

Yüksek Basıncılı Boru Hat Montajında L-Matris Yöntemi ile Risk Değerlendirmesi

Risk Assessment with L-Matrix Method in High Pressure Pipeline Installation

Abdulkadir ÜRÜNVEREN , İlknur EROL 

ÖZET

Bu çalışmada, yüksek basınçlı doğal gaz boru hattı yapım işlerinde uygulanan, elektrikli ark kaynağı çalışmaları sırasında meydana gelen iş kazaları ve iş günü kayıpları incelenmiştir. Kaynak işlemleri sırasındaki olası tehlike ve riskler, L-Matrisi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Risklerin ortadan kaldırılması ya da kabul edilebilir risk seviyesine indirilmesi amacıyla bazı düzenleyici önleyici faaliyetler yapılmıştır. Ayrıca, kaza olabilirlik oranları incelenmiş, kaza sayılarını düşürmek amacıyla çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Risk analizi, L-Matris, Doğal gaz boru hattı, Kaynak işleri, İş sağlığı ve güvenliği

ABSTRACT

In this study, work accidents and workday losses that occur during electric arc welding works applied in high pressure natural gas pipeline construction works are examined. Possible hazards and risks during welding processes were evaluated with the L-Matrix method. In order to eliminate the risks or reduce them to an acceptable risk level, some preventive actions have been taken. In addition, accident probability rates were examined, and solutions were suggested in order to reduce the number of accidents.

Keywords: Risk analysis, L-Matrix, Natural gas pipeline, Welding works, Occupational health and safety

Abdulkadir ÜRÜNVEREN | aurunveren@cu.edu.tr
Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Adana, Türkiye
Çukurova University, Faculty of Engineering, Adana, Turkey

İlknur EROL | ierol@cu.edu.tr | Sorumlu Yazar/Corresponding Author
Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Adana, Türkiye
Çukurova University, Faculty of Engineering, Adana, Turkey

Received/Geliş Tarihi : 04.12.2021
Accepted/Kabul Tarihi: 27.12.2021

I. GİRİŞ

19. yüzyıldan itibaren başka bir boyut kazanan kaynak işleri sanayi devrimiyle beraber oldukça hızlı bir gelişme göstermiştir. Önceleri sadece kaba montaj işlerinde kullanılan kaynak işi özellikle dünya savaşlarından sonra sanayileşmeye paralel olarak daha da ileri safhalara geçmiştir. Daha kaliteli, sağlıklı ve ucuz kaynak yöntemlerinin geliştirilmesi amacıyla hala çalışmalar devam etmektedir.

Türkiye’de kaynak kullanımı özellikle Cumhuriyet döneminden sonra Dünya’ya paralel olarak hızlı bir gelişme göstermiştir. Teknolojinin gerektirdiği yeni kaynak yöntemlerinin hemen hepsi ülkemizde de kullanılmaktadır.

Uzun mesafelere sıvı ve gaz taşımacılığında en çok tercih edilen yöntemlerden biri de boru taşımacılığıdır. Bu sıvı ve gazların, emniyetli nakli için boruların kaynak vasıtasıyla birbirine eklenmesi bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Projelerin ihtiyaç durumuna göre farklı çap ve et kalınlıklarında borular kullanılmaktadır. Bu sayede şehirlerarası ve hatta ülkelerarası gaz ve sıvı nakli gerçekleştirilmektedir. Ekim 2016’da yayımlanan Bakanlar Kurulu Kararı uyarınca 20 bin ve üzerinde

nüfusa sahip ilçelere doğal gaz verilmesi hususunda çalışmalar yapılmış olup bu kapsamda bir boru hattı incelenmiştir [1].

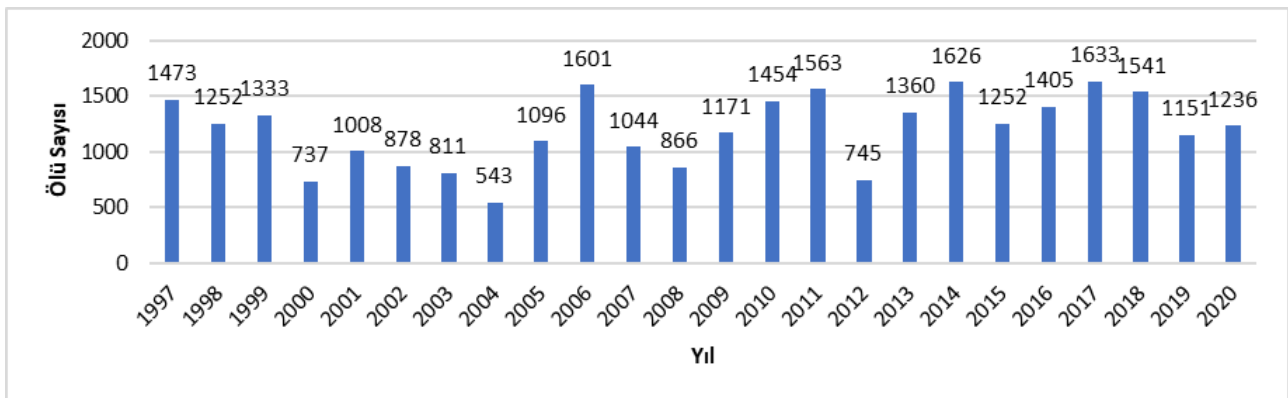
Kaynak işlerini gerçekleştiren personel ve yardımcı elemanların işlemler esnasında açığa çıkabilecek kaynak cürufu, zehirli gaz ve ışınlardan olumsuz etkilenmesi olası bir durumdur. Tüm Dünya’da olduğu gibi ülkemizde de kaynak yöntemlerinin geliştirilmesi ve olumsuzluklarının bertaraf edilmesi amacıyla çalışmalar yapılmaktadır. Kaynak çalışmaları sonrasında bu gaz ve tozlara maruz kalan çalışanlarda göz hastalıklarından solunum yolu hastalıklarına kadar birçok meslek hastalığıyla karşılaşılabilir [2]. ILO istatistiklerine göre her gün ortalama 1 milyon civarında iş kazası olmaktadır. Meslek hastalığı veya iş kazası sonucu günlük ortalama 6450 kişi yaşamını yitirmektedir. Bu ölümlerin %86’ya yakın bir kısmı meslek hastalığından kaynaklı ölümlerdir. Dünyadaki ölümlerin %5 ile %7 arasındaki kısmını iş kazası ve meslek hastalıkları oluşturmaktadır [3]. SGK’nın yayımladığı verilere göre 1997-2020 yılları arasında meslek hastalığı ve iş kazası sonucu hayatını kaybedenler Şekil 1’de gösterilmiştir [4].

A. Doğal Gaz Boru Hatları

Boru hattı terimi genellikle sıvı veya gaz nakli için kullanılan bir terimdir. Sıvı olarak akla petrol gelirken gazlar için de doğal gaz akla gelmektedir.

Şehir ve ilçelere doğal gaz nakli genellikle en yakın noktadan uygun bağlantı yöntemi seçilerek uygulanmaya çalışılır. Doğal gaz sevk edilecek yerleşim yerlerinin kullanım

Şekil 1: İş kazası ve meslek hastalığı sonucu ölümler (1997-2020) [4].



miktarı ve nüfus sayıları göz önüne alınarak boru çapları ve et kalınlıkları seçilmektedir. İnşa edilecek vana istasyonları ve diğer aksamlar bu kapsamda değerlendirilmelidir. Kurulacak hat vanası istasyonlarının uluslararası standartlar göz önüne alınarak 25 km'den daha az mesafelerde oluşturulması hedeflenmektedir. Bu sayede de arıza oluşması durumunda gazın kesilmesi pratik olmaktadır. Hat başına ve hat sonuna temizlik istasyonları kurularak boru içinde oluşabilecek kirlilikler de temizlenebilmektedir.

Dünyada döşenen ilk boru hattı ABD Pennsylvania'da 1865 yılında iken ülkemizde ilk defa 1967 yılında Batman-Dört Yol arasında boru hattı döşenmiştir. Ülkemizde Irak petrolerinin ve Azerbaycan doğal gazlarının nakilleri için boru hatları döşenerek kullanıma alınmıştır.

1. Doğal Gaz Boru Hat İnşası

Genel anlamda boru hatları inşa edilirken temel 10 iş sırası ile uygulanmaktadır. Bu işlemler, güzergâhın belirlenerek açılması, boruların dizilmesi, boruların kaynak işlemi, tahribatsız muayene işlemi (NDT), ek yerinin sargı işlemi, kanalın açılması, borunun kanala indirilmesi, kanalın doldurulması, bağlantı kaynağı (tie-in) ve hidrostatik testlerdir.

Boru hattının büyüklüğü göz önüne alınarak birden çok çalışma ekibi aynı bölgede aynı anda çalışabilmektedir. Güzergâh boyunca çalışacak iş makinelerinin servis yolu olarak kullanacağı bir yola da ayrıca ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yolun nasıl olacağını iklim ve çevre koşulları belirlemektedir. Boru hatları kanalın içine belli sayıda borunun indirilmesi şeklinde olduğu için bu büyük parçaların da birbirine kaynatılmasından sonra hidrostatik testler yapılmaktadır.

2. Doğal Gaz Boru Hattı İnşaatlarında İSG Riskleri

İSG riskleri açısından bakıldığında yukarıda sayılan

işlemlerin her birinin ayrı ayrı riskler barındırdığı göze çarpmaktadır.

Güzergâhın açılması sırasında büyük iş makinelerinin söz konusu alanlara ilk defa girmesinden ötürü birçok risk bulunmaktadır. Arazi şekillerine bağlı iş makinelerinde kayma, devrilme veya düşme riskleri bulunmaktadır. Bunun dışında makine operatörlerinin açık alanda çalışmasına bağlı akrep, yılan ve diğer haşere riskleri mevcuttur.

Boru nakliyesi ve indirilmesi sırasında çalışanların boru altında kalması risklerinin yanında arazi şartlarına bağlı boru kaymaları veya yuvarlanmaları da hem çalışanlar hem de iş makineleri açısından ayrıca risk oluşturmaktadır.

Kaynak işlemleri sırasında açığa çıkan zararlı gaz ve ışınlar çalışanlar üzerinde sağlık sorunları oluşturabilmektedir. Uygun kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanılması sonucu göz bozuklukları, cilt hastalıkları ve solunum kaynaklı rahatsızlıklar oluşabilmektedir.

NDT muayenesi yapılırken kullanılan cihazlarda radyoaktif madde kullanıldığından bu cihazların uygun şartlarda kullanımı oldukça önemlidir. Olası bir radyoaktif madde kaçağında yayılan gama ışınları büyük riskler oluşturacaktır. Bu amaçla bu cihazları kullanacak operatörlerin eğitilmiş ve sertifikalı olması oldukça önemlidir.

Ek yerlerinin sargı işlemleri genellikle kumlama yöntemi ile boru yüzeyinin temizlenmesi ve ısıtılan contanın yerleştirilmesi şeklinde olmaktadır. Kumlama işlemi sırasında yüksek basınçlı hava kullanıldığından sıçrayan kum tanelerinin çarpmalarından çalışanların korunması gereklidir. Bu amaçla kullanılacak KKD seçimi çok önemlidir. Pnömonyozdan ve toz tanelerinin çarpmasından koruyacak KKD seçilmelidir. Bunun dışında conta ısıtılması ve boruların kaplanması esnasında kullanılan kimyasallar da ayrıca risk oluşturmaktadır.

Kanalların açılması, kaynatılan boruların kanallara yerleştirilmesi ve bu kanalların tekrar kapatılması da kendi içinde riskler barındırmaktadır. Yüzlerce metrelik boruların kanallara yerleştirilmesi esnasında arazi şartlarından kaynaklı veya operatör hatalarından dolayı dengesizlikler olabilmektedir.

Kanal içine indirilen boruların bağlantı kaynağı kanal içinde payandalar üzerinde yapıldığı için büyük riskler barındırmaktadır. Kanal içine toprak kaymaları riskine karşılık bu tür yerlerin uzun süre açık kalamayacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir.

Hidrostatik testlerde yüksek basınçlar söz konusu olabilmektedir. Olası bir patlama durumunda çevrede bulunan çalışanların büyük zarar görme riski vardır.

Boru hatları yapısından dolayı açık alanlarda yapıldığı için çalışanların açık hava risklerine karşı da tedbir alması gereklidir. Genellikle mevsim şartlarına bağlı olarak güneş veya ısı çarpılmaları, sıvı kaybı, yorgunluk, halsizlik kas ve adale rahatsızlıkları sıklıkla yaşanmaktadır [5]. Soğuk havalarda yapılan çalışmalarda da yağış durumuna bağlı olarak mahsur kalınması neticesinde soğuğa bağlı rahatsızlıklar görülebilmektedir. Rakım olarak yüksek yerlerde çalışmalarda oksijen eksikliğine bağlı rahatsızlıklar gözlemlenebilir.

Boru hat yapım işleri genellikle insan yoğunluğunun az olduğu yerlerde yapıldığından çalışanlar üzerinde sosyal ve psikolojik baskı oluşturabilmekte ve davranış bozuklukları görülmektedir.

Ayrıca yeterli beslenme ve kişisel temizlik şartlarının uygun olmamasından kaynaklanan sağlık riskleri de oldukça sık rastlanmaktadır.

3. Alınabilecek Önlemler

Birçok iş kolunda olduğu gibi boru hatlarının inşasında da önemli olan risklerin tecrübeli kişiler tarafından belirle-

nip alınması gereken önlemlere uygun çalışacak tecrübeye sahip çalışanlarla işlerin yapılmasıdır. Yapılan birçok araştırma ortaya koymuştur ki iş kazalarının %98 gibi büyük bir oranı önlenbilir kazalardır. Bunlardan %20'sini emniyetsiz durumlar oluştururken %78'ini de emniyetsiz davranışlar oluşturmaktadır. Yani bundan ortaya çıkan sonuç; iş kazalarının %98'i insan nedenlidir [6].

Boru hattı inşaat işleri 6331 sayılı iş kanununun "İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği" ne göre çok tehlikeli işler kapsamında işler olduğundan bu alanda çalışacak personelin sağlık muayenelerinin yapılarak gerekli eğitimlerden geçirilmesi oldukça önemlidir. Gerek işe başlamadan ve gerek işin yapımı sırasında verilecek eğitimlerle kazaların önüne geçilmiş olacaktır. İklim ve çevre koşulları da dikkate alınarak yapılan çalışmalarda makine ve teçhizatın da bakımlarının zamanında ve uzman kişilerce yapılması kaza risklerini azaltacaktır.

NDT işlemleri sırasında radyoaktif madde kullanıldığından gerekli korunma tedbirlerine ek olarak uygun levha ve işaretlemelerin sahada uygulanması ve işi olmayan personelin sahadan uzaklaştırılması gerekmektedir. Çalışanların da dozimetre yardımıyla sürekli ölçüm yapması gereklidir. Ek yerlerinin sargılanması sırasında yangın riski olduğundan özellikle orman bölgelerinde bu konuda ek tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu tip alanlarda sigara içilmesinin engellenmesi de olumlu olacaktır. Tüm işlerde olduğu gibi bu tip alanlarda da "çalışma izni" sistemi oluşturularak yetkili kişilerin yazılı izni alınarak çalışma yapılmalıdır. Tüm çalışmalarda KKD kullanımına dikkat edilmeli kullanılmayan personel uyarılmalı ve gerekirse cezalandırılmalıdır.

Yiyecek ve içme suyu temini konusunda sağlık kurallarına azami dikkat ve özen gösterilmelidir. Haşere ve tahtakurusu gibi zararlılardan korunmak için belirli periyotlarda

ilaçlamalar yapılmalıdır. Bu tip yerlerde çalışmalarda her on kişiden birinin ilk yardımcı olma şartını uygulamak gerekir.

4. İSG Kanunu ve İlgili Yönetmelik

Yapım İşleri Genel Şartnamesi (YİGS)'ne göre çalışma alanında tüm İSG tedbirlerinin alınması, gerekli donanım ve ekiplerin temini işverenin yükümlülüğündedir.

6331 sayılı İSG kanunu uyarınca, iş güvenliği uzmanı ve işyeri hekimi çalıştırılması zorunludur. 50 ve üzeri çalışanı bulunan işyerlerinde "kurul" oluşturulmalıdır. Boru hat inşaatları çok tehlikeli iş sınıfında olduğundan 16 yaş altı işçi çalıştırılması yasaktır. Bu tip yerlerde çalışacak personelin işe elverişli sağlık raporlarının yanında belli periyotlarda sağlık muayenelerinin yaptırılması da zorunludur.

Radyoaktif maddeler ile ilgili çalışmaları Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) denetlemektedir. NDT çalışmaları sırasında kullanılan teçhizatın TAEK denetiminden geçmesine dikkat edilmelidir.

Yapılan çalışmalar, çalışanların 6331 sayılı İSG kanunu konusunda yeterli bilgiye sahip olmadıkları ve gerekli eğitimler konusunda büyük eksikliklerin olduğunu göstermiştir. Eğitim alan personelin bile alınması gerekli tedbirler konusunda çok hassas olmadıkları gözlenmiştir [5].

B. Kaynak İşlemleri

Kaynak temel olarak malzemelerin birbiri ile birleştirilmesi işlemidir. Metal boruların birleştirilmesi işlemi genellikle elektrot ark marifetiyle ısıtılan boruların birleştirilmesi şeklinde uygulanabildiği gibi basınç yöntemiyle de birleştirme işlemi uygulanmaktadır. Kaynak vasıtasıyla birbirinden ayrı iki boru birbiriyle kalıcı olarak ve dayanıklı bir bağlantı oluşturmaktadır. Bu nedenle kaynak işleri imalat işlerinde önemli yer tutmaktadır. Dayanıklılığın dışında ergonomik olması ve ekonomiklik ve arazide uygulanabilir olması

da oldukça önemlidir.

Kaynak işlerinin de kendi içinde barındırdığı bazı zorluklar vardır. Otomatik kaynak makinaları da kullanılabilmesine rağmen genellikle kaynak işleri elle yapılmaktadır. Arazi şartlarında jeneratör kullanıldığından enerji ve elektrot sarfiyatı oldukça yüksektir. Arazi ve iklim şartlarına bağlı olarak montajlama ve kaynak işleri zorlaşabilmektedir. Bunun dışında açığa çıkan zararlı gazlar ve cürufur İSG yönünden olumsuzluklar yaratmaktadır. Dünyada ve ülkemizde çok çeşitli kaynak işleri yapılmaktadır. Bunlardan bazıları; elektrik ark kaynağı, lazer kaynağı ve oksijen kaynağı olmak üzere üç ana başlıkta incelenebilmektedir.

1. Elektrik Ark Kaynağı

Karbon esaslı elektrot kullanılarak kaynatılacak metaller arasında elektrik arkı vasıtasıyla yapılan kaynaktır. Kaynak makinesiyle üretilen yüksek akımın elektrotlar üzerinden geçirilmesi sırasında ark sıcaklığı yaklaşık 4000 °C'ye kadar çıkmaktadır. Bu yolla hem ana metal hem dolgu metal eriyerek boşluğu doldurmaya ve sağlamlık sağlanmaktadır. Elektrik ark kaynakları beş çeşittir. Bunlar; örtülü elektrot ark kaynağı, toz altı ark kaynağı, gaz altı ark kaynağı, nokta veya punta kaynağı ve elektron ışık kaynağıdır.

a) Örtülü Elektrot Ark Kaynağı

Kaynak işlerinde kullanılacak elektrotlar çekirdek kısmının etrafı örtü ile kaplanmış şekilde imal edilmektedir. Oluşan yüksek sıcaklıkta çekirdek kısım eriyerek elektrik arkını doldurmaktadır. Örtü malzemesi yanarak conta üzerinde bir tabaka oluşturarak oksijeni hapsedmekte ve korozyonu engellemektedir.

b) Gaz Altı Ark Kaynağı

Bu tip kaynaklarda genellikle argon gazı kullanılmaktadır. Örtü malzemesi kullanılmadan üretilen elektrotlar nedeniyle oksijenin hapsolmesi amacıyla gaz kullanılmakta-

dır. Eriyen elektrot ve tungsten inert elektrot kullanılmak suretiyle uygulanan iki çeşidi vardır.

c) Toz Altı Ark Kaynağı

Örtü malzemesi olarak kaynak bölgesine sürekli akıtılan yanmaz malzemeden dolayı bu isimle adlandırılmaktadır. Dış ortama ışık ve ısı yayılımı olmamaktadır. Hava ile ilişkisi kesildiği için de korozyon önlenmiş olmaktadır.

d) Nokta veya Punta Kaynağı

Kaynatılacak parçaların uçlarının üst üste getirilerek yüksek ısı ve basınç yardımıyla kaynatılması işlemidir. Yüksek akımın yarattığı direnç bu konuda en önemli etkidir.

e) Elektron Işın Kaynağı

Elektron tabancası vasıtasıyla enerji belirli bir noktaya yönlendirilmektedir. Çok yüksek sıcaklıkların oluşmasıyla ergitilen metaller kaynamaktadır.

2. Lazer Kaynağı

Milisaniye gibi çok kısa zaman aralıklarında lazer ışınlarının malzemeyi ısıtma esasına dayanan kaynak çeşididir.

3. Oksijen Gaz Kaynağı

Yakıcı oksijen gazının kullanılarak yanıcı gazlar vasıtasıyla metal parçaların ısıtılması esasına dayanmaktadır. Hidrojen, metan veya propan gibi gazlar kullanılmaktadır. Oksi-Asetilen gibi kullanılan yanıcı gazın ismine göre alt isimler kullanılmaktadır.

C. Kaynak İşlerinde İSG

Sanayinin gelişimine paralel olarak üretim miktarları artmıştır. Artan üretim miktarları paralelinde istihdam sayılarında önemli artışlara neden olmuştur. Bu artışlar beraberinde iş kazalarını da getirmiştir. Üretim miktarının düşürülmeden güvenli ve sağlıklı ortamda yapılabilmesi amacıyla çalışanların eğitilmesi ve gerekli İSG önlemlerinin

zamanında uygulanması önemlidir. Kanun ve yönetmelikler çerçevesinde eğitimlerini alıp uygulayan sertifikalı kaynakçılar hem kendini hem beraber çalıştığı diğer personeli iş kazalarından koruyacaktır [7]. Kaynak işlerinde yaşanan kazaların büyük çoğunluğunu göz yaralanmaları oluşturmaktadır (Tablo 1). Bunun dışında elektrik çarpması, zararlı toz ve ışınlar, gaz tehlikesi, kesme ve taşlama tehlikeleridir.

Tablo 1: Kaynak işlerinde iş kazaları [8]

Kaza Nedeni	Kaza Oranı (%)
Patlamalar ve Yangınlar	%3
Göz Yaralanmaları	%67
Gözde Yabancı Cisim	%32
Kaynağın Göz Alma Sorunu	%35
Sıcak Metal Parçacıkların Vücutta Yanıklara Neden Olması	%11
Korunmasız Deri Yanıkları	%9
Elbise Üstünden Oluşan Yanıklar	%7
Elbiselerin Yanması	%3

Kaynak işlerinde iş kazaları ve işten kaynaklı sağlık sorunlarına sebep faktörler; gaz, duman, ışın ve kaynak makineleri olarak sıralamak mümkündür.

1. Kaynak İşlerinde Oluşan Duman ve Gazların İnsan Sağlığına Etkisi

Boru kaynak işlerinde metal buharları ve elektrot dumanları gibi zararlı gazlar yayılmaktadır. Gaz yoğunluğu çelik sınıfı ve yapısına bağlı olmakla birlikte ark süresi ve voltaja bağlı olarak değişebilmektedir. Bu gazlarda, magnezyum, krom ve nikel gibi çok zararlı maddeler olabilmektedir.

Kaynak öncesi hazırlık işlerinde ortaya çıkan metal ve diğer materyallerin tozları da kaynak işlemi sırasında havalandırılarak zararlı bileşikler oluşturabilmektedir. Solunum yolu rahatsızlıkları ve akciğerde birikim sonucu mesleki hastalıklara da sebebiyet verebilmektedir.

Kaynak işlemi sırasında kaynağı yapılan parçaların üzerinde önceden bulunan boya, yağ ve galvaniz gibi maddelerin yanarak zararlı gaz salmasına neden olabilir. Buna ek olarak ısıtılma işleminde kullanılan gazların yanması sonucu propan gibi zararlı gazlar da çıkabilmektedir.

Kaynak işlerinde kullanılan gazlardan bir kısmı yanıcı bir kısmı da yakıcı özelliğindedir. Bu tür gazların yanlış depolanmasından kaynaklanan riskler de önem arz etmektedir. Bu gazların depolanması ve depoların uygun havalandırma sistemine sahip olmaları patlama riskini azaltacaktır.

2. Kaynak İşlerinde Çıkan Duman ve Gazların Neden Olduğu Geçici Sağlık Problemleri

Kaynak işlemleri sırasında meydana gelen dumanın çok fazla solunması nedeniyle çalışanlarda inhalasyon ateşi denilen bir rahatsızlık meydana gelmektedir. Vücutta ateş ve titreme şeklinde kendini göstermektedir. Daha sonra halsizlik, yorgunluk, mide bulantısı, göğüs ve kas ağrıları şeklinde devam etmektedir. Bu rahatsızlık maruziyet bitiminden ortalama iki gün sonra ortadan kalkmaktadır.

Maruziyetin uzun süre devam etmesi durumunda ciğerlerin tahriş olması riski vardır. Bronşit, nefes darlığı ve akciğer iltihabı gibi meslek hastalıklarına dönüşme riski vardır. Ayrıca görme, tat ve koku alma duyularında da tahribata neden olabilmektedir.

Oksi-gazlar nedeniyle mide bulantısı, kramplar, iştahsızlık ve sindirim bozuklukları da gözlemlenebilmektedir. Bunun dışında açığa çıkan fosgen gazı nedeniyle baş dönmesi ve öksürük görülmektedir [9].

3. Kaynak İşlerinde Çıkan Duman ve Gazların Neden Olduğu Kalıcı Sağlık Problemleri

Kaynak işlerinde çalışanlarda en sık rastlanan meslek hastalıklarının başında kanser gelmektedir. Akciğer kanseri, gırtlak kanseri ve idrar yolu kanserine çok sık rastlanmaktadır.

Solunum yoluyla vücuda giren bu maddeler hastalığı tetiklemektedir. Kanserin dışında solunum yetmezliği, ağır metal zehirlenmeleri ve bronşit rahatsızlıkları da oldukça yaygındır.

Gaz altı kaynak işinde kullanılan argon gazının üremeye olumsuz etkileri olduğu görülmüştür. Yine benzer şekilde NDT muayenelerinde kullanılan radyoaktif maddelerin üremeye olumsuz etkileri görülmüştür.

İşyeri ortamında iş elbiselerine sinen bu toz ve gazların farkına varılmadan eve taşınması nedeniyle uzun vadede hastalıklara neden olduğu da bilinen bir durumdur [7].

4. Kaynak İşlerinde Çıkan Duman ve Gazlara Karşı Alınabilecek Tedbirler

Boru kaynak işleri yapısı gereği arazide olduğu için branda veya çadır içinde yapılmaktadır. Bu nedenle havalandırma işleminin çok dikkatli yapılması gerekmektedir. Yeterli büyüklükte kurulması gereken bu kapalı alanların iyi havalandırılmasının yanında bir de çalışana yeterli hareket alanı sağlanması gereklidir.

Ortam gazlarının ölçümlerinin yapılabilmesi için gerekli ekipmanın olması ve KKD kullanımı titizlikle takip edilmelidir.

5. Kaynak İşlerinde Çıkan Işınlardan İnsan Sağlığına Etkisi

Boru kaynak işlerinde gaz ve tozların dışında bir de ışın problemi vardır. Bu ışınların radyoaktif etkilerinin insan sağlığı üzerinde olumsuz sonuçlar doğurduğu bilinmektedir. Göz ve deri çalışanlarda en çok zararın görüldüğü organlardır.

Kaynak işleri sırasında üç çeşit radyasyona rastlanmaktadır. Bunlardan ilki, iyonize radyasyon olan X ışınıdır. Elektron ışın kaynağında oluşan bu tür radyasyondan korunmanın en iyi yolu uygun KKD kullanımudur. Ultraviyo-

le (UV) ışın demetlerine maruziyet sonucunda geçici ve sürekli görme kayıpları söz konusu olabilmektedir [2]. İkinci tip radyasyonlar ise UV ışınları veya kızılötesi olarak bilinen iyonize olmamış radyasyon tipidir. Uzun süreli maruziyetlerde geçici ve kalıcı sağlık sorunlarına neden olabilirler.

Radyasyonların bilinen en önemli zararları göz bozuklukları ve deri rahatsızlıklarıdır.

Termal radyasyon üçüncü tür olarak karşımıza çıkmaktadır. Kaynak makineleri, kaynatılan parçalar ve elektrotların aşırı ısınmasından ortaya çıkan radyasyon türüdür.

6. Kaynak İşlerinde Kullanılan Kaynak Makinelerinin İnsan Sağlığına Etkisi

Kaynak işlerinde akım üreten cihazlara kaynak makinesi denmektedir. Elektrik çarpmaları en sık rastlanan kazaların başında gelmektedir. Elektrotların tutuşması için gerekli gerilimin sağlanması ve emniyetli biçimde çalışması için alt emniyet ve üst emniyet sınırları belirlenmiştir.

Kaynak işlerinde işlemin türüne göre farklı ark değerleri oluşmaktadır. Örtülü elektrotlarda arkların tutuşması için sıcaklığın 5500 °C civarında olması gerekmektedir. Dolayısıyla da bu sıcaklıklardan vücudu korumak çok önemlidir. Kesme ve temizleme işlemlerinde de sıçrayan partiküllerin sıcaklığı oldukça fazladır. Bu durumlarda da çevredeki materyallerin tutuşmaması için çok dikkat edilmelidir.

7. Kaynak İşlerinde Genel İSG Yaklaşımları ve Öneriler

Kaynak işlerinde insan sağlığı açısından en önemli risk etmenleri; gaz, duman, elektrik ve ışın olarak sayılabilmektedir. Risklere karşı alınacak tedbirler incelendiğinde en önemli hedef risklerin ortaya çıkmadan önce kaynağında yok edilmesidir.

Kaynağında yok edilemeyen risklerin kabul edilebilir risk seviyelerine indirebilmesi için düzenleyici önleyici faa-

liyetler uygulanmaktadır. Düzenleyici önleyici faaliyetler konusunda yapılan ilk uygulama, gerekli uyarı levhalarının uygun yerlere asılması ve çalışanların bu konuda eğitilmesidir. Diğer uygulama ise KKD kullanımının sağlanmasıdır.

II. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yüksek basınçlı doğal gaz boru hat kaynağı imalatlarında İSG ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar kaynak işlerinde iş kazası ve mesleki hastalıkların önlenmesi için bir rehber niteliği taşımaktadır.

Kahraman ve ark. (2003), kaynaklı imalatlarda manyetik alan, elektrik, hava kirliliği, ısı, duman ve gaz, radyasyon ve ışın konuları inceleyerek geçici ve kalıcı sağlık etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonunda İSG tedbirlerine uyulmaması durumunda çalışan ve işveren yönünden ciddi kayıpların olacağını ortaya koymuşlardır [2].

Tan (2008), kaynak işlerinin yapıldığı işyeri ortamlarını incelemiştir. Gaz ve ışınların olduğu ortamlarda alınması gereken İSG tedbirlerini ve ortaya çıkabilecek zararları belirlemeye çalışmıştır. Sonuç olarak çalışan ve işverenlerin işbirliği içinde İSG kurallarını uygulaması gerektiğini vurgulamıştır [9].

Yurtsever (2009), kaynak işlerinde kaza nedenlerini ve sıklığını belirlemeye çalışmıştır. Çalışma sırasında ortaya çıkan zararlı gazlar için kullanılması gerekli KKD özelliklerini belirlemiştir [10].

Yavuzarslan (2010) çalışmasında, kaynak işlerinde kalifiye eleman yetersizliğini ele almıştır. Artan üretim talebini karşılayacak seviyede yetişmiş personel olmamasından dolayı iş kazalarının arttığını ve alınması gereken tedbirleri ortaya koymuştur [11].

Avşaroğlu (2011) Bakü Tiflis Ceyhan (BTC) boru hatlarında yaşanan tehlike ve riskleri incelenmiştir. Alınan

tedbirlerle işyeri ortamında yaşanan iyileştirmeleri izlemiştir [12].

Kaymaz (2014) kaynak işlerinde yaşanan sağlık problemleri, nedenleri, personelin eğitim ve yaş durumlarını incelemiştir. KKD kullanımının iş kazası ve sağlık sorunlarına etkisi ortaya koymuştur. Kaynak işlerinde çalışan personelin çalışma süreleri ile kazalanma oranları arasındaki bağlantıyı ortaya koymuştur [5].

Ayan (2017) çalışmasında, bazı işletmelerde eşik değerin üzerinde toz olduğunu vurgulamıştır. Toz azaltıcı önlemleri belirlemiş, uygulama yöntemlerini ortaya koymuştur. Çalışanların eğitimi ve sertifikasyonu ile KKD kullanım konularında da verileri değerlendirmiştir [7].

III. MATERYAL VE METOT

A. Materyal

Bir doğal gaz boru hattı inşaatı kapsamında 2017-2019 yılları arasında yapılan kaynak işleri sırasında meydana gelen iş kazası kayıtları kullanılmıştır.

B. Metot

L-Matris metodu uygulanarak risk analizi yapılmıştır.

1. Risk Değerlendirmede Temel Kavramlar

6331 sayılı İSG kanununa göre tehlike, işyerinde varolan veya dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyecek zarar veya hasar verme potansiyelidir. Risk, tehlikeden kaynaklı kayıp, yaralanma ya da bir başka zarar meydana gelme ihtimalidir.

Kaynak işinde açığa çıkan zararlı ışın için uygun KKD kullanmamak tehlike iken çalışanın görme yetisini yitirme ihtimali risktir. Risklerin kontrol altına alınıp bertaraf edilmesi için tehlikenin yok edilmesi gerekmektedir.

Risk değerlendirme, işyerinde var olan ya da dışarıdan

gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmaları ifade etmektedir. Risk değerlendirmesi yapacak kişinin konuyla ilgili eğitim almış olması ve saha bilgilerine hâkim olması gerekmektedir.

- Kabul edilebilir risk seviyesi, yasal yükümlülüklere ve işyerinin önleme politikasına uygun, kayıp veya yaralanma oluşturmayacak risk seviyesini ifade etmektedir.
- Güvenlik, yürütülen işlerde tehlike ve risk olmadığını gösterir. Yine de güvenlik önlemlerinden taviz verilmesi unutulmamalıdır.
- Kontrol mekanizması, yürütülen faaliyetlerin İSG kapsamında yürütülen sistematik değerlendirmedir.
- Önleme, yürütülen işlerde alınan İSG tedbirlerinin tümüdür.
- Sürekli iyileştirme, İSG politikalarının sürekli yenilenecek olumlu yönde iyileştirilmesi.
- Sonuç, tehlike sonucu ortaya çıkan etkidir. “ne olabilir” sorusunun kavramsal sonucudur.
- Olasılık, olayların olabileceği durumlarını ifade eder.
- Şiddet, çalışanlar üzerinde tehlike kavramının oluşturacağı tahmini etkidir.
- Frekans, tehlike kavramına maruz kalınabilme sıklığıdır.
- Sürekli iş görmezlik, çalışanların çalışabilme meziyetlerini kaybetmesidir.
- Ramak kaza, olayın zarara uğratma potansiyeli olduğu halde zarara uğratmaması.
- Kaza, yaralanmaya, ölüme, uzuv kaybına yahut iş ortamına zarara sebep olan önceden planlanmamış ve beklenmeyen olaydır.

2. L-Matris Metodu

L Tipi matris yöntemi, neden sonuç ilişkisinin değerlendirilmesine dayanmaktadır. Risk analizini tek kişi ile yapabileceği avantajına sahip bu yöntemde olaylara hemen müdahale şansı olmaktadır. Risk skoru olasılık ve şiddetin

çarpılmasıyla elde edilmektedir. Hesaplanan risk skoru çizelgeye yazılmaktadır [13]. Çalışma kapsamında varolan risklerin farkına varılabilmesi ve risk düzeyinin belirlenmesi amacıyla L-Matris metodu kullanılmıştır. Bu yöntem ile işyeri ortamının istatistikleri ile risk dereceleri belirlenmektedir. Olası tehlikelerin meydana gelmesi durumunda çalışan ve ortam üzerinde oluşturacağı zarar ya da hasarın şiddeti belirlenir. Riskin değeri arttıkça alınacak önlemlerin aciliyetine karar verilir. Risk durumuna göre önem sırası belirlenir. L-Matris yönteminde;

$$R = O \times \text{Ş} \quad (1)$$

R: Risk derecesi

O: Olasılık

Ş: Şiddet

şeklinde ifade edilir. Bu yöntemde iki parametre de dikkate alınarak bir risk skoru bulunur. İki faktör için ayrı ayrı oluşturulan tablolar (Tablo 2-5) vasıtasıyla işletme için bir risk skoru belirlenerek yorumlanır.

Tablo 2: Bir olayın gerçekleşme ihtimali.

İhtimal	Ortaya Çıkma Olasılığı İçin Derecelendirme Basamakları
(1) Çok Küçük	Hemen hemen hiç
(2) Küçük	Çok az (yılda bir kez), sadece anormal durumlarda
(3) Orta	Az (yılda birkaç kez)
(4) Yüksek	Sıklıkla (ayda bir)
(5) Çok Yüksek	Çok sıklıkla (haftada bir, her gün), normal çalışma

Tablo 3: Bir olayın gerçekleştiği takdirde şiddet değeri.

Sonuç	Derecelendirme
Çok hafif	İş saati kaybı yok, ilk yardım gerektiren
Hafif	İş günü kaybı yok, kalıcı etkisi olmayan ayakta tedavi ilk yardım gerektiren
Orta	Hafif yaralanma, yatarak tedavi gerekir
Ciddi	Ciddi yaralanma, uzun süreli tedavi, meslek hastalığı
Çok ciddi	Ölüm, sürekli iş görmezlik

Tablo 4: Risk skor matrisi.

İHTİMAL	ŞİDDET				
	1 (Çok Hafif)	2 (Hafif)	3 (Orta Derece)	4 (Ciddi)	5 (Çok Ciddi)
1 (Çok Küçük)	Anlamsız 1	Düşük 2	Düşük 3	Düşük 4	Düşük 5
2 (Küçük)	Düşük 2	Düşük 4	Düşük 6	Orta 8	Orta 10
3 (Orta derece)	Düşük 3	Düşük 6	Orta 9	Orta 12	Yüksek 15
4 (Yüksek)	Düşük 4	Orta 8	Orta 12	Yüksek 16	Yüksek 20
5 (Çok Yüksek)	Düşük 5	Orta 10	Yüksek 15	Yüksek 20	Tolere Edilemez 25

Tablo 5: Sonucun kabul edilebilirlik değeri.

Sonuç	Eylem
Katlanılamaz riskler (25)	Belirlenen risk kabul edilebilir bir seviyeye düşürülünceye kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Gerçekleştirilen faaliyetlere rağmen riski düşürmek mümkün olmuyorsa, faaliyet engellenmelidir.
Önemli Riskler (15,16,20)	Belirlenen risk azaltılınca kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Risk için devam etmesi ile ilgiliyse acil önlem alınmalı ve bu önlemler sonucunda faaliyetin devamına karar verilmelidir.
Orta Düzeydeki Riskler (8,9,10,12)	Belirlenen riskleri düşürmek için faaliyetler başlatılmalıdır. Risk azaltma önlemleri zaman alabilir.
Katlanılabilir Riskler (2,3,4,5,6)	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için ilave kontrol prosedürüne ihtiyaç olmayabilir. Ancak mevcut kontroller sürdürülmeli ve bu kontrollerin sürdürüldüğü denetlenmelidir.
Önemsiz Riskler (1)	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için kontrol prosedürleri planlamaya ve gerçekleştirilecek faaliyetlerin kayıtlarını saklamaya gerek olmayabilir.

IV. BULGULAR VE TARTIŞMA

A. İş Kazası Kayıtlarının Değerlendirilmesi

İki yıllık çalışma süresince;

- Kaynak işlerinde açığa çıkan ışınlar nedeniyle haftada bir veya birkaç kez olmak üzere toplamda 135 gözde yaralanma ve göz rahatsızlığı yaşanmıştır.
- Kaynak ilerinde sıçrayan çapaklar nedeniyle haftada bir veya birkaç kez olmak üzere toplamda 125 deri yanığı vakası yaşanmıştır.
- Kaynak makinesindeki çalışmalarda dikkatsizlik ve özensizlik sonucunda ayda bir veya birkaç kez olmak üzere toplamda 29 kez elektrik çarpması ve kaçak olayı yaşanmıştır.
- Tie-in kaynakları kanal içinde yapıldığı için göçme olayları ayda bir veya birkaç kez olmak üzere toplamda 34 kez yaşanmıştır.
- Küçük parçaların kaynağı atölye ortamında yapıldığından atölyelerde havalandırma kaynaklı toplamda 29 sorun yaşanmıştır.
- Acil durum eylem planlarına riayet edilmemesinden dolayı deprem, yangın ve patlama gibi durumlardan kaynaklı 6 kez çalışanların panikleyip kontrolsüz davranışı görülmüştür.
- Atölye çalışmalarında ses yalıtımı ve KKD kullanımına dikkat edilmemesinden kaynaklı 127 duyu kaybı problemi yaşanmıştır.
- Kaynak işlerinde kullanılan iş makinelerinin bakım ve kontrollerinin tam yapılmaması ve operatörlerin belgelerinin olmamasından kaynaklı 20 kez makine arızası ve devrilme vakası olmuştur.

Bu kazaların yıllara göre dağılımları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6: Elektrik ark kaynağı temelli kaza istatistiği [14].

Elektrik Ark Kaynağı Temelli Kaza Türleri	2017 (Adet)	2018 (Adet)	2019 (Adet)
Göz Yaralanması	27	55	53
Çapak Sıçraması Nedenli Deri Yanığı	24	51	50
Elektrik Çarpması	5	13	11
Tie-İn Sırasında Göçük	7	14	13
Havalandırma	5	12	12
Panik	1	3	2
Gürültü	24	53	50
İş Makinesi	5	8	7

B. L-Matris Yöntemiyle Risk Değerlendirmesi

Çalışma kapsamında var olan İSG riskleri L-Matris yöntemiyle değerlendirilmiştir. Çok tehlikeli iş kolunda yer alan kaynak işlerinde tehlikenin tamamen ortadan kaldırılması yahut çok tehlikeli olanın az tehlikeli ile değiştirilmesi oldukça zordur. Bunun yerine uygulamalarda risk derecesinin düşürülmesi için düzenleyici önleyici faaliyetler yürütülmektedir.

Teknik ve idari çözümlerin yanında KKD kullanımı konularında gerekli çalışmalar yapılarak çözüm üretilmeye çalışılmıştır. Tablo 7'de sahada yapılan faaliyetler açıklanmış, tehlike ve riskler belirlenerek L-Matris yöntemine göre risk skorları belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen risk skorlarının kabul edilebilirlik değeri Tablo 5'te 'Belirlenen risk azaltılıncaya kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Risk işin devam etmesi ile ilgiliyse acil önlem alınmalı ve bu önlemler sonucunda faaliyetin devamına karar verilmelidir' şeklinde ifade edilmiştir.

V. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

L-Tipi Matris yöntemiyle yapılan risk değerlendirmeyle çok tehlikeli iş sınıfında yer alan yüksek basınçlı boru hattı inşaatlarında risklerin iyi analiz edilerek önleme çalışmalarıyla amaca uygun düşük risk değerleri elde edilmiştir.

Çalışma sahasında karşılaşılan en riskli faaliyetler; kaynağın gözü alması, deri yanıkları, elektrik çarpması, kanalın göçmesi, zehirli gazlar, acil durumlarda bilinçsiz hareketler, gürültü ve iş makineleri olarak bulunmuştur. DÖF sonrasında incelenen faaliyetlerde 3-5 kat arasında iyileşmeler gözlenmiştir.

İşe başlamadan ve işbaşı yaptıktan sonraki aşamalarda eğitimlerin gerektiği gibi verilmesi, uyarı levhaları ve talimatların anlaşılır şekilde hazırlanması ve personelin sertifikasyonlarının düzenli olarak yenilenmesi önerilmektedir.

Tablo 7: L-Matris tehlike ve risk değerlendirme tablosu.

NO	FAALİYET	TEHLİKELİ DURUM VE DAVRANIŞ	RISK	SONUÇ	O	Ş	R	Düzenleyici Önleyici Faaliyet (DÖF)	Yeni Risk Skoru
I	Elektrik ark kaynağı	Kullanılmayan KKD (gözlük, yüz siperliği)	Kaynağın gözü alması	Yaralanma, duyu kaybı	5	4	20	Çalışanların gözlük siperlik gibi KKD kullanımının sürekli denetlenmesi ve eğitim çalışmaları	4
II	Elektrik ark kaynağı	KKD kullanılmaması (yanmaz tulum vb.)	Sıcak çapakların deri veya kıyafetle teması	Deri Yanığı, Elbisenin Alev Alması	5	4	20	Kaynak işi yapan kişilere yanmaz tulum ve eldiven gibi KKD'lar sağlanması ve kullanımının denetlenmesi	4
III	Kaynak Makinesi Kullanımı	Dikkatsiz ve özensiz çalışma	Elektrik çarpması	Yanık, Şok veya Ölüm	4	5	20	Çalışma ortamına uygun kaynak makinesi alımı ve personele eğitim verilmesi	5
IV	Kanal içinde yapılan Tie -in kaynağı	Kanalın şevli olmaması veya payanda kullanılmaması	Kanalın çalışanların üzerine düşmesi	Birden çok ölüm, yaralanma, maddi hasar	4	5	20	Payandaların kullanılması ve kanalların şevli açılması şeklinde yapılan düzenlemeler	5
V	Atölyede elektrik ark kaynağı	Yetersiz havalandırma	Çalışanların zehirli gazlara uzun süre maruz kalması	İnhalyasyon ateşi, akciğer rahatsızlıkları	4	4	16	Havalandırma sistemlerinin yeterli düzeye çıkarılması ve ek havalandırma sisteminin kurulması	4
VI	Atölyede elektrik ark kaynağı	Acil durum eylem planının olmaması	Acil durumlarda çalışanların bilinçsiz ve kontrolsüz hareket etmesi	Birden çok ölüm, yaralanma	3	5	15	Acil Durum Eylem planlarının mevzuata uygun şekilde hazırlanması ve uygulanmaya başlanması	5
VII	Atölyede Elektrik Ark kaynağı	Ses yalıtımının uygun olmaması	Gürültüye uzun süre maruz kalma	Duyu kaybı	4	4	16	Atölyelere gerekli yalıtım sistemlerinin kurulması	4
VIII	İş makinesi kullanımı	İş makinelerinin bakımlarının zamanında ve yerde yapılmaması ve operatörlerin belgesinin olmaması	Makinelerin kritik zamanda ve yerde arızalanması ya da devrilmesi	Birden çok ölüm, yaralanma, maddi hasar	4	5	20	Bütün iş makinelerinin bakım ve onarımlarının zamanında ve uygun şekilde yapılması	5

kasyonunun tam ve eksiksiz olması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Kaynak işlerinde kullanılacak KKD'ların uygun seçilmesi ve doğru kullanımı sonucunda risk skorunda önemli iyileştirmelerin olduğu görülmüştür.

Özellikle kapalı alanlarda yapılan çalışmalarda zehirli gaz, IR ve UV ışınları, sıcaklık ve gürültü çalışanlar için büyük risk oluşturmaktadır. Bu risklere karşı gerekli DÖF'lerin uygulanmaması durumunda risk değerleri baş edilemeyecek değerlere çıkabilmektedir. Bunun önüne geçilebilmesi amacıyla çalışanların eğitimlerinin verilmesi ve kontrol mekanizmasının iyi işletilmesi çalışanların motivasyonunu da arttırmış olacaktır.

YAZAR KATKILARI: Bu çalışmada yazarların katkıları eşit düzeydedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI: Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur, makale araştırma ve yayın etiğince uygundur.

FINANSAL DESTEK: Bu çalışmada herhangi bir kişi, kurum veya kuruluştan finansal destek alınmamıştır.

ETİK KOMİTE ONAYI: İnsan örneği veya deneysel çalışma içermediğinden etik kurulu oluru gerekmemiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Resmi Gazete, 17.10.2016 tarih, 2016/9382 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı, 2016.
- [2] F. Kahraman, "Kaynaklı İmalatta İnsan Sağlığı," *II. İş Sağlığı Kongresi*, Adana, 2003, ss. 129-143.
- [3] TMMOB, "İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Raporu," *Makine Mühendisleri Odası*, Ankara, 2020.
- [4] SGK. "İstatistik Yıllıkları," *Sosyal Güvenlik Kurumu*, Ankara, 2020. [Çevrimiçi]. Available: http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari
- [5] Ö. Kaymaz, "Kaynak İşlerinde İş Kazası ve İşe Bağlı Sağlık Problemlerine Neden Olan Faktörler ve KKD Kullanımının Bu Faktörlere Etkileri Üzerine Çevresel ve Teknik Araştırma," Yüksek Lisans Tezi, İş Sağlığı

ve Güvenliği ABD, Ankara, 2014.

- [6] M. Tekelioğlu, "İş Sağlığı ve İş Güvenliğinin Ekonomik Boyutu," *Mühendis ve Makine Dergisi*, cilt:35, sayı: 419, ss. 31-34, 1994.
- [7] O. Ayan, "Kaynaklı İmalatta Çalışma Ortamını ve Çalışan Sağlığını Etkileyen Tehlike ve Önlemleri," Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İzmir, 2017.
- [8] A. Turan, "Kaynak İşlerinde İş Güvenliği," *Kaynak Kongresi IX. Ulusal Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, 2015.
- [9] O. Tan, "Kaynaklı İmalatta Çalışma Ortamının ve Çalışanın Sağlığını Etkileyen Tehlikeler ve Önlemleri," İstanbul, 2008.
- [10] E. Yurtsever, "Kaynak Tekniği Uygulamalarında İş Güvenliği," *Mühendis ve Makine Dergisi*, cilt:50, sayı:512, ss. 1-9, 2009.
- [11] G.Z. Yavuzarslan, "Kaynak İşlerinde İş Sağlığı ve İş Güvenliği," İstanbul, 2010.
- [12] A. Avşaroğlu, "Boru Hatlarındaki Kaynaklı İmalat Çalışmalarında İş Güvenliği Risk Analizi," Doktora Tezi, Adana, 2011.
- [13] Ö. Özkılıç, "İş Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri," *Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu*, 2007.
- [14] V. Yılmaz, "Yüksek Basıncılı Bir Doğal Gaz Boru Hattı Montajında İşe Bağlı Sağlık Problemleri," Yüksek Lisans Tezi, Adana, 2020.