



IJEASED

INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA  
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN

*Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*  
ISSN: 2667-8764 , 5(2), 227-247, 2023  
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>




Araştırma Makalesi / *Reserch Article*

Doi: [10.47898/ijeased.1363431](https://doi.org/10.47898/ijeased.1363431)

## Tuzla Bölgesindeki (Çanakkale, Biga Yarımadası) Jeotermal Enerji Santrallerindeki Tehlike ve Risklerin 5x5 L Tipi Matris ve Fine-Kinney Risk Metotları ile Karşılaştırılması

Didem KIRAY <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Çanakkale, 17020, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process	
*Sorumlu Yazar / Corresponding author: <a href="mailto:dkiray17@gmail.com">dkiray17@gmail.com</a>  <a href="https://orcid.org/0000-0002-4187-7285">https://orcid.org/0000-0002-4187-7285</a> , D. Kiray	Geliş Tarihi / Received Date:	20.09.2023
	Revizyon Tarihi / Revision Date :	11.10.2023
	Kabul Tarihi / Accepted Date:	25.10.2023
	Yayın Tarihi / Published Date:	15.12.2023

**Alıntı / Cite :** Kiray, D. (2023). Tuzla Bölgesindeki (Çanakkale, Biga Yarımadası) Jeotermal Enerji Santrallerindeki Tehlike ve Risklerin 5x5 L Tipi Matris ve Fine-Kinney Risk Metotları ile Karşılaştırılması, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi , 5(2), 227-247.

### Özet

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan jeotermal enerji, son zamanlarda güvenli enerji talebinin karşılanmasında önemlidir. Enerji üretimi için jeotermal enerji santrallerinin kurulmasında yerel jeolojik yapının detaylı olarak incelenmesi ve değerlendirilmesi ile beraber santrallerin işletilmesinde çalışanların sağlığı ve güvenliği de etkin bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada Çanakkale ili, Biga Yarımadası'nda yer alan Tuzla bölgesindeki jeotermal enerji santrallerinin bulunduğu ve kurulacağı alanları jeolojik yapı ve üretim kapasiteleri göz önünde bulundurularak 24 adet faaliyet alanından 60 adet tehlike ve riskler ile alınması gereken tedbirler belirlenmiştir. Belirlenen 24 adet risk 5x5 L tipi Matris ve Fine-Kinney Risk Metodolojileri kullanılarak karşılaştırılmıştır. 23 tanesi yüksek risk, 1 tanesi de orta risk 5x5 L tipi Matris metodu ile 13 tane çok yüksek risk, 7 adet yüksek risk, 4 tane de önemli risk grubunda olduğu Fine-Kinney metodu ile ortaya konulmuştur. Jeotermal enerji santrallerinde Fine-Kinney metodunun daha ayrıntılı bir çalışmayı gerektirdiği ve daha güvenli sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biga Yarımadası, Jeotermal Enerji Santrali, Tehlike ve Riskler, 5x5 L Tipi Matris, Fine-Kinney.

## **Comparison of Hazards and Risks in Geothermal Power Plants in Tuzla Region (Çanakkale, Biga Peninsula) with 5x5 L Type Matrix and Fine Kinney Risk Methods**

### **Abstract**

Geothermal energy, one of the renewable energy sources, is important in meeting the demand for safe energy in recent times. In establishing geothermal power plants for energy production, detailed examination and evaluation of the local geological structure, as well as the health and safety of employees in the operation of the plants, play an active role. In this study, 61 hazards and risks and precautions to be taken from 24 activity areas were determined, taking into account the geological structure and production capacities of the areas where geothermal power plants are located and will be established in the Tuzla region of the Biga Peninsula of Çanakkale province. The 24 identified risks were compared using 5x5 L-type Matrix and Fine-Kinney Risk Methodologies. It was revealed that 23 of them were in the high risk group, 1 of them were in the medium risk 5x5 L type Matrix method, and 13 were in the very high risk group, 7 were in the high risk group, and 4 were in the important risk group by the Fine-Kinney method. It has been determined that the Fine-Kinney method in geothermal power plants requires a more detailed study and gives safer results.

**Keywords:** Biga Peninsula, Geothermal Power Plant, Hazards and Risks, 5x5 L Type Matrix, Fine-Kinney.

### **1. Giriş**

İşyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması, mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi, işveren ve çalışanların görev, yetki, sorumluluk, hak ve yükümlülüklerini düzenlemesi amacıyla 30 Haziran 2012 tarihinde 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu 28339 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır. İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme yönetmeliğine göre işveren, iş sağlığı ve güvenliği yönünden risk değerlendirmesi yapmak veya yaptırmakla yükümlüdür ve çok tehlikeli işlerde yapılmaması veya yaptırılmaması işin durmasına sebep olmaktadır (URL-1). Jeotermal enerji santrallerinin kurularak işletilmesinin “çok tehlikeli” sınıfta yer alması sebebiyle risk değerlendirmesinin yapılması önemli rol oynar.

Jeotermal, karasal yer kürenin iç termal olaylarını inceleyen bir bilim dalı olmakla birlikte, özellikle akiferlerde yer kürenin içinde doğal olarak bulunan ısıyı geri kazanmaya yönelik tüm teknikleri kapsayan bir terimdir. Bu ısı, ya dünyanın oluşumu sırasında dünyada biriken yer ısısının yaklaşık %25’ini oluşturan ilk ısıdan ya da iç enerjinin %75’ini temsil eden radyoaktiviteden gelen jeotermal bir enerjiyi oluşturur. Bu tükenmez kaynak, yeryuvarını saran kararsız radyoaktif elementlerin (uranyum, toryum, potasyum vb.) parçalanmasından kaynaklanmaktadır. Jeotermal enerji sistemleri, genellikle yüksek veya düşük sıcaklık sistemleri olarak sınıflandırılan kabuk ısısı ve yüzey belirtileri şeklinde ortaya çıkar. Yüksek sıcaklık sistemleri, 1 km derinlikte ve sıcaklığın 200°C’nin üzerinde olduğu sistemler olarak, düşük sıcaklık sistemleri de yüzeye yakın ve sıcaklığın 150°C’nin altında olduğu sistemler olarak ifade edilir (Huenges ve Ledru, 2011). Hidrotermal sistemler, meteorik kökenli suyun tektonik faylarla derine sızdığı ve magma gibi bir ısı kaynağı ile

kontakta olduğu yerlerde oluşur. Konveksiyon yoluyla bu tür sular yüzeye geri aktarılabilir ve gayzerin, sıcak su kaynaklarının, buhar ve gaz çıkışlarının, yoğun oksitlenmiş alanların ve hidrotermal alterasyonların oluşmasında etkilidir. Alterasyonların belirlenmesi jeotermal alanları ortaya çıkarır ve jeotermal enerji santrallerinin kurulmasında önemli bir rol oynar. (Sabins,1999).

Jeotermal alanların ortaya çıkarılması ile enerji santralleri projelendirilir. Sondaj faaliyetleri yapılarak kurulan santrallerde elektrik üretimine geçiş sağlanır. Bölgenin jeolojisi dikkate alınarak jeotermal akışkan üretim kuyuları ile yeryüzüne çıkarıldıktan sonra buhar ve akışkan olmak üzere seperatörler ile ayrıştırılır. Ayrıştırılan yüksek ısılu buhar, buhar türbinine gönderilir. Eğer ortaya çıkan buhar türbin için yetersiz ise gazlar (bütan, pentan vb.) ile ısıtılır ve buhar türbinine gönderilir. Böylece türbinlerdeki jeneratörler vasıtasıyla elektrik üretimine başlanır. Üretilen elektrik transformatörler ile trafo merkezlerine iletilir ve nakil hatlarına aktarılır. Eşanjörlerden çıkan jeotermal akışkan (düşük sıcaklıktaki) reenjeksiyon pompaları ile reenjeksiyon kuyularına gönderilerek yeniden kaynağa döndürülür. Böylelikle jeotermal enerji santrallerindeki elektrik üretimi bu döngüde gerçekleşir (Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2019).

Jeotermal alanların aranması, enerji santrallerinin projelendirilip kurulması ve işletilmesinde iş sağlığı ve güvenliği yönünden tehlikeli ve riskli durumları da oluşturmaktadır. İşyerindeki tehlikeler (olan/olabilecek) ve iş kazası ve meslek hastalıklarına yol açan riskler ile kontrol tedbirlerinin belirlenmesi ve bu tedbirlerin yapılması risk değerlendirmesi kapsamındadır. Bu çalışmalar, jeotermal sahaların aranması, santrallerin projelendirilmesi, kurulması ve işletilmesindeki çalışmaların planlanması, tehlike ve risklerin azaltılması ve bu risklerden meydana gelecek iş kazalarının ve meslek hastalıkları sonucunda oluşacak maliyetin azaltılması ve üretim verimliliğinin artırılmasında önemli rol oynar.

Jeotermal sahalar ve jeotermal enerji santralleri ile ilgili tehlike ve riskler belirlenmiş (Case ve ark., 1977; Hanh, 1979; Kutluay ve Saygılı, 2005; Ekol Sigorta, 2017; Barasa ve Magut, 2018; Bošnjaković, vd., 2019; Chen ve ark., 2020; Jharap ve ark., 2020; Tonka ve Ekmekçi, 2022) ve risk metodolojileri (Feili ve ark., 2013; Yörükoğlu, 2014; Hochwimmer ve de Kretser, 2015; Kuyucu, 2016; Erdoğan ve ark., 2017; Mohsen ve Fereshteh, 2017; Can ve ark., 2020; Kachila, 2020; Şahin, 2020; Spada ve ark., 2021) kullanılmıştır. Tuzla jeotermal bölgesinde yapılan sadece jeotermal arama sondajlarında iş sağlığı ve güvenliği çalışması (Erdoğan ve ark., 2017) mevcuttur. İş sağlığı ve güvenliği çalışmaları farklı risk metodolojileri ile değerlendirme yapılmakla birlikte bazı araştırmacılar da bu risk metotlarını karşılaştırmaya yönelik çalışmalarda yapmışlardır (Şensoy ve Kaya, 2019; Usanmaz ve Köse, 2020; Korkmaz, 2020).

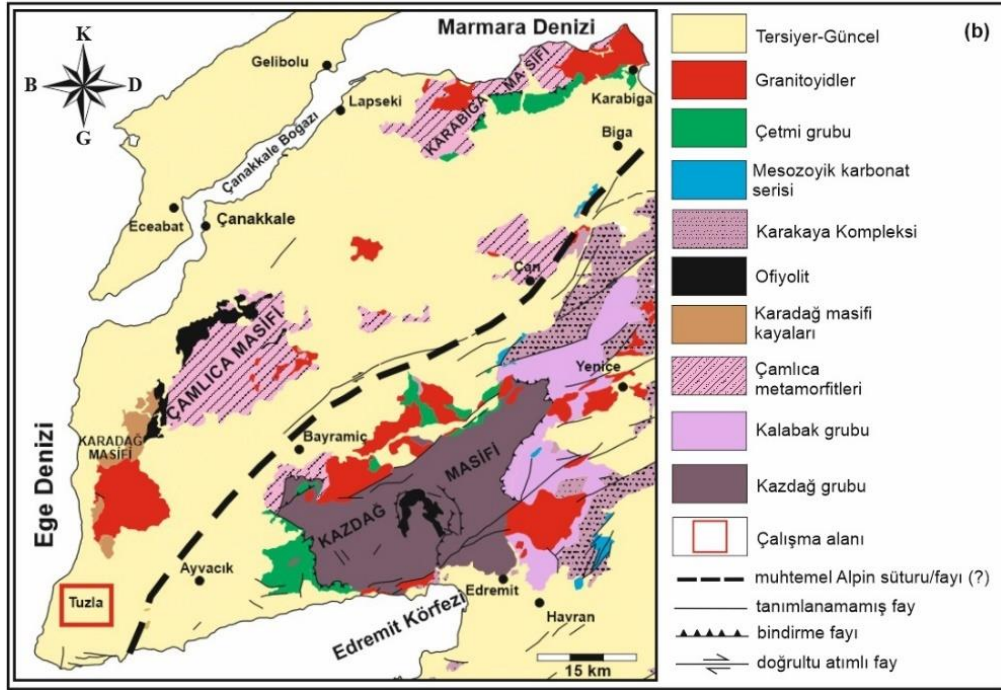
Biga Yarımadası'nda önemli bir yeri olan Tuzla jeotermal sahasında bulunan elektrik santrallerindeki tehlike ve riskleri belirlenmesinde kalitatif risk metodolojilerinden 5x5 L Tipi Matris ve Fine-Kinney Risk Metodu kullanılarak karşılaştırılması ilk kez bu çalışmada yapılmıştır.

## 2. Jeolojik Konum

Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde bulunan Türkiye, magmatik ve volkanik aktivitelerin yoğun olmasından dolayı büyük bir jeotermal potansiyeline sahiptir. Ülkemizde Ege Bölgesinde yoğun olmakla birlikte Kuzeybatı, Orta, Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da volkanizmaya ve aktif faylara bağlı olarak gelişen jeotermal kaynaklar bulunmaktadır (Şamilgil, 1992; Şimşek, 2015). Türkiye'de sıcaklığı 40°C den fazla jeotermal çözelti içeren 227 adet jeotermal alanlar keşfedilmiş ve bu alanların % 94'ünün düşük ve orta sıcaklığa sahip olduğu tespit edilmiştir. Batı Anadolu'da gelişen jeotermal sistemler yüksek sıcaklıkta ve grabenlerde yer alırlar (Yurttaş, 2008). Aktif tektoniğin bulunduğu alanlarda yüksek sıcaklığa (242-150°C) sahip jeotermal alanlar (Çanakkale-Tuzla, Kütahya-Simav, Denizli-Kızıldere vb) mevcuttur (Şekil 1a).

Çalışma alanı, Biga yarımadasının güneybatısında yer alan Çanakkale ili Ayvacık ilçesi Tuzla köyü civarında yer almaktadır (Şekil 1a,b).





Şekil 1. a) Türkiye'deki jeotermal santrallerinin haritası (URL- 2, 3'den değiştirilerek), b) Biga Yarımadası'nın genelleştirilmiş jeolojisini gösteren yer bulduru haritası (MTA, 2012; Tunç ve ark., 2012'den değiştirilerek)

Tuzla köyü ve çevresi yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermal bakımından önemlidir. Tuzla jeotermal sahasında geç volkanizma yaygın olarak görülmektedir. Öngür (1973), Miyosen volkanizmasını üç volkanik merkezde (Ayvacık, Babakale ve Behram-Assos) toplamıştır. Oligosen-Miyosen yaş aralığındaki andezitik, dasitik, riyolitik özellikte lav ve piroklastikleri içeren Hallaçlar Volkaniti, andezit, trakiandezit ve piroklastiklerden oluşan Ezine Volkaniti, volkanizmanın son ürünü olan Çamkalabak İgnimbiriti yer alır (Genç ve ark., 2009). Bu birimlerin üzerine Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı konglomera, kumtaşı, kireçtaşı ve killi kireçtaşı ardalanmalı (Şamilgil, 1983). Bayramic Formasyonu ile Kuvaterner yaşlı alüvyon bu birimleri üzerine uyumsuz şekilde gelir.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, Biga Yarımadası'nda yapılan jeolojik araştırmalara ve B sınıfı iş güvenliği uzmanı olarak saha tecrübelerine dayanarak jeotermal enerji santrallerindeki tehlike ve riskler belirlenmiştir. Oluşabilecek tehlike ve riskler 5x5 L tipi Matris ve Fine-Kinney Metodu yöntemi tercih edilerek karşılaştırılmıştır.

## 2.1. 5x5 L Tipi Matris Metodu

Risk Değerlendirme Karar Matrisi, en sık kullanılan yöntemlerdendir. Amerika Birleşik Devletleri, sistem güvenlik programının (MIL\_STD\_882-D Askeri Standardı) gereksinimlerini karşılamak amacıyla geliştirmişlerdir. Risk metodlarından biri olan 5x5 L Tipi Matris yöntemi sebep-sonuç ilişkisini açıklamak için kullanılır. Bir ekibin yanısıra tek başına da anlaşılması, yapılması ve sonuçlarının değerlendirilmesi kolay bir yöntemdir. Tek başına yeterli olmamasının yanı sıra analiz yapan uzmanın bilgi ve deneyimine göre de değişiklik gösterir. Bu risk metodu ile risk skoru öncelikle bir olayın ortaya çıkma ihtimali ile gerçekleşmesi sonucunda şiddet derecelendirilmesinin çarpımından elde edilir (Risk skoru: İhtimal x Şiddet) (Özkılıç, 2005).

5x5 L Tipi Matris yönteminde ihtimal ve şiddet parametrelerinin çarpılması ile risk skor değeri bulunur. Bu parametreler ve risk skoru değerleri Tablo 1, 2, 3'de, risk skoru sonucunda kabul edilebilirlik değerleri ve yapılması gereken eylemler Tablo 4 'de verilmektedir.

**Tablo 1.** Bir Olayın Gerçekleşme İhtimali (Özkılıç, 2005)

<b>İhtimal</b>	<b>Ortaya Çıkma Olasılığı İçin Derecelendirme</b>
<b>Çok Küçük</b>	Hemen hemen hiç
<b>Küçük</b>	Çok az (Yılda bir kez), sadece anormal durumlarda
<b>Orta</b>	Az (Yılda bir kaç kez)
<b>Yüksek</b>	Sıklıkla (Ayda bir)
<b>Çok Yüksek</b>	Çok sıklıkla (haftada bir, her gün), normal çalışma şartlarında

**Tablo 2.** Bir Olayın Gerçekleştiği Takdirde Şiddeti (Özkılıç, 2005)

<b>Sonuç</b>	<b>Derecelendirme</b>
<b>Çok Hafif</b>	İş saati kaybı yok, ilk yardım gerektiren
<b>Hafif</b>	İş günü kaybı yok, kalıcı etkisi olmayan ayakta tedavi ilkyardım gerektiren
<b>Orta</b>	Hafif yaralanma, yatarak tedavi
<b>Ciddi</b>	Ciddi yaralanma, uzun süreli tedavi, meslek hastalığı
<b>Çok Ciddi</b>	Ölüm, Sürekli iş göremezlik



**Tablo 3.** Risk Skor (Derecelendirme) Matrisi (L Tipi Matris) (Özkılıç, 2005)

İhtimal	Şiddet				
	1	2	3	4	5
1	Kabul Edilebilir 1	Düşük 2	Düşük 3	Düşük 4	Düşük 5
2	Düşük 2	Düşük 4	Düşük 6	Orta 8	Orta 10
3	Düşük 3	Düşük 6	Orta 9	Orta 12	Yüksek 15
4	Düşük 4	Orta 8	Orta 12	Yüksek 16	Yüksek 20
5	Düşük 5	Orta 10	Yüksek 15	Yüksek 20	Tolere Edilemez 25

**Tablo 4.** Sonucun Kabul Edilebilirlik Değerleri (Özkılıç, 2005)

Sonuç	Eylem
<b>Tolere Edilemez Riskler (25)</b>	Belirlenen risk kabul edilebilir seviyeye düşürülmeden iş başlatılmamalı, faaliyetler devam ediyorsa derhal durdurulmalıdır. Alınan önlemlere karşın risk seviyesi düşmüyorsa faaliyet engellenmelidir.
<b>Yüksek Düzeydeki Riskler (15,16,20)</b>	Belirlenen risk azaltılmada iş başlatılmamalı, faaliyetler devam ediyor ise derhal durdurulmalıdır. Risk için sürdürülmesi ile ilgiliyse acil önlem alınmalı ve faaliyetin devam etmesine karar verilmelidir.
<b>Orta Düzeydeki Riskler (8,9,10,12)</b>	Belirlenen risk seviyelerini düşürmek için faaliyetler devam eder. Risklere müdahale zaman alabilir.
<b>Düşük Düzeydeki Riskler (2,3,4,5,6)</b>	Mevcut kontroller sürdürülmeli ve alınan kontrollerin denetimi sağlanmalıdır.
<b>Kabul Edilebilir</b>	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için kontrol

## 2.2. Fine-Kinney Metodu

Fine-Kinney yöntemi, Kinney ve Wiruth, (1976) tarafından geliştirilen, kaza kontrolünün matematiksel olarak değerlendirilmesinde kullanılan, kullanımı kolay ve yaygın bir yöntemdir (Oturakçı ve Dağsuyu, 2017). Bu yöntemde risk skoru olasılık, şiddet ve frekans parametrelerinin birbirleriyle çarpılması sonucunda elde edilir. Bu parametre değerleri Tablo 5,6,7,8'de verilmiştir.

**Tablo 5.** Fine-Kinney Metodu Olasılık Değeri (Kinney ve Wiruth, 1976)

Olasılık Değeri	Ortaya Çıkma Olasılığı
10	Beklenir, kesin
6	Yüksek / oldukça mümkün
3	Olması muhtemel
1	Nadiren mümkün
0,5	Beklenmez fakat mümkün
0,2	Pratik olarak mümkün değil

**Tablo 6.** Fine-KinneyMetodu Şiddet Değeri(Kinney ve Wiruth, 1976)

Şiddet Değeri	Şiddet
100	Birden fazla ölüm- Çevresel felaket
40	Öldürücü kaza - Ciddi çevresel zarar
15	Kalıcı hasar,sakatlık, dahili ilkyardım ihtiyacı- Geniş çevresel etki
7	Önemli hasar, sakatlık, dış ilkyardım – Arazi sınırları dışında çevresel etki
3	Küçük hasar,yaralanma,ilk yardım –Arazi sınırları içinde çevresel etki
1	Ucuz atlatma - Çevreye zararı yok

**Tablo 7.** Fine-KinneyMetodu Frekans Değeri(Kinney ve Wiruth, 1976)

Frekans Değeri	Frekans
10	Çok sık (Bir saatte birkaç defa)
6	Sık (Günde bir veya birkaç defa)
3	Ara sıra (Haftada bir veya birkaç defa)
2	Sık değil (Ayda bir veya birkaç defa)
1	Seyrek (Yılda birkaç defa)
0,5	Çok seyrek (Yılda bir veya daha seyrek)

**Tablo 8.** Fine-KinneyMetodu Değerlendirme Tablosu(Kinney ve Wiruth, 1976)

Risk Değeri	Risk Önem Derecesi	Risk Kontrol Tedbirleri
400<R	Çok Yüksek Risk	Tolerans gösterilemez, derhal gerekli önlemler alınmalı veya iş durdurulmalıdır.
200<R<400	Yüksek Risk	Kısa dönemde, birkaç ay içinde iyileştirilmelidir.
70<R<200	Önemli Risk	Uzun dönemde yıl içinde iyileştirilmelidir.
20<R<70	Dikkate Değer Risk	Gözetim altında tutulmalıdır.
R<20	Kabul Edilebilir Risk	Acil önlem öncelikli değildir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Jeotermal Enerji Santrallerinde Karşılaşılan/Karşılaşılabilecek Tehlikeler

Çanakkale Tuzla bölgesinin jeolojisi ve jeotermal enerji santrallerinin üretim yöntemi dikkate alınarak belirlenen tehlikeler, Belirlenen tehlike ve riskler en çok kullanılan kalitatif risk yönetiminden 5x5 L Tipi Matris ve Fine-Kinney Metodu karşılaştırılarak Tablo 9’da verilmiştir. Bu tabloya göre jeotermal enerji santrallerinde olası ve mevcut tehlike ve risklerin analizi yapılarak faaliyet alanları göz önünde bulundurulmuştur.



**Tablo 9.** 5x5 L Tipi Matris ve Fine-Kinney Metodu Risk Değerlendirmesi

TEHLİKE	5x5 L TİPİ MATRİS			FİNE-KİNNEY			
	Olasılık	Şiddet	Risk Puanı ve Değerlendirmesi	Olasılık	Şiddet	Frekans	Risk Puanı ve Değerlendirmesi
<b>Acil Durumlar</b> Acil durum yönlendirme ve kaçış işaretlerinin olmaması, toplanma alanlarının belirlenmemiş olması, acil durum çıkış yollarında acil durum aydınlatmalarının olmaması acil durumlarda personelin ne yapacağını bilmemesi	3	5	15 Yüksek	6	100	1	600 Çok Yüksek
<b>Yangın Söndürme Cihazları ve Sistemleri</b> Santral ve bina ve eklentilerinde uygun yangın teçhizatlarının olmaması, hidrant hattının olmaması, yangın söndürme cihazlarının eksik olması, uygun yerlerde bulunmaması, seyyar yangın söndürme cihazlarının, yangın söndürme sistemlerinin, yangın hortumlarının periyodik kontrollerinin yapılmaması, yangın söndürme cihazlarının ve yangın dolaplarının önünde malzeme bulunması	3	5	15 Yüksek	6	100	1	600 Çok Yüksek
<b>Yangın Algılama ve Uyarı Sistemleri</b> Yangın alarm sistemlerinin ve gerekli alanlarda gaz algılama dedektörlerinin eksik olması, algılama ve uyarı sistemlerinin periyodik kontrollerinin yapılmaması	3	5	15 Yüksek	6	100	1	600 Çok Yüksek
<b>Yakıt Tankları</b> Yakıt tanklarında dolum, boşaltım ve taşıma çalışmalarında güvenlik tedbirlerinin alınmaması, uygun olmayan yakıt tankları	3	5	15 Yüksek	6	100	2	1200 Çok Yüksek
<b>Basınçlı Kaplar ve Basınçlı Tüpler</b> Mesleki yeterliliğe sahip yetkin personelinin olmaması, periyodik kontrollerin yapılmaması, basınçlı kapların zemine sabitlenmemiş olması, seyyar kompresörlerin çalışanlara yakın olması	3	5	15 Yüksek	6	40	1	240 Yüksek
<b>Kuyu Başları</b> Hidrojen sülfür çıkışı, gaz ölçüm cihazının bulunmaması, yetkisiz kişilerce müdahale, solunum cihazı ve maskeleri eksikliği	3	5	15 Yüksek	10	40	1	400 Yüksek
<b>Elektrik</b> Elektrik panolarında uyarı işaretlerinin eksik olması, kaçak akım rölesi olmaması, iç kısımlarında koruyucu kapakların eksik olması, pano önlerinde yalıtkan paspas olmaması, panoların çevresine malzeme koyulması, paratonerin olmaması, elektrik kablolarının açıkta bulunması ve hasarlı olması	3	5	15 Yüksek	6	40	2	480 Çok Yüksek
<b>Elektrik Kontrol Binası</b> Havalandırmanın yetersiz olması, uyarı levhalarının olmaması, yetkisiz kişilerce müdahale edilmesi, uygun nitelikte kişisel koruyucu donanım kullanılmaması	3	5	15 Yüksek	6	40	2	480 Çok Yüksek
<b>İş Ekipmanları</b> İş ekipmanları ile güvensiz çalışma yapılması	3	5	15 Yüksek	6	40	1	240 Yüksek
<b>İş Makineleri</b> İş makinelerinde yapılan çalışmalarda iş güvenliği önlemleri alınmaması	3	5	15 Yüksek	6	40	1	240 Yüksek

**Tablo 9.** 5x5 L Tipi Matris ve Fine-Kinney Metodu Risk Değerlendirmesi  
(devamı)

TEHLİKE	5x5 L Tipi Matris			Fine-Kinney			
	Olasılık	Şiddet	Risk Puanı ve Değerlendirmesi	Olasılık	Şiddet	Frekans	Risk Puanı ve Değerlendirmesi
<b>Kaldırma Ekipmaları</b> Kaldırma ekipmanlarında iş güvenliği tedbirlerinin alınmaması	3	5	15 Yüksek	6	40	1	240 Yüksek
<b>Kaynak İşleri</b> Kaynak işlerinin (Oksi-gaz ve elektrik ark) uygun şekilde yapılmaması	3	5	15 Yüksek	6	40	1	240 Yüksek
<b>El Aletleri</b> El aletlerinin uygun şekilde kullanılmaması	3	5	15 Yüksek	6	15	2	180 Önemli
<b>Seyyar Çalışma Ekipmanları</b> Seyyar merdivenleri doğru kullanmamak	3	5	15 Yüksek	6	15	2	180 Önemli
<b>Elle Taşıma ve Ergonomi</b> Yüklerin uygun şekilde kaldırılması	3	5	15 Yüksek	6	7	3	126 Önemli
<b>Yüksekte Çalışma</b> Yüksekte yapılan çalışmalarda çalışanların güvenlik tedbirlerini almaması	3	5	15 Yüksek	6	40	2	480 Çok Yüksek
<b>Bakım-Onarım İşlemleri</b> Bakım onarım işlemlerinde uygunsuz çalışma	3	5	15 Yüksek	6	40	2	480 Çok Yüksek
<b>Fiziksel Risk Etmeleri</b> Termal konfor şartlarının uygun olmaması, ortam ölçümlerinin yaptırılmaması, doğal ortam havalandırması yapılmaması, havalandırma sistemlerinin kontrol edilmemesi, çalışma ortamı ve çalışanların kişisel maruziyet ölçümlerinin yapılmaması	3	5	15 Yüksek	6	15	6	540 Çok Yüksek
<b>Kimyasal Risk Etmeleri</b> Kimyasal maddelerin (inhibitör, pentan, klor, madeni yağlar vb.) solunması, göze/vücuda sıçraması, uygun şekilde depolanmaması, malzeme güvenlik bilgi formlarının olmaması, uyarı işaretlerinin olmaması	3	5	15 Yüksek	6	40	3	720 Çok Yüksek
<b>Psikolojik Risk Etmeleri</b> Psikolojik olaylar ve çözüme ulaşılamaması	3	5	15 Yüksek	3	15	2	90 Önemli
<b>Kişisel Koruyucu Donanımlar</b> Uygun olmayan kişisel koruyucu donanım ve yanlış kullanımı	3	5	15 Yüksek	6	15	6	540 Çok Yüksek
<b>Sağlık ve Güvenlik İşaretleri</b> Sağlık ve Güvenlik işaretlerinin yetersiz olması ve doğru alanlarda olmaması	3	5	15 Yüksek	6	40	3	720 Çok Yüksek
<b>Eğitimler</b> Çalışanların iş tanımları, meslekleri, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim almamış olmaları	3	5	15 Yüksek	10	40	3	1200 Çok Yüksek
<b>Bina ve Eklentiler</b> Bina ve eklentilerindeki eksiklikler	3	4	12 Orta	3	40	2	240 Yüksek

Bu tehlike ve riskler; acil durumlar, yangın, parlama ve patlama, elektrik, iş ekipmanları (jeneratör, kompresör, gaz türbini ekipmanları), iş makineleri (forklift vb.), kaldırma ekipmanları (mobil vinç vb.), kaynak işleri, el aletleri (spiral testere, matkap vb.), seyyar ekipman (merdiven vb.), elle taşıma ve ergonomi, yüksekte çalışma, gürültü, termal konfor, aydınlatma vb. fiziksel risk etmenleri, kimyasal risk etmenleri (kimyasallar: inhibitör, madeni yağ, sülfirik asit, klor, pentan, bütan, akaryakıt vb.), psikolojik risk etmenleri, bakım-onarım işleri, kişisel koruyucu donanımlar, sağlık ve güvenlik işaretleri, çalışanların eğitimleri ve işyeri bina ve eklentileridir. Belirlenen tehlike ve risklere karşı düzeltici/önleyici faaliyetlerin yapılması sağlanmalıdır.

### **3.2. Jeotermal Enerji Santrallerindeki Belirlenen Tehlikelere Karşı Alınması Gereken Tedbirler**

24 adet faaliyetten kendi içerisinde belirlenen 60 adet tehlike için risk değerlendirmesi yapılmıştır. Olası ve mevcut tehlike ve risklerin her biri için L tipi (5x5) Matris ve Fine-Kinney Metodu kullanılmıştır. Yapılan analizlerde elde edilen tehlike ve risklere göre alınması gereken önlemler belirlenmiştir.

Acil durum yönlendirme ve kaçış işaretleri her yönden görülebilecek şekilde ve adette uygun yerlere asılmalıdır. Acil durumlarda devreye girecek aydınlatma sistemi olmalıdır. Acil çıkış yolları üzerine geçişi engelleyecek malzeme konulmamalı ve kapılar doğrudan dışarıya ve güvenli bir alana açılmalıdır. Acil toplanma alanlarının yerleri belirlenmelidir. Acil durum prosedürleri personelin görebileceği alanlara asılmalı ve personele tebliğ edilerek, olası acil durumlar için (yangın, deprem, sel, kimyasal sızıntı vb.) yılda bir kez tatbikat yapılması sağlanmalıdır. Acil durum ekiplerinin her zaman güncel tutulması ve ekiplerin gerekli eğitimleri alması sağlanmalıdır (URL-4).

Santral işletmesi ve bina eklentilerine uygun yangın hidrant sistemleri, springler, yangın dolapları, yangın türüne (A, B, C, D) uygun yangın söndürme cihazları vb. yardımcı gereçler ile donatılmalıdır. Yeterli sayıda yangın söndürme cihazları olmalı, 90 santimetre yükseklikte görünür ve kolayca erişilebilir yerlere konulmalı, yerleri Sağlık ve Güvenlik levhaları ile gösterilmelidir. Yangın söndürme cihazları ve yangın dolaplarının önünde kullanımı engelleyecek malzeme konulmamalıdır. Santral içinde algılama ve uyarı sistemleri olmalı, yangın söndürme sistemi otomatik devreye girmelidir (URL-5). Gaz algılama dedektörü gerekli olan alanlara uygun bir şekilde konumlandırılmalıdır. Söndürme, algılama ve uyarı sistemlerinin yetkili kişi veya

kuruluşlarca periyodik kontrollerinin düzenli (yılda 1 kez) aralıklarla yapılması sağlanmalıdır (URL-6). Yakıt tanklarının etrafı ikaz ve güvenlik levhaları görülecek şekilde asılmalı ve yaya geçişlerine kapalı olmalıdır (URL-5). Yakıt tanklarının taşınması esnasında tank boşaltılmalı, kıvılcım veya ateş kaynağının oluşması engellenmeli, bağlantı elemanları sökülmüş, vanaları kapalı ve kilitli olmalıdır (URL-7). Taşıma, boşaltım ve dolum durumlarında statik elektriğe karşı topraklama bağlantıları yapılmalı, topraklama çubuğu veya levhası kullanılmalıdır (URL-8). Yerüstü yakıt tanklarında ve özel istasyon kapsamında depolama yapılacak tanklar TS 12820 standartına uygun olarak seçilerek tesis edilmelidir.

Basınçlı kapların ve basınçlı tüplerin yıllık periyodik kontrolleri Türkiye Makine Mühendisleri Odasına veya akredite olmuş kurum ve kuruluşlara yaptırılmalıdır. Yapılan kontroller kayıt altına alınmalıdır. Periyodik kontrolleri sonucunda belirlenen eksiklikler tamamlanmalıdır. Basınçlı kap ayaklarının zemine sabitlenmesi sağlanmalıdır. Seyyar kompresörler çalışanlara en az 10 metre uzaklıkta bulundurulmalı, sabit kompresörler ise patlamaya dayanıklı bir bölme içinde olmalıdır (URL-6). Basınçlı tüplerin devrilmelerini önlenecek şekilde zincir ile sabitlenmeli, taşıma araçları ile taşınmalıdır. Dolu ve boş tüpler ayrı depolanarak güneşe maruz kalması engellenmelidir. (ÇSGB, 2012).

Kuyu başlarında gaz takip ekipmanları bulundurulmalı, yeterli sayıda ferdi kaçak ve tahlisiye ekipmanının temini ve çalışanlar üzerinde taşınması, hidrojen sülfür ve olası acil bir durumda kaçış hakkında çalışanların eğitimler ve tatbikatlar ile bilinçlendirilmesi sağlanmalıdır (URL-4). Gaz riski beklentiye bırakılmamalı ve gaz ölçümü yapılmalıdır. Gaz ölçümü yapan cihazlar yılda bir kez kalibre edilmelidir. Yetkili kişilerce kuyu başı kontrol vanaları ve pompalar düzenli aralıklarla (günlük, haftalık, aylık) kontrol edilmelidir. Yeterli sayıda gaz takip cihazı, tam yüz maskesi ve kaçış solunum cihazları çalışanların ulaşabileceği alanlarda bulundurulmalıdır (URL-9).

Elektrik panolarına Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği gereği elektrik uyarı işaretleri asılmalıdır. Panoların kapakları kapalı ve kilitli olmalı, yetkili kişi haricinde kimse çalışma yapmamalıdır. Panoların içlerinde koruyucu kapak olmalı ve elektrik akımı geçirmeyen malzeme ile kaplanmış olmalıdır. Elektrik panolarının çevresine malzeme konulmamalıdır. Panolarda kaçak akım röleleri, ana panolarda da ek olarak yangın röleleri olmalıdır. Pano önlerine yalıtkan paspas konulmalıdır. Yetkili kişi çalışma esnasında mutlaka yalıtkan ayakkabı, yalıtkan eldiven vb. kişisel koruyucu donanımlarını kullanmalıdır. Çalışma alanında yeterli sayıda paratoner olmalıdır. Elektrik panoları ve paratonerlerin topraklama ölçümleri ile elektrik tesisatının kontrolleri her yıl elektrik mühendisleri tarafınca yapılmalıdır. Açıkta elektrik kabloları olmamalı, kablolar kanal içerisinde ya

da gömülü olmalıdır. Elektrik kabloları hasarlı, ekli veya bantlı olmamalı, hasarlı olanlar yenileri ile değiştirilmelidir. Elektrik kontrol binasında doğal havalandırmanın yetersiz olduğu durumlarda cebri havalandırma ile desteklenmelidir (URL-10). Elektrik kontrol binasında çalışma yapan kişinin antistatik çizme, yalıtkan eldiven, standartlara uygun baret ve yalıtkan sehpa kullanması sağlanmalıdır (URL-11). Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği'ne uygun işaretlemeler konulmalıdır.

İş ekipmanında acil durdurma sistemi bulunmalı, operasyon bölgeleri uygun koruyucu muhafazalar ile donatılmalıdır. Makinelerin ayrı durdurma tertibatından başka, işlemi tamamen durduracak bir ana şalter bulunmalıdır. İş ekipmanının çıplak metal kısımları topraklanmalıdır (URL-12). Çalışanlara kullandıkları iş ekipmanı ve güvenli kullanımı hakkında bilgi verilmelidir. Üretici tarafından ekipmanın kullanım kılavuzu dikkate alınarak kullanım talimatı hazırlanmalıdır. Jeneratör, kompresör vb. odalarda doğal havalandırmanın yetersiz olduğu durumlarda cebri havalandırma ile desteklenmelidir. Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği'ne uygun işaretlemeler konulmalı (arıza durumu dahil), iş ekipmanlarının bakımı, onarımı ve kontrolü mesleki yeterliliğe sahip yetkili kişiler ve uzmanlar tarafından yapılmalıdır. (URL-6).

İş makinelerinin çalışma alanı belirlenerek alana uyarı ve güvenlik işaret levhaları konulmalı, yetkisiz kişilerin girmesi engellenmelidir. İş makinesi operatörünü yönlendirecek manevracı bulunmalıdır. Operatörün mesleki yeterlilik belgesi olmalıdır. İş makinesinin geri ikaz sinyalleri olmalı ve çalışır durumda olmalıdır. İş makinelerinde kabin olmalıdır. Kullanılan iş makinesinin her yıl akredite olmuş bir kurum/kuruluş tarafından periyodik kontrolleri yaptırılmalıdır. Periyodik bakımları da günlük, haftalık ve aylık olarak yapılmalıdır. (URL-6). Tüm iş makinelerinde yangın söndürme cihazları bulundurulmalıdır.

Kaldırma araçlarının sapan, halat ve diğer kaldırma aparatları kontrol edilmeden çalışmaya başlanmamalıdır. Kaldırma araçlarının üzerine, kaldırabilecekleri maksimum yükün yazılı olduğu tabela ve uyarı levhaları asılmalıdır. Vinci kullanan operatörün mesleki yeterlilik belgesi olmalı ve eğitimini almış olmalıdır. Güvenli çalışma talimatı hazırlanarak ilgili personelle paylaşılmalıdır. Personel, vinçle yükü kaldırırken güvenli mesafeye (yük vinçten kurtulup düşse bile kişiye çarpmayacağı uzaklık) çekilmelidir. Kullanılan kaldırma araçları ve ekipmanları (zincir ve sapanları) her yıl yetkili kişi/kuruluşlarca periyodik olarak kontrol edilmelidir (URL-6).

Oksi-gaz kaynak ile çalışmalarda; gaz tüpü vana çıkışına ve şaloma girişine alev geri tepme emniyet valfleri takılmalıdır. Manometreler çalışır durumda bulunmalıdır. Hasarlı ve ekli hortumlar kullanılmamalı, gaz hortumlarının periyodik kontrolü yapılmalıdır. Kaynak işlemi esnasında sıcak

metal parçalarının sıçraması durumuna karşı koruyucu gözlük veya yüz siperliği kullanılmalıdır. Çıkan gaz ve buharların ortam havasından lokal havalandırma ile dışarı atılmalıdır. Oksijen kaynak işlerinde kullanılan tüplerin devrilmemesi için zincir ile bağlanmalı ve taşıma araçları ile taşınmalıdır. Tüpler, güneşe maruz kalmamalı, içinde bulunan gazların özelliklerine göre depolanmalıdır. Boş ve dolu tüpler ayrı alanlarda depolanmalı, yangına karşı ayrı bölmelerde saklanmalıdır. Depolanma yerlerine uyarı ikaz işaretleri konularak yakın alanlarda yangın söndürme cihazları yerleştirilmelidir. Kaynak işleminin yapıldığı yerin en az 11 metre uzağında yanıcı ve parlayıcı maddeler bulundurulmalıdır. Kaynak işlemi sırasında yangın söndürme cihazları hazır bulundurulmalıdır. Kapalı alanlarda, oksijen-asetilen ya da oksijen-LPG'li çalışmalar da kesinlikle tüpler kapalı alan dışında bulundurulmalı, gaz kaçaklarına karşı önlem alınmalı ve sık sık gaz ölçümü yapılmalıdır. Kapalı alanda yapılan kaynak işlerinde içeride oluşan kirli gazlar dışarı atılmalı ve içeriye temiz hava verilmelidir (Turan, 2017).

Elektrik ark kaynağı ile çalışmalarda ise kaynak makinesinin gövde topraklama bağlantısı olmalı, kablolar ekli ve hasarlı olmamalı, elektrot pensesi ve ucunun bağlandığı kabloların kalınlıkları kullanılacak akım şiddetine uygun olarak seçilmelidir. İzole kaynak pensesi kullanılmalı, hasarlı penseler kullanılmamalıdır. Elektriksel bağlantıların kuru, temiz ve sıkı olması sağlanmalıdır. Çalışma alanı ve ekipmanlar yaş veya nemli olmamalı, kuru tutulmalıdır. Kaynak yapan kişi elektrik çarpmasına karşı alçak gerilime dayanıklı ve kuru eldiven kullanılmalıdır. Makine boşta çalışırken elektron pensesi koltuk altına sıkıştırılmamalı, tahta bir masaya veya askıya asılmalıdır. Elektrik ana ve tali panolarında kaçak akım rölesi bulunmalıdır. Deri eldiven, deri önlük ve uygun iş elbisesi (pamuk) giyilerek uygun kaynakçı maskesi kullanılmalıdır. Çevredekilerin zarar görmemesi için kaynak yapılan alan paravanla çevrilmelidir. Kaynak cinsi ve akım şiddetine göre gözlük ve maske seçim yapılmalıdır (Turan, 2017).

El aletleri kullanma talimatlarına uygun şekilde ve ehil kişiler tarafından kullanılmalıdır. Elektrikli el aletleri çalışır durumda bırakılmamalı, mutlaka enerjisi kesilmelidir. Operasyon bölgelerine koruyucu muhafaza takılmalı ve devre dışı bırakılmamalıdır (URL-12). Kullanan kişiler tarafından elektrikli iş ekipmanları her çalışma öncesinde gözle kontrol edilmeli, arızalı alet ve ekipmanlar kullanılmamalı, ıslak ve nemli alanlarda çalışma yapılmamalıdır. Elektrikli el aletlerinin kabloları sürekli kontrol edilmeli, hasarlı olanlar kullanılmamalıdır (URL-6). Metal gövde ve teçhizatların topraklamaları yapılarak her yıl elektrik mühendisi tarafından topraklama ölçümleri yaptırılmalı, rapor halinde kayıt altına alınmalıdır. Çalışanlar yüzük, saat vb. takılar takmamalı ve bol kıyafetler giymemelidir. Yapılan işe uygun kişisel koruyucu donanım (koruyucu gözlük,

siperlik vb.) verilerek zimmet edilmeli ve kullanmaları sağlanmalıdır. El merdivenleri yeterli sağlamlıkta olmalıdır. Kırılmış, çatlamış, yıpranmış, hasar görmüş ekipmanlar kullanılmamalıdır. Düzenli olarak kontrol edilmelidir. Yapılan işe ve bulunması halinde ulusal standartlara uygun, basamakları kaymaz malzeme ile kaplanmalıdır. El merdivenlerinin kullanılmasında İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliğinde belirtilen hükümlere uyulmalıdır (URL-10).

Elle taşıma işleri, yönetmeliğe ve ergonomi şartlarına uygun bir biçimde gerçekleştirilmeli, çalışanlara taşıma işleri ve ergonomi konusunda eğitim verilmeli, ağır yükler uygun kaldırma araçları ile taşınmalı ve 25 kg dan fazla olan yükler iki kişi tarafından kaldırılmalıdır.

Yüksekte yapılan çalışmalarda toplu koruma önlemleri alınmalı, toplu koruma önlemleri alınmadığı durumlarda kişisel koruma önlemleri alınmalıdır. Yüksekte çalışma yapacak personelin yetkili kuruluşlarca eğitim aldırılması sağlanmalı ve kişisel koruyucu donanımlarını (paraşüt tipi emniyet kemeri, baret vb.) kullanmaları sağlanmalıdır (URL-10).

İzin alınmadan bakım onarım yapılmasının önüne geçilmelidir. Bakım onarım yapacak kişi alanında ehil olmalı ve mesleki yeterlilik belgesi olmalıdır. Bakım onarım işlerinde sistemin enerjisi kesilmeli, kilitleme ve bakım-onarım olduğuna dair uyarı etiketleri asılmalı, ortam şartlarına uygun kişisel koruyucu donanım kullanılmalı, kullanılan seyyar aydınlatmaların düşük voltajlı olması sağlanmalıdır (URL-6). Gerekli güvenlik önlemleri alınarak çalışma yapılmalıdır.

Yapılan işe göre çalışma ortamındaki sıcaklık ve nem derecesi uygun olmalıdır. Sürekli çok sıcak veya çok soğuk ortamda çalışılması zorunlu durumlarda, işçilere, koruyucu özellikte iş kıyafeti verilmelidir. Toz, duman ve kötü koku çıkaran işlerin yapıldığı yerlere, yeterli çekiş gücüne sahip bacalar ve menfezler yapılmalıdır. Boğucu, zehirli veya tahriş edici gaz ve duman olan işyerlerinde havalandırma tesisatı uygun şekilde olmalıdır. Günde en az bir defa 1 saatten az olmamak kaydıyla havalandırılmalıdır. İşyerlerindeki havalandırma tesisatlarının periyodik bakım ve kontrolleri yapılmalıdır (URL-13). Gürültülü ortamlarda kaynak, ortam veya alıcıda önlem alınarak gürültü şiddeti azaltılmalı ve çalışanların kulak koruyucularını kullanmaları sağlanmalıdır (URL-14). Çalışma ortamı ve kişisel maruziyet ölçümleri, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş akredite kuruluş tarafından yapılması ve ölçüm sonuçlarının raporlandırılması gerekir (URL-15).

Kimyasal maddeler ile çalışırken standartlara uygun göz koruyucuları ile toz ve buharlara karşı etkin ve filtreli, organik buharlara karşı etki solunum koruyucu maskeleri, tam yüz maskeleri kullanılmalıdır (URL-16). Kimyasal maddeler ile çalışılan yerlerde göz ve vücut duşları olmalıdır



(URL-15). Kullanılan kimyasal maddelere ait Malzeme Güvenlik Bilgi Formları (MSDS) üretici / tedarikçi firmadan alınarak kimyasal maddeleri kullanıldığı alanlara asılmalıdır. MSDS formlarına uygun şekilde depolanması sağlanmalı, depo alanlarına ve tanklara sağlık ve güvenlik işaretleri asılmalıdır (URL-17). Patlama riskinin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerinin alınması için uzman kişilerce patlamadan korunma dökümanı hazırlanmalıdır (URL-18). Pentan vb. kimyasallar için kaçak algılama sistemi olmalı ve periyodik aralıklarla sistem kontrol edilmelidir (URL-19). Lokasyon sahaları içinde bulunan yağ varillerine vana-musluk takılarak yağın alınması, taşma olmaması için varillerin altlarına yağ tavası konulması ve kontrol edilerek boşaltılması sağlanmalıdır.

Çalışanlar herhangi bir saldırı, tehdit gibi durumlarda ne şekilde davranacakları hakkında bilgilendirilmeli, acil durumlarda ulaşılabilecek numaralar işyerinde görünür bir yerde asılı olmalıdır. Çalışanlara, görev ve sorumlulukları belirlenmeli, bunların haricinde görev verilmemelidir. Çalışanlar ve yöneticiler arasında iyi bir iletişim sağlanmalıdır. Çalışanların sağlık muayeneleri (işe giriş, periyodik) zamanında yaptırılmalıdır. Çalışanların geçirdikleri kazalar ve meslek hastalıkları Sosyal Güvenlik Kurumu'na rapor edilmeli, iş kazaları ve meslek hastalıkları incelenerek yeniden meydana gelmeleri önlenmelidir (URL-1; 4; 20). Çalışanlara yaptıkları işe uygun kişisel koruyucu donanımlar (baret, iş ayakkabısı, iş elbisesi, yalıtkan ayakkabı, paraşüt tipi emniyet kemeri vs.) verilerek zimmet edilmeli ve kullanmaları sağlanmalıdır. Kişisel koruyucu donanımlar kullanılmadan önce kontrol edilmeli arızalı, hasarlı olanlar yenileri ile değiştirilmelidir (URL-15). Tehlikeli bölgeler belirlenerek oluşabilecek riskler doğrultusunda görünür şekilde santral, bina ve eklentiler içerisinde Sağlık ve Güvenlik işaretlerine uygun şekilde levhalar konulmalıdır (URL-21). Tüm çalışanların iş planları yapılarak görev tanımları oluşturulmalı, çalışanlar yaptıkları iş konusunda eğitilmeli, yönlendirilmeli ve talimatlarla desteklenmelidir. İş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin aldırılması ve acil durum ekiplerine eğitim verilmesi sağlanmalıdır. Mesleki yeterlilik gerektiren durumlarda çalışanların eğitim alması sağlanarak belge alması sağlanmalıdır (URL-1; 4; 20; 22). İşletmelerde kadın ve erkekler için ayrı soyunma alanları sağlanmalıdır. Soyunma odaları kolayca ulaşılabilir, yeterli sayıda oturma yeri ve kilitli dolapları olmalıdır. Soyunma yeri gerekmeyen işyerlerinde kıyafetlerini koyabilecekleri uygun bir yer sağlanmalıdır. Tuvalet ve lavabolar erkek ve kadın işçiler için ayrı olmalıdır. Çalışma yerlerine, dinlenme odalarına, soyunma odalarına yakın yerlerde yeterli sayıda tuvalet ve lavabo bulunmalıdır. Yemekhane ve yatakhaneler var ise düzenli olarak temizliği yapılmalıdır (URL-13).

#### **4. Sonuçlar ve Öneriler**

Jeolojik (haritalar, modeller, uzaktan algılama teknikleri vb.), jeokimyasal (XRD analizi, izotop jeokimyası vb.) ve jeofizik (termal, gravite, manyetik, sismik vb.) araştırmalar, jeotermal alanların araştırılmasında ve jeotermal sistemin özelliklerinin belirlenmesinde önemlidir (Kıray ve Cengiz, 2022). Jeotermal alanın konumu ile jeolojik ve jeofiziksel konumu (arazi çalışmaları, sondaj faaliyetleri, mühendislik ölçmeleri vb.) ise, jeotermal enerji santrallerinin projelendirilmesi ve kurulumunda rol oynamaktadır (Can ve ark., 2022). Son zamanlarda önem kazanan jeotermal enerji sektörünün gelişmesiyle kurulan ve işletilen santrallerin sayısında artış gözlenmektedir. Bu artış ile birlikte çalışanların da iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması önem kazanmaktadır. Santrallerde oluşan/oluşabilecek tehlike ve risklerin azalması, bu risklere karşı alınması gereken önlemlerin belirlenerek uygulanması risk değerlendirme kapsamında olup çalışanların iş kazası geçirme ve meslek hastalığı olasılığını en aza indirmesini sağlamaktadır.

Çalışma kapsamında 24 adet faaliyet alanından kendi içerisinde 60 adet tehlike tespit edilmiş ve bu tehlikelere karşı alınması gereken önlemler belirlenmiştir. Belirlenen tehlike ve riskler, çok yaygın olarak kullanılan iki farklı kalitatif risk metodu ele alınıp karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda 5x5 L tipi Matris metodunda 23 tanesi yüksek risk, 1 tanesi de orta risk grubunda, Fine-Kinney metodunda ise risklerin 13 tane çok yüksek risk, 7 adet yüksek risk, 4 tane de önemli risk grubunda olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple jeotermal enerji santrallerinde Fine-Kinney metodunun daha ayrıntılı olması sebebiyle gerçekçi sonuç verdiğini göstermiştir.

Yapılan çalışma sonucunda 5x5 L Tipi Matris ve Fine-Kinney Metodu ile risklerin değerlendirilmesinde analizi yapan kişinin saha bilgi ve tecrübesine dayandığı için sonuçlar göreceli olması benzerlik göstermektedir. Ancak, Fine-Kinney risk yönteminde tehlike ve riskler daha detaylı ve daha hassas şekilde analiz edilmekte ve daha güvenilir sonuçlar verdiği sonucuna varılmaktadır. Bu risk metodolojilerinden Fine-Kinney yönteminin detaylı ve güvenilir olmasının sebebi risk skorunu belirlerken eklenen frekans değerinin etkisidir. Jeotermal enerji santrallerinin çok tehlikeli sınıfta yer alması ve ayrıntılı bir çalışma gerektirdiğinden dolayı Fine-Kinney Metodunun kullanılmasının tercih edilmesi önerilmiştir.

Fine-Kinney yöntemi istatistiksel verilerin kullanılmasıyla daha gerçekçi sonuçlara (Erzurumoğlu ve ark., 2015) ve frekans faktörünün etkisiyle de daha iyi sonuçlara ulaşılmıştır (Okumuş ve Barlas, 2016). Enerji sektörü dışında diğer sektörlerde de Fine-Kinney yönteminin basit, kolay, anlaşılır, uygulanabilir ve doğru sonuçlar verdiğini (Şensoy ve Kaya; 2019), analizlerin

daha geniş kapsamda yapıldığını, öncelikli tehlikelerin daha kısa zamanda bertaraf edileceğini ve daha etkin sonuçlar elde edileceğini (Usanmaz ve Köse; 2020) belirtilmiştir.

### **Yazarların Katkısı**

Çalışma tek yazar tarafından hazırlanmıştır.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Çalışma tek yazar tarafından hazırlanmıştır. Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı makalede ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Çalışmada etik kurul izni gerekmemiştir.

### **Teşekkür**

Çalışmada destekleri bulunan tüm hakemlere teşekkürlerimi sunarım.

### **Kaynaklar**

- Aile Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı (2019). Jeotermal enerji tesislerinde iş sağlığı ve güvenliği programlı teftiş genel değerlendirme raporu. Rehberlik ve Teftiş Başkanlığı, 28, Ankara.
- Barasa, P. J., ve Magut, P. S. (2018). Environmental risk assessment: case study of Eburru geothermal wellhead power plant. *International Journal of Development and Sustainability*, 7(10), 2570-2584.
- Bošnjaković, M., Stojkov, M., ve Jurjević, M. (2019). Environmental impact of geothermal power plants. *Tehnički vjesnik*, 26(5), 1515-1522.
- Can, E., Çıtıroğlu, H. K., ve Arca, D. (2022). Jeotermal enerji santrallerinin (JES) projelendirilmesinde oluşması muhtemel risklerin analiz edilmesi, *Konya Journal of Engineering Sciences*, 10(4), 850-863.
- Case, G. D., Bertolli, T. A., Bodington, J. C., Choy, T. A., ve Nero, A. V. (1977). *Health effects and related standards for fossil-fuel and geothermal power plants*. Volume 6 of health and safety impacts of nuclear, geothermal, and fossil-fuel electric generation in California.
- Chen, S., Zhang, Q., Andrews-Speed, P., ve Mclellan, B. (2020). Quantitative assessment of the environmental risks of geothermal energy: A review. *Journal of environmental management*, 276, 111287.
- ÇSGB, (2012). Metal sektöründeki işyerlerinde gaz tüpleri için kullanım ve güvenlik şartları. Yayın No:54, 1-84, Ankara.
- Ekol Sigorta Ekspertiz Hiz. Ltd. Şti (Haziran 2017). Jeotermal sondaj ve jeotermal enerji santralleri. *Risk Değerlendirme Bülteni*, 3, 1-40.
- Erdoğan, Y., Kök, O. E., ve Tanrıverdi, İ. (2017, Nisan). Çanakkale, Tuzla bölgesi jeotermal sondaj sahasının iş güvenliği açısından değerlendirilmesi ve risk analizi. *Türkiye 25. Uluslararası Madencilik Kongresi Bildiriler Kitabı*, 399-407, Antalya.
- Erzurumluoğlu, K., Köksal, K.N., ve Gerek, İ. H. (2015). İnşaat sektöründe fine-kinney metodu kullanılarak risk analizi yapılması. *5. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*, 137-146, İzmir.

- Feili, H. R., Akar, N., Lotfizadeh, H., Bairampour, M., ve Nasiri, S. (2013). Risk analysis of geothermal power plants using failure modes and effects analysis (FMEA) technique. *Energy Conversion and Management*, 72, 69-76.
- Genç, Ş.C., Dönmez, M., Akçay, A.E., Altunkaynak, Ş., Eyüpoğlu, M. ve Ilgar, Y. (2009). Biga yarımadası Tersiyer volkanizmasının stratigrafik, petrografik ve kimyasal özellikleri Biga yarımadası'nın genel ve ekonomik jeolojisi, MTA Rapor No: 11101, Ankara (yayımlanmamış).
- Hahn, J. L., (1979). *Occupational hazards associated with geothermal energy* (No. UCRL-15049; CONF-790906-7). California Dept. Of Health Services, Berkeley (USA).
- Hochwimmer, A., ve de Kretser, S. (2015). Safety by design processes for the engineering of geothermal facilities. *Safety*, 19, 25.
- Huenges, E., ve Ledru, P. (2011). Geothermal energy systems: exploration, development, and utilization, John Wiley&Sons, Germany.
- Jharap, G., van Leeuwen, L. P., Mout, R., van der Zee, W. E., Roos, F. M., ve Muntendam-Bos, A. G. (2020). Ensuring safe growth of the geothermal energy sector in the Netherlands by proactively addressing risks and hazards. *Netherlands Journal of Geosciences*, 99, e6.
- Kachila, P. J. M. (2020). *Assessment of the effects of geothermal well drilling occupation on the safety and health status of workers in Kenya: A case study of menengai geothermal prospect* (Doctoral dissertation, JKUAT-IEET).
- Kıray, D., ve Cengiz, O. (2022). Jeotermal alanların jeolojik, jeokimyasal ve jeofiziksel yöntemlerle araştırılması. *Mühendislik Bilimleri Alanında Yeni Trendler*, Duvar Yayınları, 191-210, İzmir.
- Kinney, G. F., ve Wiruth, A. D. (1976). Practical risk analysis fo safety management (No. NWC-TP-5865). Naval Weapons Center China Lake CA.
- Korkmaz, G. (2020). *L tipi (5x5 matris) risk analiz yöntemi ve fine kinney yöntemi ile yapı makinalarında risk değerlendirmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çankaya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kutluay, F., ve Saygılı, S. S. (2005, Kasım). Jeotermal santrallerin işletilmesi. *VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongre ve Sergisi*, 291-306, İzmir.
- Kuyucu, M. (2016). *Jeotermal sondajların iş sağlığı ve güvenliği yönünden değerlendirilmesi*, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvelik Bakanlığı, İş Sağlığı ve güvenliği Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Ankara.
- MTA, (2012). *General and economic geology of the Biga Peninsula*. Special Publication Series 28, 326 (in Turkish).
- Mohsen, O., ve Fereshteh, N. (2017). An extended VIKOR method based on entropy measure for the failure modes risk assessment-A case study of the geothermal power plant (GPP). *Safety science*, 92, 160-172.
- Okumuş, D., ve Barlas, B. (2016). Gemi inşaatı sektöründe 5x5 analiz matrisi ve fine-kinney yöntemlerinin Uygulamalı Bir Karşılaştırılması. *GMO*, 204-205, 95-106.
- Oturakçı, M., ve Dağsuyu, C. (2017). Risk değerlendirmesinde bulanık fine- kinney yöntemi ve Uygulaması. *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 1(1), 17-25.
- Öngür, T. (1973). Çanakkale-Tuzla yöresinin volkanolojisi ve jeotermal enerji olanaktan: *MTA Raporu*, 5510 (yayımlanmamış), Ankara.
- Özkılıç, Ö. (2005). İş sağlığı ve güvenliği, yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri. *TİSK Yayınları*, Ankara.
- Sabins, F. (1999). Remote Sensing for Mineral Exploration, *Ore Geol. Rev*, 14, 157-183.
- Spada, M., Sutra, E., ve Burgherr, P. (2021). Comparative accident risk assessment with focus on deep geothermal energy systems in the organization for economic co-operation and development (OECD) countries. *Geothermics*, 95, 102142.
- Şahin, E. (2020). *Jeotermal çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliği farkındalığının hata türü ve etkileri Analizi ile birlikte değerlendirilmesi: İzmir Jeotermal A.Ş örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa.
- Şamilgil, E. (1983). Geothermal energy fields of Çanakkale and Tuzla drillings. In *Bulletin of Geology Congress Turkey*, Vol. 4, 147-159.
- Şamilgil, E. (1992). *Jeotermal enerji*. Yıldız Teknik Üniversitesi Yayını, İstanbul.

- Şensoy, H. Ö., ve Kaya, İ. E. (2019). Tehlikeli atık bertaraf tesislerinde karşılaştırmalı risk analizi ve biyolojik faktörler açısından risk değerlendirmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 1375-1382.
- Şimşek, Ş. (2015). Dünya’da ve Türkiye’de jeotermal gelişmeler. In *III. Geothermal Resources Symposium Proceedings*, 1-17, Ankara.
- Tonka, Ş. K., ve Ekmekci, I. (2022). A model proposal for occupational health and safety performance measurement in geothermal drilling areas. *Sustainability*, 14(23), 15669.
- Tunç, O., Yiğitbaşı, E., Şengün, F., Wazec, J., Hofmann, M. ve Linnemann, U. (2012). U-Pb zircon geochronology of Northern metamorphic massifs in the Biga Peninsula (NW Anatolia-Turkey): New data and a new approach to understand the tectonostratigraphy of the region. *Geodinamica Acta*, 25(3-4), 202-225.
- Turan, A. (2015, Kasım). Kaynak İşlerinde İş Güvenliği. *Kaynak Kongresi IX. Ulusal Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, 411-422), Ankara.
- Usanmaz, D., ve Köse, E. (2020). Kimyasal araştırma laboratuvarı risk değerlendirmesi için iki farklı metodun istatistiksel analizi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 12(2), 337-348.
- Yurttaş, Ö. (2008). *Ilıcabaşı (Aydın) jeotermal alanının hidrojeolojisi*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yörükoğlu, H. (2014). *Yenilenebilir enerji kaynakları risklerinin Fuzzy-FMEA yöntemi ile analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- URL-1: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/06/20120630-1.htm>. İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, (Erişim Tarihi: 15Eylül 2023).
- URL-2: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita>. (Erişim Tarihi: 21.10.2023).
- URL-3: <https://jesder.org/>(Erişim Tarihi: 21.10.2023).
- URL-4:<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/10/20211001-20.htm>. Acil Durumlar Hakkındaki Yönetmelik, (Erişim Tarihi: 12Eylül 2023).
- URL-5: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/12/20071219-2.htm>. Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik, (Erişim Tarihi: 12Eylül 2023).
- URL-6:<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/02/20220218-1.htm>. İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği, (Erişim Tarihi: 12Eylül 2023).
- URL 7: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/07/20120711-11.htm>.TS 12820, (Erişim Tarihi: 16 Ekim 2023).
- URL-8: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2001/08/20010821.htm>. Elektrik Tesislerinde Topraklama Yönetmeliği, (Erişim Tarihi: 16 Ekim 2023).
- URL-9: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/09/20130919-3.htm>. Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, (Erişim Tarihi: 16 Ekim 2023).
- URL-10: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/10/20131005-2.htm>. Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği,(Erişim Tarihi: 12Eylül 2023).
- URL-11:<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=9949&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>. Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği, (Erişim Tarihi: 13 Eylül 2023).
- URL-12: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/03/20090303-4.htm>. Makine Emniyeti Yönetmeliği, (Erişim Tarihi: 16 Ekim 2023).
- URL-13: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130717-2.htm>. İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik, (Erişim Tarihi: 16 Ekim 2023).
- URL-14:<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130728-11.htm>. Çalışanların Gürültüyle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, (Erişim Tarihi: 15Eylül 2023).
- URL-15: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2023/01/20230127-1.htm>. İş Hijyeni Ölçüm, Test ve Analizi Yapan Laboratuvarlar Hakkında Yönetmelik, (Erişim Tarihi: 16 Ekim 2023).
- URL-16: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130702-2.htm>. Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik,(Erişim Tarihi: 13 Eylül 2023).
- URL-17:<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/12/20141213-1.htm>. Zararlı Maddeler ve Karışımlara İlişkin Güvenlik Bilgi Formları Hakkında Yönetmelik, (Erişim Tarihi: 16 Ekim 2023).

- URL-18:<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/04/20130430-6.htm>. Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik, (Erişim Tarihi: 15 Eylül 2023).
- URL-19:<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/08/20130812-1.htm>. Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik, (Erişim Tarihi: 12 Eylül 2023).
- URL-20:<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/05/20180524-1.htm>. Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik, (Erişim Tarihi: 15 Eylül 2023).
- URL-21:<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/09/20130911-6.htm>. Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği, (Erişim Tarihi: 13 Eylül 2023).
- URL-22:<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/10/20061007-1.htm>. Mesleki Yeterlilik Kurumu Kanunu, (Erişim Tarihi: 16 Ekim 2023).