		2	2
		3	3
		4	4
		5	5
		NODATA	NODATA

Etki toplamı: 100, Eşit Etki Ayarla

Değerlendirme ölçeği: 1 hedef 5 ile 1

Kaynak: , Hedef: , İle:

Şekil 4.12. Çalışma alanı hidroloji verilerinin kendi aralarında ağırlıklandırılması



**Şekil 4.13.** Hidroloji analizi

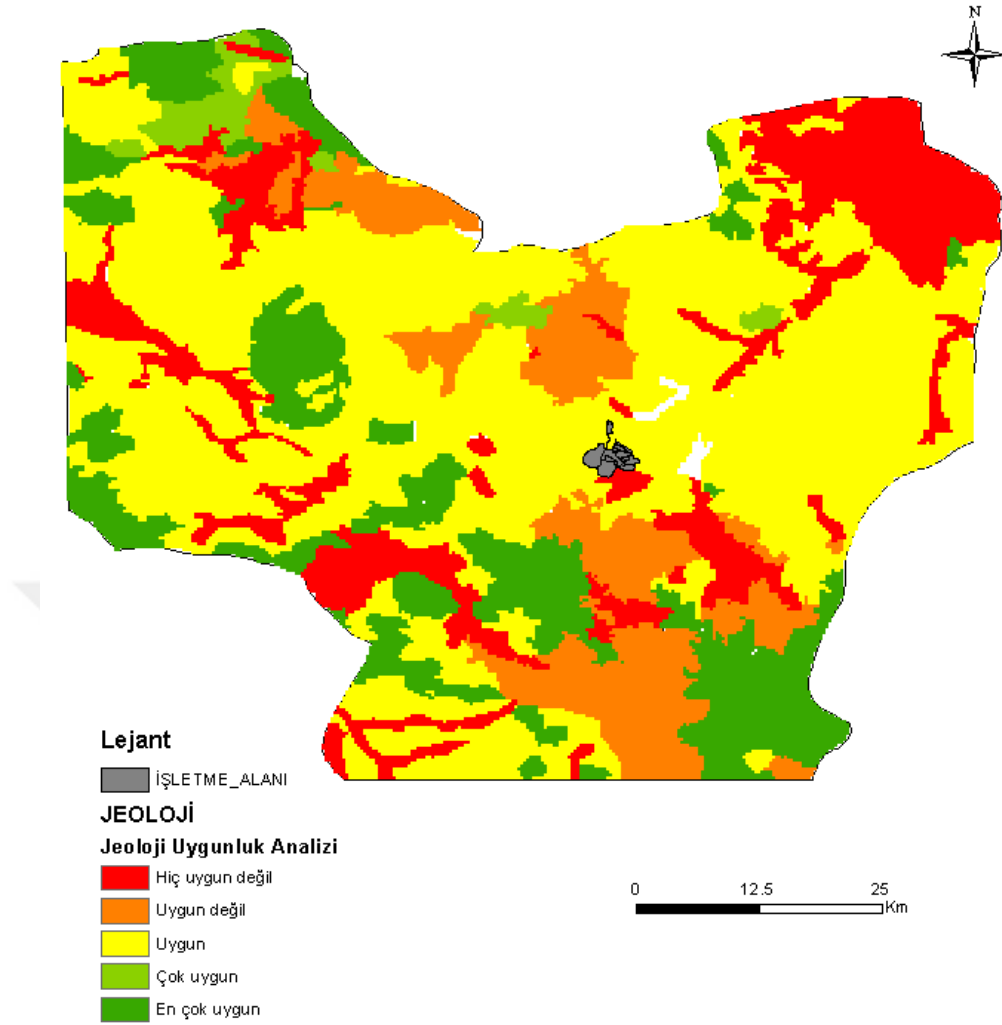
Yukarıdaki analiz haritası incelendiğinde sulak alanların, su kuyularının ve kaynaklarının, akarsuların olduğu kısımlarda çeşitli araştırmalar sonucu oluşturulan tampon bölge içerisindeki yerler bu çalışmada hiç uygun bulunmamaktadır. Bunun haricindeki yerlere ise sırasıyla numaralandırma verilmektedir.

#### 4.1.6. Jeolojik koşullar analizi

Aşağıdaki tabloda MTA Yer Bilimleri sitesinden çalışma alanımızla ilgili elde etmiş olduğumuz genel jeolojik birimler ve bu birimlerin uygunluk analizi yapılmaktadır.

**Tablo 4.6.** Çalışma alanı jeoloji verilerinin kendi içerisinde ağırlıklandırılması

Jeolojik Birimler	Ağırlık Değerleri	Açıklama
Alüvyon	1	Hiç Uygun Değil
Piroklastik	2	Uygun Değil
Kiltaşı, Killi kireçtaşı, Kumtaşı, Çamurtaşı, Ara ara kireçtaşı ardalması, metaflis, Kirintililer ve karbonatlar, Karasal kirintililer, Ayrılmamış volkanitler	3	Uygun
Bazalt	4	Çok Uygun
Sist, Kalksist, Mermer, Çörtlü mermer, Ayrılmamış gnays, metagranit, amfibo, Ayrılmamış bazik ve ultrabazik kayalar	5	En Çok Uygun



**Şekil 4.14.** Jeoloji analizi

Yukarıdaki harita incelendiğinde genel olarak alüvyon alanların, piroklastik alanların zemin duyarlılığı düşük olacağından hiç uygun bulunmamaktadır. Çalışma alanımızda uygun alanlar daha çok bulunmaktadır. Bazalt, şist, kalsist, mermer, çörtlü mermer gibi alanların ise en uygun alanlar olarak görülmektedir.

#### **4.1.7. Deprem tehlikesi(sismik aktivite) analizi**

Çalışma alanımızdaki fay hatlarının vektörel verileri temin edilmiştir. Yine çalışma alanımızda bulunan sismik tehlike analizi adı altında maksimum yatay yer ivmesel hareketlerinin( $p_{ga}$ ) noktasal olarak tespit edilmesi ile çalışma alanının sismik tehlike haritası yapılmaktadır. Bu verilerin nasıl ele alınması gerektiğine dair çeşitli görüşler incelenmektedir.

Mesela, İran'ın Hürmüzgan Eyaleti'nde yapılan tehlikeli atık depolama sahası seçimi sürecinde (Foomani ve ark., 2017) fay hatlarına olan mesafeler için 1000 metreden 2000 metreye kadar bir koruma bandı olması gerektiği belirtilmektedir.

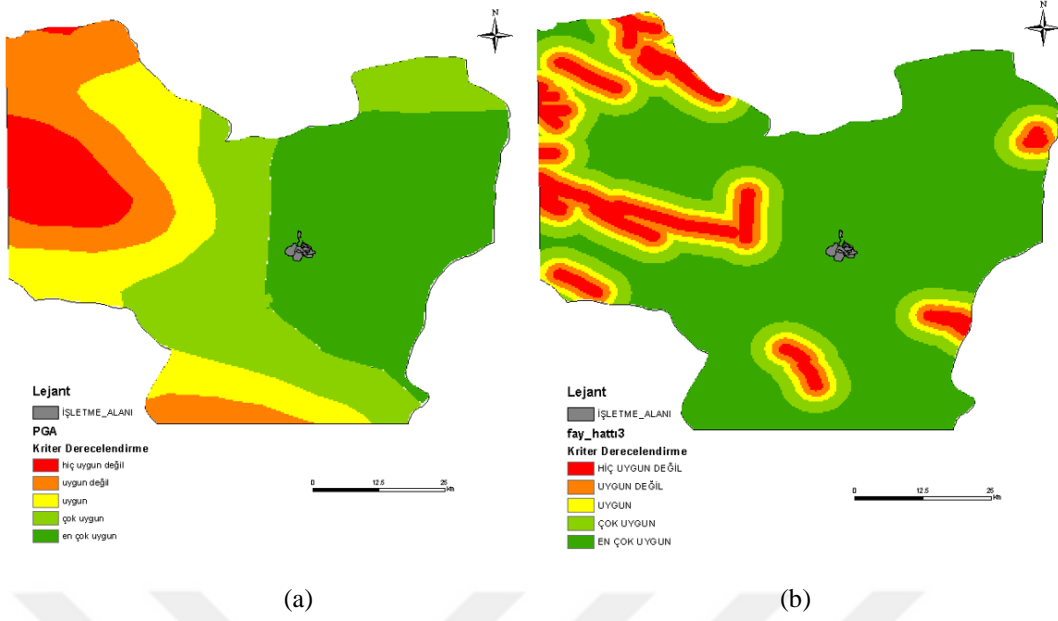
Batı İran'ın Kürdistan İlinde bulunan tehlikeli atık depolama sahası için uygun yer tespitinde (Sharifi ve ark., 2009) fay hatlarına olan mesafenin 100 metreden 5000 metreye kadar uzanan bir koruma bandı altına alınması gerektiği düşünülmektedir.

Bir başka çalışma olan Kuzeydoğu İran'da Horasan Razavi Eyaletinde ise tehlikeli atık depolama sahası seçiminde (Moghaddas & Namaghi , 2011) fay hatları için 300 metrelik bir koruma bandına alınması gerektiği belirtilmektedir.

Maden atık barajları ile ilgili yapılmış olan ÇED raporları incelendiğinde atık barajı gibi yapılması planlanan mühendislik yapılarında maksimum yatay yer ivmesi veya momentumu denilen faktörlerin en önemli faktör olduğu ve bu faktöre göre bir çalışma düşünülmesi gerektiği belirtilmektedir. Buradan yola çıkarak biz de çalışmamızda elde ettiğimiz maksimum yatay yer ivmesi değerlerinden en küçük olanından başlayarak en yüksek olan değere kadar bir ağırlıklandırma yapılmaktadır. Bu yaptığımız ağırlıklandırma ise aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

**Tablo 4.7.** Sismik aktivite verilerinin kendi içerisinde ağırlıklandırılması

Yatay Yer İvmesel Hareketi(pga)	Fay Hatları(m)	Ağırlık Değerleri	Açıklama
(0.332 - 0.382)	0-1000	1	Hiç Uygun Değil
(0.300 - 0.332)	1000-2000	2	Uygun Değil
(0.264 - 0.300)	2000-3000	3	Uygun
(0.225 - 0.264)	3000-5000	4	Çok Uygun
(0.188 - 0.225)	5000-25000	5	En Çok Uygun



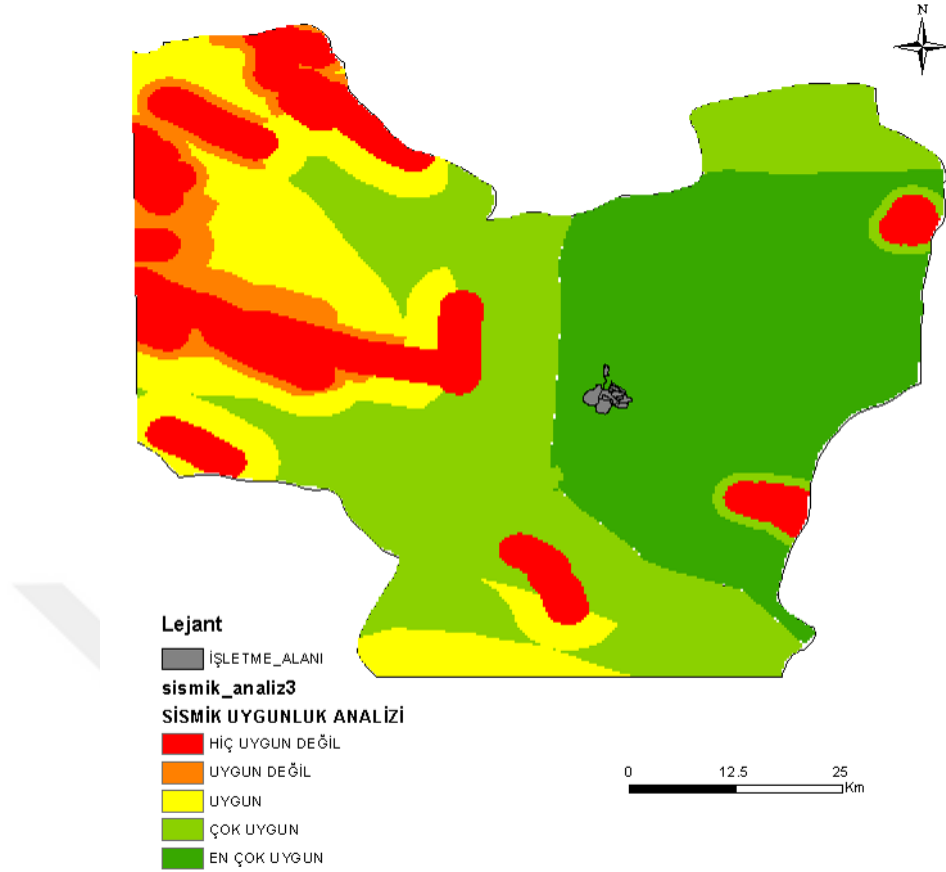
Şekil 4.15. (a) Max. yatay yer ivmesel hareketi analizi, (b) Fay hatları analizi

Raster	% Etki	Alan	Ölçek Değeri
PGA	80	Value	↔
		1	1
		2	2
		3	3
		4	4
		5	5
		NODATA	NODATA
fay_hattı1	40	Value	↔
		1	Restricted
		2	Restricted
		4	4
		5	5
		NODATA	NODATA

Etki toplamı: 100  
Eşit Etki Ayarla

Değerlendirme ölçeği: 1 hedef 5 ile 1  
Kaynak:      Hedef:      İle:     

Şekil 4.16. Sismik aktivite verilerinin kendi aralarında ağırlıklandırılması



Şekil 4.17. Sismik aktivite uygunluk analizi

Yukarıdaki harita incelendiğinde fay hatlarının geçtiği yerlerin hiç uygun olmadığı görülmektedir. Yine max. yatay yer ivmesinin daha fazla olduğu yerlerin çalışma alanımızda riskli olarak bulunmaktadır.

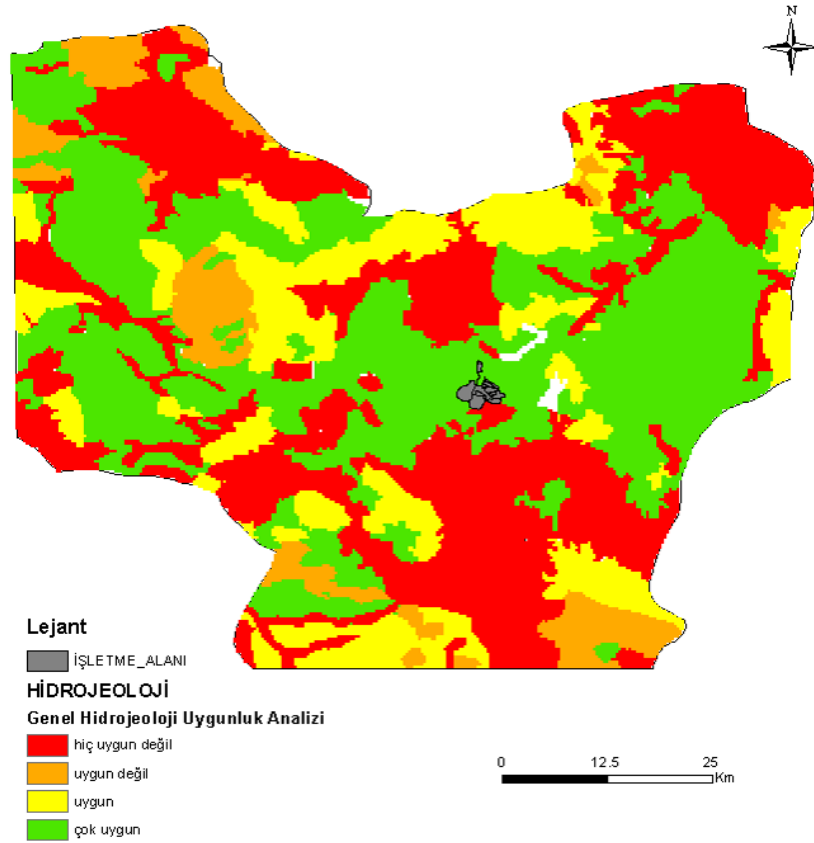
#### 4.1.8. Hidrojeoloji analizi

Çalışma alanımızın genel hidrojeolojik bir haritası düzenlenmiştir. Bu haritamız 4 sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar: Çok yüksek geçirimsilik, yüksek geçirimsilik, orta geçirimsilik, düşük geçirimsilik şeklinde olmaktadır.

Uygun bir maden atık barajı tesisi için hidrojeolojik geçirimsiliği yüksek yerler tercih edilmemelidir. Aksi takdirde tehlikeli sıvı maden atıkları yeraltı sularını kirletebilir ve nehirlerle, göllere karışarak bunların kullanılamamasını ve canlıların zarar görmesine neden olabilmektedir.

**Tablo 4.8.** Çalışma alanı hidrojeoloji verisinin ağırlıklandırılması

Hidrojeolojik Geçirimsizlik	Ağırlık Değerleri	Açıklama
Çok Yüksek Geçirimsizlik	1	Hiç Uygun Değil
Yüksek Geçirimsizlik	2	Uygun Değil
Orta Geçirimsizlik	3	Uygun
Düşük Geçirimsizlik	4	Çok Uygun
-	5	En Çok Uygun



**Şekil 4.18.** Hidrojeoloji analizi

Yukarıdaki haritada hidrojeolojik geçirimsizliği yüksek olan yerlerin hiç uygun bulunmadığı hidrojeolojik geçirimsizliği düşük olan yerlerin ise daha uygun bulunduğu görülmektedir.

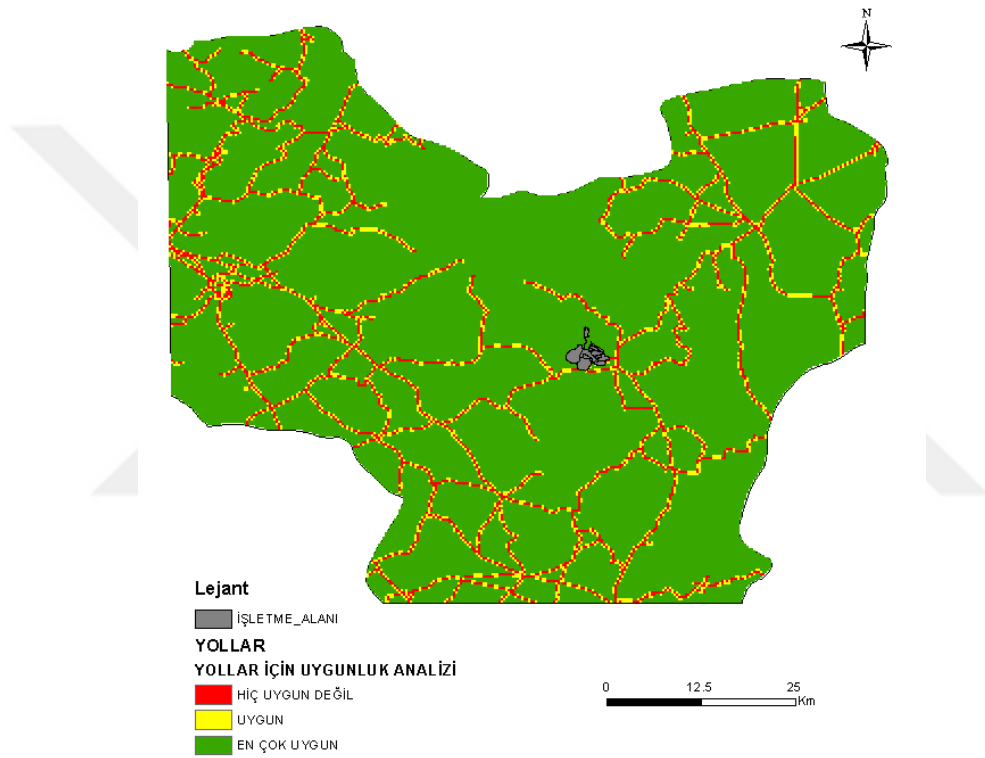


#### 4.1.9. Yollar analizi

Çalışma alanımızdaki yollar aşağıdaki tablodaki gibi ağırlıklandırılarak uygunluk analizi oluşturulmaktadır.

**Tablo 4.9.** Çalışma alanı yol verisinin ağırlıklandırılması

Yollara Mesafe(m)	Ağırlık Değerleri	Açıklama
(0-100)	1	Hiç Uygun Değil
-	2	Uygun Değil
(100-200)	3	Uygun
-	4	Çok Uygun
(200-500),(500-1000),(1000-10000)	5	En Çok Uygun



**Şekil 4.19.** Yollar analizi

#### 4.2. Çalışma Alanımızdaki Kriterlerin İkili Karşılaştırma Yöntemi Ve Ağırlıklı Çakıştırma Analizi Sonucu

AHY yöntemi kullanılarak 10 farklı kriter için ikili karşılaştırma matrisi ve kriterlerin kendi içinde 1/7-7 arasında ölçekle yapılan değerlendirme sonucunda elde edilen değerler aşağıdaki tabloda verilmektedir. Tabloda verilen değerlerden; 1 eşit öneme sahip, 7 çok önemli veya çok üstünlük, 1/7 ise kriterin önemsiz olduğunu göstermektedir.

İkili karşılaştırma yönteminde tutarlılık indeksi (CI) değeri 0.059 olarak hesaplanmıştır. Bununla beraber tutarlılık oranı ise (CR); tutarlılık endeksi (CI) ve ortalama rastgele tutarlılık

endeksi (RI) sayıları oranlanarak 0,040 olarak hesaplanmaktadır. CR değerinin 0,1'den küçük olması, oluşturulan matrisin tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 4.10.** Karşılıklı ikili karşılaştırma matrisi

	İşletme Alanına Yakınlık	Arazi topografyası	Çevresel faktörler	Meteorolojik koşullar	Hidroloji	Hidrojeoloji	Jeoloji	Sismik Aktivite	Yollar	Arazi kullanımı	Ağırlıklandırma(%)
İşletme Alanına Yakınlık	1	5	3	5	1	1	3	1	7	5	19.01506437
Arazi topografyası		1	0.33333333	1	0.33333333	0.33333333	0.33333333	0.33333333	3	0.33333333	4.444895354
Çevresel faktörler			1	3	0.33333333	0.33333333	1	0.33333333	5	1	7.710646375
Meteorolojik koşullar				1	0.33333333	0.33333333	0.33333333	0.33333333	3	0.33333333	4.444895354
Hidroloji					1	1	3	1	7	3	16.19619695
Hidrojeoloji						1	3	1	7	3	16.19619695
Jeoloji							1	0.33333333	5	3	8.729290973
Sismik Aktivite								1	7	3	16.19619695
Yollar									1	0.2	1.810438875
Arazi kullanımı										1	5.256177838

Yukarıdaki tablo incelendiğinde işletme alanına yakınlık en fazla ağırlık değerine sahiptir. Çünkü işletmelerden çıkan atıkların en yakın yerlere depolanması hem ekonomik hem de pratik olmaktadır. Ama bazen işletme alanının yakınlarında uygun yer olmaması durumunda uzak yerlere de yapılabilmektedir ama bu mümkün olduğunca tercih edilmemektedir.

Hidroloji, hidrojeoloji ve deprem tehlikesi de ağırlıklandırmada yüksek oranda olmaktadır. Bu durumun sebebi yapılacak tehlikeli maden atık barajındaki atık suların yeraltı ve yerüstü sularına karışarak çevreye olan tahribatının artırmamak içindir. Bu riskin en aşağı seviyede tutulması istenir.

Deprem tehlikesi ise geçmiş çalışmalar incelendiğinde atık barajı sedde yenilmelerinin en büyük sebeplerinden biri olmaktadır. Maden atıklarının duyarsızlaşmasını sağlayarak büyük yıkım dalgaları oluşturmakta ve ciddi felaketlere sebep olmaktadır.

Çalışma alanında jeoloji de önem arz etmektedir. Çünkü maden atık barajı yapılacak zeminin sağlamlığı, duyarlılığı çok önemlidir. Bu yüzden iyi zemin duyarlılığı olan yerler daha uygundur. Ama yapılan inşaat faaliyetleri sırasında zeminin iyileştirilmesi de mümkün olabilmektedir.

Yukarıdaki tablo incelendiğinde yol ağlarının düşük değer aldığı görülmektedir. Bunun sebebi ise yol ağlarının diğerleri kadar önemli olmamasıdır. Çünkü yol ağlarına yakın yapılmış



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Eti Maden Kırka Bor İşletme Müdürlüğü bünyesinde maden zenginleştirme faaliyetleri sonucunda ortaya yoğun miktarda katı ve sıvı atıklar çıkmaktadır. Çıkan bu atıkların bertaraf edilmeden önce mümkünse yeniden kullanılması, geri dönüşümü, enerji kazanımı gibi işlemlere tabi tutulmaktadır. Eğer bu durum mümkün olamıyorsa bertaraf yöntemine gidilmektedir. Çalışma alanımızda Kırka Bor İşletmesi Müdürlüğü yerüstü bertaraf yöntemi ile atıkları uzaklaştırmaktadır. Bu atıklar miktar olarak çok fazla olduğundan yerüstü bertaraf yöntemi kullanılır. Bertaraf edilen bu atıkların çevreye, doğaya ve insan sağlığına zarar vermemesi için yerüstü depolama tesisleri dediğimiz atık barajları inşa edilmektedir. Yalnız bu atık barajları yapımı öncesinde, sırasında ve yapımından sonra da bir takım planlamalara, düzenlemelere, denetimlere ihtiyaç duymaktadır. Aksi takdirde geçmişte yaşanmış olan ciddi atık barajı kazaları meydana gelmektedir. Atık barajı kazalarının yaşanmaması için doğru yer seçimi, uygun baraj tipi seçimi, atıklar depolanırken barajların yakından takip edilmesi, barajın doğru yönetilmesi gerekmektedir. Öncelikle çalışma alanımızda atık barajı kazalarına risk teşkil etmesi muhtemel tehlikeli alanların saptanması gerekmektedir. Geçmişte yaşanan atık barajı kazalarına bakıldığında en çok dikkat edilmesi gereken bölgenin beklenmeyen yağışlardan kaynaklı taşkın riski, deprem tehlikesi veya sismik aktivite dediğimiz max. yatay yer ivmesi hareketi gibi faktörler olmaktadır. Bu yüzden taşkın risk haritası, yağış haritası, deprem tehlike ve sismik aktivite haritası oluşturulmuştur.

Aynı zamanda çevre yeraltı ve yerüstü su kaynaklarına zarar vermeyecek şekilde planlamalar yapılmaktadır. Madencilik faaliyetleri sırasında ve sonrasında ciddi olarak tahrip gören tarım alanları, orman alanları, koruma alanları gibi yerlerin en az zarar göreceği şekilde bir planlaması yapılmaktadır. Çalışma alanımızda bulunan kültürel mirasımız olan tarihi yerler, anıt ağaçlar, tarihi arkeolojik sit alanları gibi yerlerin korunması için düzenlemeler yapılmaktadır. Biz de bu çalışmamızda maden atıklarının bertarafı için oluşturulacak atık barajlarının yapımı öncesinde uygun bir yer tespiti analizi yapmış olmaktadır.

Diğer taraftan geleneksel yöntemler ile uygun maden atık alanları belirlemek oldukça zaman alıcı ve masraflı olmaktadır. Bu çalışmamızda CBS'ni kullanarak daha hızlı analiz yapmaya ve karar vermeye olanak sağlanmaktadır. Bu yüzden çalışmamızda Eti Maden Kırka Bor İşletmeleri Müdürlüğü çevresinde maden atık barajları için uygun yer seçiminde dikkate alınması gereken kriterler incelenmiştir. Uygun yer seçimi çalışmalarında önemli görülen kriterler çeşitli kaynaklardan araştırılmış olup konumuz hakkında genel bir fikir edinilmiştir.

Ama konumuz olan yer tespiti hakkında genel bilgi edinilmiş olsa da işin detaylı kısımlarının ilgili uzman kişilere danışılarak ve bizzat görüşleri alınarak uygun bir değerlendirme yapılmaktadır. Bu kriterleri CBS yazılımı ve AHY yöntemi beraber kullanarak değerlendirilip uygun yer tespiti çalışması yapılmıştır. Yapılan tüm bu çalışmaların ARCGIS programında haritalandırılması yapılarak görsel anlamda daha belirgin bir şekilde sunulmaktadır.

Sonuç olarak ise tehlikeli maden atık barajları için uygun yer tespiti analizi sonucu 4 sınıfa ayrılmaktadır. Bu analizde kırmızı olan alanlar hiç uygun olmayan alanları gösterirken yeşil alanlar uygunu, koyu yeşil olan alanlar ise çok uygun alanları göstermektedir. Yani toplamda çalışma alanımızda % 74,67 oranında uygun olmayan alanlar, % 21,57 oranında uygun ve % 3,76 oranında çok uygun alanlar karşımıza çıkmaktadır. Burada maden işletme alanımızın olduğu yerin batı, kuzey ve güney alanları kırmızı yani uygun olmayan alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun sebebi işletme alanının kuzey ve batı kısımlarının daha yüksek rakımda ve eğimde oluşu, yağışların fazla olmasından dolayı taşkın risk ihtimalinin fazla oluşu, aynı zamanda sıcaklığın düşük olmasından dolayı don olaylarına yatkınlığın daha fazla olması gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır. İşletme alanının güney kısımlarının ise jeolojik olarak arazilerin hidrojeolojik geçirimsizliğinin yüksek oluşu, yeraltı sularının zemin yüzüne yakın oluşu ve jeolojik olarak zeminin yeterince duyarlı olmaması gibi sebeplerden dolayı çalışma alanımızda bu kısımlar uygun bulunmamaktadır. Çalışma alanımızda uygun bulunan yerler daha çok eğimin orta veya düşük derece olduğu, yüksekliğin çok fazla olmadığı, taşkın riskinin ortalama düzeyde olduğu, yıllık ortalama yağış ve sıcaklık durumunun ideal düzeyde olduğu, sismik aktivitelerin ve deprem riskinin düşük olduğu, ulaşım güvenliğini tehdit etmeyen, çevre yerleşim birimlerine, doğal su kaynaklarına, koruma alanlarına uygun uzaklıkta yerler olarak görülmektedir.

Bu çalışmayı yaparken ilgili kurumların fikir ve tecrübelerinden yararlanılmaktadır. Bu yapılan görüşmeler ve tez araştırmaları sonucu CBS yazılımları da kullanılarak atık barajı çalışmaları için iyi bir planlama yapılmıştır. Fakat bu durum Çed raporları incelendiğinde yeterli olamamaktadır. Bu yüzden Çed raporlarından yola çıkarak çalışma alanımızda bir atık barajı yapılması durumunda zeminin genel stratigrafik kesitleri incelenmeli, yapılacak sondaj çalışmaları ile yeraltı su düzeyinin ne seviyede olduğu ve yeraltı suyunun akış yönünün belirlenmesi, bölgedeki hakim rüzgar yönünün çalışmada göz önünde bulundurulması, çalışma alanında planlama yapılırken olması muhtemel imar planlarının, kamulaştırmaların, toplulaştırma çalışmalarının incelenmesi, çevre halkın görüşlerinin ve varsa şikayetlerinin

dinlenmesi gerekmektedir. Bu şekilde yapılacak çalışma öncesi çevrenin daha dikkatli bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.

Maden atıkları için uygun yer seçiminde yaptığımız bu çalışma ile Eti Maden Kırka Bor İşletmeleri Müdürlüğü çevresinde uygun atık depolama alanı belirlenmesine bir ön çalışma olarak düşünülebilir. İleriki aşamalarda olması muhtemel depolama alanları belirlenmesi çalışmalarında bu sürece altlık olması, bu sürecin hızlandırılmasına, bu çalışmalarda genel bir fikir edinilmesi açısından yardımcı olacağı ve karar verilmesinde kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir.



## KAYNAKLAR

- Arol, A. İ. (2019), Madencilikte Atık Yönetimi, Madencilikte Atık Yönetim Uygulamaları, Türkiye Madenciler Derneği, Ankara.
- Başçetin, A., Özdemir, O., Tüylü, S., Adıgüzel, D., & Akkaya, U. G. (2015). Storage of Mining Processing Tailings at Surface Using Paste Technology, Journal of Underground Resources, page=33-49.
- Carter, R. A. (2001). Choose from software, hardware - or even textware - Aids to enhance facility planning, improve safety, and reduce risk; E&Mj-Engineering and Mining Journal, page=18-25.
- CPS, İstanbul & Brüksel, (2012). Atık Yönetimi Hakkında AB Müktesebat Rehberi. [https://www.mess.org.tr/media/filer\\_public/6b/58/6b583c70-1daa-4bc5-96b5-9c988df39db1/mess\\_atik\\_yonetimi\\_ab\\_mevzuat\\_rehberi.pdf](https://www.mess.org.tr/media/filer_public/6b/58/6b583c70-1daa-4bc5-96b5-9c988df39db1/mess_atik_yonetimi_ab_mevzuat_rehberi.pdf) [Ziyaret Tarihi: 8 Temmuz 2022]
- Down, C. G., & Stocks, J. (1977). Environmental Problems Of Tailings Disposal. Mining Magazine, page=25-33.
- Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Emet Bor İşletme Müdürlüğü (2021), Emet 3 Nolu Atık Barajı ve Malzeme Ocakları Son Şekli Verilen Çed Raporu, Kütahya.
- Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Kırka Bor İşletme Müdürlüğü (2015), 7 nolu Atık Barajı Malzeme Ocakları ve Kırma-Elemente Tesisi Nihai Çed Raporu, Eskişehir.
- European Commission Directorate-General Jrc Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies Sustainability in Industry, Energy and Transport European IPPC Bureau (2004), Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities, European Commission, Sevilla.
- Foomani, M. S., Karimi, S., Jafari, H., & Ghorbaninia, Z. (2017), Using boolean and fuzzy logic combined with analytic hierarchy process for hazardous waste landfill site selection: A case study from Hormozgan province, İran, Advances in Environmental Technology, page=11-25.
- Hamarat, E. (2019), Madencilikte Atık Yönetimi Çevre Mevzuatı ve Planı, Türkiye Madenciler Derneği Semineri, Türkiye Madenciler Derneği, Ankara.
- Hepdeniz, K., & Soyaslan, İ. İ. (2019), CBS ve AHY Yöntemi Kullanılarak Bucak (Burdur/Türkiye) Mermer Atık Sahasının Belirlenmesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, syf=1045-1057.

- Kapilan, S., & Elangovan, K. (2018), Potential landfill site selection for solid waste disposal using GIS and multi-criteria decision analysis (MCDA), *Journal of Central South University*, page=570-585.
- Karaca, E. (2010), T.C. Çevre Ve Şehircilik İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Metalik Maden Zenginleştirme Tesislerinin Proses Atıklarının Atık Barajlarında Depolanması, Ankara, 16 Nisan 2010.
- Karadeniz, M. (1996), Cevher Zenginleştirme Tesis Atıkları, Çevreye Etkileri, Önlemler; Nobel Kitabevi, Ankara.
- Kontos, T. D., Komilis, D. P., & Halvadakis, C. P. (2003), Siting MSW landfills on Lesbos island with a GIS-based methodology, *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, page=262-277.
- Moghaddas, N. H., & Namaghi, H. H. (2011). Hazardous waste landfill site selection in Khorasan Razavi Province, Northeastern Iran, *Arabian Journal of Geosciences*, page=103-113.
- Randazzo, L., Cusumano, A., Oliveri, G., Di Stefano, P., Renda, P., Perricone, M., & Zarcone, G. (2018), Landfill Site Selection for Municipal Solid Waste by Using Ahp Method in Gis Environment: Waste Management Decision-Support in Sicily (Italy), *Detritus*, page=78-88.
- Rezaei-Moghaddam, K., & Karami, E. (2008), A multiple criteria evaluation of sustainable agricultural development models using AHP, *Environment, Development and Sustainability*, page=407-426.
- Rico, M., Benito, G., Salgueiro, A. R., Diez-Herrero, A., & Pereira, H. (2008), Reported tailings dam failures: A review of The European Incidents in The Worldwide Context, *Journal Hazardous Materials*, page=846-852.
- Ritcey, G. M. (1989), *Tailings management : problems and solutions in the mining industry*, Elsevier Science Publishers BV; Amsterdam, Hollanda.
- Sezgin, N. (2020), Maden Atık Çamurlarının Denizaltı Depolama Yöntemi ile Bertarafı, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, syf=209-217.
- Sharifi, M., Hadidi, M., Vessali, E., Mosstafakhani, P., Taheri, K., Shahoie, S., & Khodamoradpour, M. (2009), Integrating multi-criteria decision analysis for a GIS-based hazardous waste landfill sitting in Kurdistan Province; Western Iran, *Waste Management*, page=2740-2758.



T.C. Çevre Ve Şehircilik İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü (2014) Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi ve İşletme Kılavuzu, Ankara.

Trannum , H. C., Gundersen, H., Escudero-Onate, C., Johansen, J. T., & Schaanning, M. T. (2018), Effects of submarine mine tailings on macrobenthic community structure and ecosystem processes, Science of the Total Environment, page=189-202.

URL1 <https://www.openstreetmap.org/> OpenStreetMap, [Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2022]

URL2 <https://land.copernicus.eu/> European Environment Agency Copernicus Global Land Service, [Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2022]

URL3 [URL4 \[URL5 <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/04/20140404-11.htm>  
T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği \\(4 Nisan 2014\\), \\[Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2022\\]\]\(https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/02/20190228-6.htm#:~:text=T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi Su Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği \(28 Şubat 2019\), \[Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2022\]</a></p>
</div>
<div data-bbox=\)](https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/07/20150715-3.htm#:~:text=T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi Maden Atıkları Yönetmeliği (15 Temmuz 2015), [Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2022]</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

URL6 <https://resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/12/20171209-3.htm>  
T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, Tarım Arazilerinin Korunması, Kullanılması ve Planlanmasına Dair Yönetmelik, 2017, [Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2022]

URL7 <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=4342&MevzuatTur=1&MevzuatTerip=5>  
T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, 7579 Sayılı Mera Kanunu (15 Şubat 1998), [Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2022]

URL8 <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>  
T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, [Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2022]

URL9 <https://deprem.afad.gov.tr>. <https://tadas.afad.gov.tr/>  
T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, [Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2022]

URL10 <https://www.afad.gov.tr/afet-haritalari>  
T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, [Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2022]

- URL11 <https://tad.tarim.gov.tr/TadPortal/>  
T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, [Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2022]
- URL12 <https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-I/part-264>  
States Federal Registry Office Federal Regulations Act. (19 May 1980). Federal Regulations Act Title 40, Chapter 1, Subchapter 1, Part 264, [Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2022]
- URL13 [https://www.maden.org.tr/resimler/ekler/90548d0c547ae2a\\_ek.pdf](https://www.maden.org.tr/resimler/ekler/90548d0c547ae2a_ek.pdf)  
T.C. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin Ve Denetim Genel Müdürlüğü, Ersan Değerli, [Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2022]
- Vick, S. (2020), Planning, Design, and Analysis of Tailings Dams, Kanada, Vancouver: University of British Columbia Library.
- Vogt, C. (2012), International Assessment of Marine and Riverine Disposal of Mine Tailings, Virginia: Study commissioned by the Office for the London Convention and Protocol and Ocean Affairs, IMO, in collaboration with the United Nations Environment Programme(UNEP)Global Programme of Action.
- Wind, Y., & Saaty, T. L. (1980), Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process, Management Science, 641-658.
- Yıldız, N. (2017), Atık Barajları ve Baraj Yenilmeleri, Madencilik Türkiye Dergisi, 66-86.
- Yılmaz, A. (2008), Deponi Alanları Yer Seçimi, Bütünsel Atık Yönetimi Ve Ülkemizde Yaşanan Sorunlar, Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası. [https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/b56e34754a7b818\\_ek.pdf](https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/b56e34754a7b818_ek.pdf). [Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2022]
- Yılmaz, E. (2005), Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanarak Katılımcı Doğal Kaynak Planlaması, Participatory Natural Resource Planning Using Analytic, Mersin, Tarsus, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü.
- Yoon, K., & Hwang, C. L. (1995), Multiple Attribute Decision Making: An Introduction, London: Sage Publications.
- Yüçemen, M., Yılmaz, C., & Erdik, M. (2008), Probabilistic assessment of earthquake insurance rates for important structures: Application to Gumusova-Gerede motorway, Structural Safety Journal, 420-432.