

Bir Yeraltı Maden İşletmesindeki Kompresör Dairesi ve Basınçlı Hava İletim Hatlarının İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi

Occupational Health and Safety Evaluation of Compressor Room and Compressed Air Transmission Lines in an Underground Coal Mine

Alaaddin ÇAKIR , Nejat DEMİRCAN , Harun Ramazan KARA ,
Sefa KOCABAŞ , Günter DİLSİZ 

ÖZET

Günümüzde işletmelerde kompresör kullanımı çok yaygındır. Bu çalışmada bir yeraltı maden işletmesinin kompresör dairesi ve basınçlı hava iletim hatlarındaki tehlike ve riskler gürültü, aydınlatma ve kimyasal madde kullanımı başlıkları altında ele alınmıştır. Kompresör dairesinde alınan önlemler, kompresörler çalıştırılmadan önce uyulması gereken kurallar ile kullanılan kişisel koruyucu donanımlar, sağlık ve güvenlik işaretleri ile acil durum planları konularında bilgiler verilmiştir. Kompresörlere ve basınçlı hava iletim hatlarında uygulanan bakım onarım işlemleri ve periyodik kontrol konusu ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Kompresörlerin gürültülü çalışan makineler olması nedeniyle izolasyonlu bir çalışma ortamı sağlandığı ve kulak koruyucu donanım kullanımı ile tedbir alındığı görülmüştür. Kompresör kullanımında ihtiyaç duyulan kimyasal maddelerin kullanımında güvenlik bilgi formundaki bilgilere riayet edildiği ve kimyasallara dayanıklı kişisel koruyucu donanım kullanıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca en son gerçekleştirilen periyodik kontrol raporunun önemli kısımları değerlendirilmiştir. Bu çalışma ile elde edilen bilgiler kompresör dairesi ve basınçlı hava iletim hatları için yapılacak risk değerlendirmesi çalışması için bir ön hazırlık niteliği taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: kompresör, basınçlı hava iletim hatları, yeraltı, madencilik

ABSTRACT

Today, the use of compressors in enterprises is very common. In this study, the hazards and risks in the compressor room and compressed air transmission lines in an underground mining operation are discussed with the noise, lighting and chemical use main themes. Moreover; Information on precautions in the compressor room, the rules to be followed before the compressors are started, the personal protective equipment used, the health and safety signs and the emergency action plans have given. Maintenance and repair processes and periodic control applied to compressors and compressed air transmission lines have discussed in detail. Since compressors are noisy machines, it has been observed that an insulated working environment is provided and precautions are taken with the use of ear protection equipment. It has been determined that the information in the safety data sheet is followed in the use of chemicals needed in the use of the compressor and that personal protective equipment resistant to chemicals is used. In addition, important parts of the last periodic control report has evaluated. The information obtained through this study is a preliminary preparation for the risk assessment study to be carried out for the compressor room and compressed air transmission lines.

Keywords: compressor, compressed air transmission lines, underground, mining

Alaaddin ÇAKIR | cakir@beun.edu.tr

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye
Zonguldak Bülent Ecevit University, Faculty of Engineering, Department of Mining Engineering, Zonguldak, Turkey

Nejat DEMİRCAN | nejat.demircan@beun.edu.tr | Sorumlu Yazar/Corresponding Author

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Zonguldak, Türkiye
Zonguldak Bülent Ecevit University, Faculty of Medicine, Zonguldak, Turkey

Harun Ramazan KARA | hrn_rmzn@hotmail.com

Maden Mühendisi, Zonguldak, Türkiye
Mining Engineer, Zonguldak, Turkey

Sefa KOCABAŞ | sefa@beun.edu.tr

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye
Zonguldak Bülent Ecevit University Faculty of Engineering, Department of Environment Engineering, Zonguldak, Turkey

Günter DİLSİZ | diba95@yahoo.com

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Zonguldak, Türkiye
Zonguldak Bülent Ecevit University, Faculty of Medicine, Zonguldak, Turkey

Received/Geliş Tarihi : 03.02.2022

Accepted/Kabul Tarihi: 09.04.2022

I. GİRİŞ

Tarihçesi çok eski olmakla birlikte sanayi devriminden günümüze kadar gelişen teknolojiyle kullanım alanı yaygınlaşan kompresörler üretim faaliyetlerinde büyük kolaylık sağlamışlardır. Elektrikle çalışmanın tehlikeli olduğu iş yerlerinde üretim faaliyetlerinin artışıdaki zorunluluk, görece daha az tehlikeli olan basınçlı havanın küçük otomobil tamir atölyelerinden devasa fabrikalara kadar yaygın olarak kullanılmasına yol açmıştır. Basınçlı havanın gerekli ve nemli bölgelerde güvenle kullanılabilir oluşu, uzak mesafelere rahatlıkla taşınabilmesi, basınçlı hava ile çalışan havalı aletlerin hafif oluşu, hız ve tork ayarlarının rahatlıkla yapılabilmesi gibi özellikler basınçlı havayı diğer güç sistemleri karşısında yaygın kılmıştır. Basınçlı hava sağlamış olduğu kolaylıklarla beraber bazı tehlikeleri de beraberinde getirmiştir.

Ülkemizde ve dünyada iş kazaları ve meslek hastalıkları birçok çalışanın hayatını kaybetmesine ya da yaralanarak ömrü boyunca taşıyacağı izlerle yaşam kalitesini düşürmesine neden olmaktadır. Son yıllarda medyaya yansıyan haberlerde görülen basınçlı hava temelli kazalar bu çalışmanın hazırlanmasına neden olmuştur.

Bu çalışma kapsamında, bir yeraltı maden işletmesine basınçlı hava desteği sağlayan kompresör tesisi ve kompresörün çalışmasında rol alan tüm kısımlardaki tehlikeler ve riskler ele alınmış ve bunlara karşı alınan güvenlik önlemleri değerlendirilmiştir. Bu proje çalışmasıyla birlikte benzer iş yerlerinde çalışanlar için karşılaşılması muhtemel tehlikelerin giderilmesi ve yaşanabilecek iş kazaların önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

II. YERALTI MADEN İŞLETMESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Kompresör dairesi ve basınçlı hava iletim hatlarının bulunduğu işletme 28 km²'lik alanda

+50/-320 kotları arasında faaliyet göstermektedir. +38, -170 ve -320 olmak üzere 3 ana kata, -205 ve -260 olmak üzere de 2 ara kata sahiptir. İşletmenin ana galerileri, kesesiye lağımları ile taban ve taban yollarıyla beraber toplam yeraltı açıklığı 45 km²'yi bulmaktadır ve yaklaşık bu uzunlukta da basınçlı hava iletim hattı mevcuttur. İşletme, yaklaşık 300 milyon ton kömür rezervine sahip olup, 2020 yılında 255.100 ton tüvenan, 159.544 ton satılabilir kömür üretimi gerçekleştirilmiştir.

İşletmenin üretim çalışmaları -183/-320 kotları arasında bulunan 3 ayrı ocakta, 4 yarı mekanize ve 3 ahşap ayakta, kalınlıkları 2,10 ile 3,20 m arasında değişen 3 ayrı kömür damarında yapılmakta olup, kömür damarları kuzeyde normal güneyde ise dik yatımlıdır. Dik damarlar için uygun olan esnek mekanize üretim sisteminin kurulum çalışmaları devam etmektedir.

İşletmede üç vardiyanın toplamı olarak kazmacı, ajostör, tulumbacı ve nakliyat gibi çeşitli sanat gruplarına ayrılmış yaklaşık 1.100 işçi ve 30 mühendis görev yapmaktadır.

3 kömür üretim ayağından çıkarılan kömür yükleme makineleri ve bantlar vasıtasıyla -260 katındaki 5 tonluk vagonlara doldurulup elektrikli lokomotiflerle taşınmakta ve aynı kattaki 100 tonluk siloya tumba edilmektedir. -260 katından -170 katına kadar bantlarla taşınan kömür skip kuyusuyla -170 katından +38 kuyu başına gelmekte, oradan da kömür yıkama lavvarına gönderilmektedir.

Hazırlık ve üretim çalışmaları esnasında açığa çıkan yeraltı suyu, kuyu dibine doğru eğim aşağı sürülen galeri kenarlarındaki kanallarla tahliye edilmektedir. Eğimin uygun olmadığı yerlerde basınçlı havayla çalışan pompalarla nakledilen su bu kanallar vasıtasıyla -320 kotunda bulunan havuzlarda toplanmakta elektrikli pompalar vasıtasıyla önce -170 katına ardından da +38 katına basılmaktadır.

Ocakların havalandırılması 1 adet ana ve çok sayıda tali

fanlarla sağlanmaktadır. Nakliyat kuyularından katlara giren temiz hava, hava kapıları vasıtasıyla yönlendirilerek işyerlerine sevk edilmekte ve +38 katında bulunan ana fanın emiş yapmasıyla dışarı çıkmaktadır [1].

III. KOMPRESÖR DAİRESİ VE BASINÇLI HAVA İLETİM HATLARI

İşletmenin ihtiyaç duyduğu basınçlı hava, kompresörler ile elektrik güç ünitelerinin bulunduğu bir kompresör dairesi, kompresörde oluşan ısının atılması için kapalı devre eşanjör ünitesi ve bu eşanjör ünitesine soğuk su beslemesi sağlayan soğutma kulesiyle gerçekleştirilmektedir. Kapalı devre eşanjör ünitesi, kompresörden çıkan sıcak suyu soğutma kulesine sevk etmekte, soğutma kulesinden gelen soğuk suyu ise kompresörlerin motor bloklarında dolaştırılarak aşırı ısınan motor bloklarının soğutulmasını sağlamaktadır. Kompresörlerde yaklaşık 6 atüye kadar sıkıştırılan hava, çapları giderek azalan basınçlı hava boru ve hortumlarıyla tüm ocağa iletilmektedir.

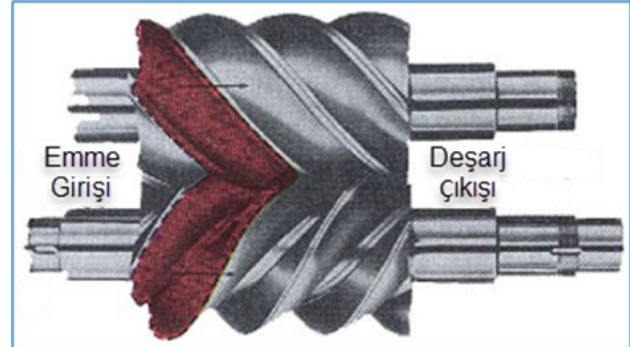
A. Kompresörler

Kompresörler basınçlı havayla çalışan sistemlere hava desteği sağlamak amacıyla aldıkları havayı daha yüksek basınçlara çıkartarak kullanıma sunan makinelerdir. Elektrikle çalışmanın tehlikeli ve maliyetli olduğu yeraltı işletmeleri gibi yerlerde daha çok tercih edilmektedirler. Bu çalışmada ele alınan basıncı hava sisteminde diğer kompresör çeşitlerine nazaran gürültüsüz çalışmasıyla ön plana çıkan vidalı tip kompresörler kullanılmaktadır.

Vidalı kompresörleri diğer kompresör çeşitlerinden ayıran en temel özellik piston yerine birbiriyle iç içe geçmiş iki sonsuz helisel dişlinin, diğer bir ifadeyle, bir rotor çiftinin bulunmasıdır (Şekil 1).

Bu rotor çiftinden biri tahrik elemanından aldığı kuvvetle diğerini hareket ettirmekte, bu hareketle vidalar arası-

Şekil 1: Vidalı kompresörlerde havanın sıkıştırılması [2]



na alınan hava giderek küçülen hacimde sıkışmaya zorlanmaktadır. Sıkışma ile basınç ve sıcaklık artmakta, bu ısınmanın üzerine rotorlar arasında oluşan sürtünme kaynaklı ısı da eklendiğinde sıcaklık artışı kaçınılmaz olmaktadır. Çalışma esnasında oluşan bu sıcaklığı düşürmek ve ayrıca rotorlar arasından hava kaçışını engellemek için dişliler arasına yağ püskürtülmektedir. Sıkışan yağ ve hava birlikte seperatör tankına gönderilmekte, seperatör tankında birbirinden ayrılan yağ ve hava ayrı ayrı radyatörlere gönderilerek soğutulmaktadır. Soğuyan hava basınçlı hava iletim hattına gönderilirken, yağ ise tekrar kullanılmak üzere devrede tutulmaktadır.

Vidalı kompresörlerde hareket eden parçalar daha az olduğu ve kayış kasnak gibi aktarma organları olmayıp güç tahriğini doğrudan motordan aldığı için verimleri oldukça yüksektir. Onları verimli yapan bu etkenler aynı zamanda diğer kompresör çeşitlerine nazaran daha sessiz ve gürültüsüz çalışmasını da sağlamaktadır. Ayrıca, yüksek işletme basınçlarına ulaşabilen vidalı kompresörler bir arıza algıladıklarında çalışmayı otomatik olarak durdurma özelliğine de sahiptir [3].

B. Kompresör Dairesi

Vidalı kompresörlerin açık hava şartlarından, tozdan ve kirli havadan uzak tutulması için özel kompresör odalarının yapılması kompresörün sağlıklı, uzun ömürlü ve sorunsuz

çalışması için gereklidir. Bir basınçlı hava iletim hattı için en temel kural dış ortamdan izole edilmiş ayrı bir merkezi kompresör dairesi tesis etmektir. Böyle bir tesis tasarruflu çalışma, teknik servis ve kullanıcı için kolaylık, yetkisiz erişime karşı koruma, gürültü kontrolü ve uygun havalandırma için imkan oluşturmaktadır. Ayrıca şiddetli soğuklarda donmayı engellemekte, yağmur ya da kar gibi mevsimsel olayların olumsuz etkilerini de ortadan kaldırmaktadır. Kompresör dairesi sayesinde, kompresörlerin çalışanları rahatsız etmemesi için ses yalıtımı yapılmış izole bir ortam sağlanmaktadır. Ayrıca, herhangi bir tehlike durumunda, diğer bina ve işyerlerinden bağımsız olarak inşa edildiğinden, oluşan hasarın çevresine zarar verme durumu da en aza indirilmiş olmaktadır [4].

Kompresör dairesi, kompresörün emdiği havanın sıcaklığının belli aralıklarda tutulması açısından da önem taşımaktadır. Kompresörün emdiği hava sıcaklığındaki 3°C'lik bir düşüş sıkıştırılan hava miktarını %1 oranında artırmaktadır [3].

Kompresör dairesinin ilk kurulumu yapılırken öncelikle işletmede basınçlı hava kullanılan alanlara yakın olacak şekilde yer seçimi yapıp basınçlı hava hattının olabileceğince kısa tutulması çok daha tasarruflu bir çalışma sağlamak ve basınçlı hava iletim hattında oluşması muhtemel riskleri düşürmektedir [5].

Bu çalışmada ele alınan kompresör dairesinde 3 adet aktif, 1 adet yedek olmak üzere 4 adet kompresör bulunmaktadır. Kompresörler bakım onarım işlerinde kolaylık sağlamak amacıyla aralarında 1 metre boşluk bırakılarak yerleştirilmiştir (Şekil 2). Kompresör dairesinde kompresörlerle birlikte onları besleyen elektrik güç üniteleri de bulunmaktadır.

Kompresör dairesinin zemini sağlam, düzgün ve kolay temizlenebilir durumda olmalıdır. Zeminin hazırlanmasın-

da asfalt, beton ya da düzleştirilmiş çakıl yatağı kullanılabilir. İşletmedeki kompresör dairesinin zemini düzgün yüzeyli beton olup kolay temizlenmeye son derece müsaittir. Ayrıca, zeminin kenarlarında su tahliye kanalları bulunmaktadır.

Şekil 2: Kompresör dairesi



İşletmenin kompresör dairesi kompresör sayısına uygun büyüklükte inşa edilmiş olup, kompresörlerin taşıma ve montaj işlerini zorlaştırmayacak şekilde rahatça girip çıkabileceği uygun büyüklükte kapıları bulunmaktadır (Şekil 3).

Şekil 3: Kompresör dairesinin kapıları



Kompresör dairesine giren hava katı ve gaz halindeki kirleticilerden arındırılmış nitelikte temiz olmalıdır. Bu tarz partiküller makine parçalarına zarar verebilir. İşletme kompresör dairesinin temiz hava ihtiyacı yerden 2 m yüksekte bulunan yatay yerleştirilmiş karşılıklı 2 adet havalandırma pencereleriyle sağlanmaktadır. Kompresör dairesinin çatısı davlumbaz vazifesi görecek şekilde dizayn edilmiştir. Pencerelerden alınan temiz hava yükselerek davlumbaz vazifesi gören çatıdaki havalandırmalardan dışarı çıkmaktadır (Şekil 4).

Şekil 4: Kompresör dairesinin çatısı



Kompresör dairesini aydınlatılması yan duvarlara monte edilen 8 adet floresan lamba ve tavandan asma 3 adet ampulle sağlanmaktadır. Ayrıca kompresörlerin muhtemel nakil durumunda kompresörlerin naklini kolaylaştırmak için tavanda bir vinç sistemi de hazır bulundurulmaktadır (Şekil 5).

C. Basınçlı Hava İletim Hattı

Basınçlı hava iletim hattı bir hava tankı ve ihtiyaç duyulan noktalara basınçlı havayı sevk etmek üzere uç uca eklenmiş ve kesitleri gittikçe daralan boru ve hortumlardan ibarettir.

1. Hava Tankı

İşletmenin basınçlı hava iletim hattının elemanlarından biri olan hava tankının en önemli işlevi, kompresörlerin kapasitelerinin üstündeki ani hava taleplerini karşılamak ve

Şekil 5: Kompresör dairesindeki vinç sistemi



basınçlı hava iletim hattında meydana gelebilecek basınç dalgalanmalarını önlemektir (Şekil 6). Ayrıca, hava tankı sıkışan havadaki nemin yoğunlaşarak tank haznesinde toplanmasını da sağlamaktadır. Yoğuşan su hava tankının dibindeki blöf musluğu yardımıyla dışarı atılmakta ve bu sayede basınçlı havadaki nem miktarı azaltılarak hava ile çalışan makinelerin arızalanması önlenmektedir.

2. Basınçlı Hava İletim Hattı

Basınçlı hava iletim hattı, kompresörü tanka bağlayan boru ile başlamakta ve boru çapı en az kompresörün çıkış çapı kadar olmaktadır. Çıkış noktası bağlantı kayıplarını ve hava türbülansını engellemek için olabildiğince geniş açılı tutulmaktadır.

Basınçlı hava iletim hattı oluşturulurken borular olası

Şekil 6: Hava tankı



bir kaçak durumunda müdahale edilebilecek şekilde yerleştirilmektedir. Boru bağlantıları sızdırmaz kauçuk contayla güçlendirilmekte ve her ayırım noktasına olası bir tehlike durumunda o bölgeye giden basınçlı havayı kesmek için vana konulmaktadır (Şekil 7).

Şekil 7: Vanalı bağlantı noktası



Boru tesisatı yeraltı yollarında insan ve malzeme nakillerinde çarpmalara ve malzeme takılmalarına neden olabilecek şekilde yüksek bir güzergaha yerleştirilmekte, bakım ve tamir zorluğu, hava kaçaklarının tespiti ve giderilmesi ile yağışma suyunun tahliyesinin zorluğu gibi nedenlerle zeminin altına açılan kanalların içine döşenmemektedir.

Basınçlı hava iletim hatları ayrı bir ısı transferi yüzeyi oluşturduklarından hatlarda tekrar açığa çıkan bir su miktarı vardır. Bu nedenle oluşan bu suyun dışarı alınabilmesi için 40-50 metre aralıklarla ve yeraltı şartlarının müsaade ettiği bölgelerde mümkünse en alçak noktalara küçük yağışma tankları konulup nemin tank altında toplanması ve musluk vasıtasıyla tahliye edilmesi sağlanmaktadır (Şekil 8).

Basınçlı hava iletim hattı vibrasyonun azaltılması ve hattın bel vermemesi için belirli aralıklarda kelepçeler ve

tavalarla desteklenmelidir. Tablo 1'de çelik borudan kurulu basınçlı hava hattının destek noktaları arasında olması gereken mesafeler verilmektedir.

Tablo 1: Boru çapına göre destek mesafeleri [6]

Boru Çapı (mm)	Destek Mesafesi (m)
40	3,5
50	4,3
60	4,7
80	5,8
100	6,5
125	7,3
150	8,1

Şekil 8: Yağışma suyu tahliye tankı ve blöf musluğu



IV. KOMPRESÖR DAİRESİ VE BASINÇLI HAVA İLETİM HATTININ İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Kompresör dairesi ve basınçlı hava iletim hattına yönelik iş sağlığı ve güvenliği konusu “Tehlike ve Riskler” ile “Önlemler” olmak üzere iki ana başlık altında ele alınmıştır.

A. Tehlike ve Riskler

Tehlike ve riskler; gürültü, aydınlatma ve kimyasal madde kullanımı başlıkları altında incelenmiştir.

1. Gürültü

Kompresörler gürültülü çalışan makinelerdir. Her vardiyada iki işçi kompresörlerin normal şekilde çalışmasından sorumludur. Dış ortamdaki izole edilmiş kompresör dairesinin yanı sıra, işçiler için kompresör dairesinden ve dış ortamdaki ayrılmış başka bir izole oda daha yapılarak çalışanların gürültüye maruziyeti engellenmiştir. Çalışanlar, sürekli olarak kompresör dairesine gidip gelmeden, odalarında bulunan manometrelerden ocağa sevk edilen hava basıncını takip ederek kompresörün düzgün çalışıp çalışmadığını izlemektedirler. Buna karşın, kompresör dairesine saat başı ilgili değerleri okumak ve kaydetmek için giden çalışan yaklaşık 5 dakika süreyle 103 dB(A) şiddetinde gürültüye maruz kalmaktadır. Bu değer Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik'te belirtildiği üzere maruziyet sınır değeri olan 87 dB(A)'nın üzerindedir [7]. Bu yüksek ses şiddetini engellemek amacıyla çalışanlara kulak koruyucu temin edilmiştir. Kompresör dairesine giren her kişi kulaklık takmak zorundadır.

Kompresör dairesindeki gürültünün yaklaşık olarak ölçümü amacıyla Android işletim sistemiyle çalışan cep telefonlarında kullanılabilen Vlad Polyanskiy firması tarafından geliştirilmiş “Decibel: Noise and Sound Meter” adlı bir yazılımdan yararlanılmıştır. Adı geçen yazılımla yapılan

gürültü ölçümlerine ait ekran görüntüsü Şekil 9’da verilmektedir.

Şekil 9: Kompresör dairesinde yaklaşık gürültü ölçümü



2. Aydınlatma

Kompresör dairesinin ve kapalı devre eşanjör ünitesinin bulunduğu kesimin aydınlatılması tavana asılmış ampuller ve yan duvarlara monte edilmiş floresan lambalarla sağlanmaktadır. Ortamda aydınlatılmayan karanlık bölge bulunmamakta, oldukça yeterli bir aydınlatma sağlanmaktadır.

Şekil 10: Kompresör dairesinin aydınlatılması



Kompresör dairesinin aydınlatılması Şekil 10'da verilmektedir.

3. Kimyasal Madde Kullanımı

Kapalı devre eşanjör ünitesi ve soğutma havuzu borularının ömrünü uzatmak için suya pH derecesi 7,5 ile 8,5 aralığında olan sülfürik asit karıştırılmaktadır. Asit miktarının ayarlanması pH aralığına göre otomatik olarak elektronik bir cihazla sağlanmaktadır. Kapalı devre eşanjör ünitesinde bulunan sensör vasıtasıyla sudaki asit değeri okunmakta ve soğutma havuzunda bulunan makineye otomatik sinyal gönderilerek soğutma suyuna gereken miktarda asit karıştırılmaktadır. Tüm bu işlemler elektronik ekrandan da okunabilmekte ve anlık olarak suyun pH değeri ve karışan asit miktarı takip edilmektedir. Asit odasından bir görünüm Şekil 11'de verilmektedir.

Şekil 11: Asit odasından bir görünüm

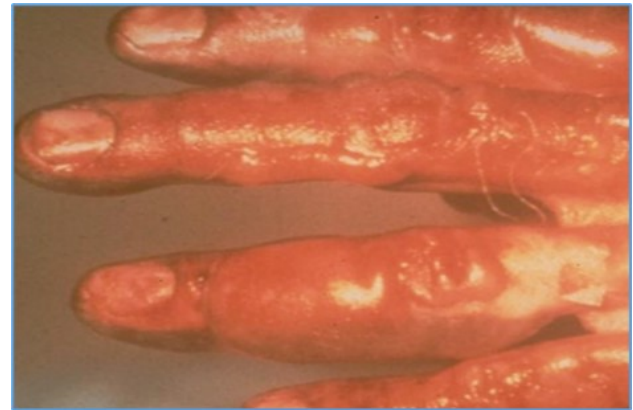


Kullanılan sülfürik asit yetkisiz erişime kapalı olarak ayrı bir odada muhafaza edilmekte olup, geldiği gibi orijinal ambalajında makineye bağlanmaktadır. Teması halinde cilde vereceği zarardan ve dökülüp saçılmasıyla doğabilecek tehlikelerden kaçınmak için başka bir kaba aktarma işlemi yapılmamaktadır.

Hangi konsantrasyonda olursa olsun sülfürik asidin ciltle teması son derece tehlikelidir ve temas sonucunda ciltte şiddetli yanıklar meydana getirmektedir (Şekil 12). Seyreltik sülfürik asidin ciltle teması halinde temas bölgesi bol suyla yıkanmalıdır. Ancak, derişik durumda bulunan sülfürik asidin ciltle teması halinde temas bölgesinin su ile yakınması durumunda ısı açığa çıkacağından termal yanıklara sebebiyet verebileceği unutulmamalıdır.

Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık Ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik uyarınca her türlü kimyasal madde ile çalışılırken Türkçe malzeme güvenlik bilgi formunun sağlanması ve formda belirtilen uyarı ve güvenlik tedbirlerine uyulması beklenmektedir. [8]

Şekil 12: Sülfürik asit yanığı [9]



B. Önlemler

1. Kompresör Dairesinde Alınan Önlemler

Kompresör dairesindeki tüm cihaz ve makineler için kullanma talimatları ve kişisel korunma donanımı kullanımı ve acil durum ikazlarına yönelik sağlık ve güvenlik işa-

retleri asılı durumdadır (Şekil 13). Ayrıca, yetkisiz kişilerin zarar görmelerini engellemek üzere yaklaşımaması gereken bölgeler bant ve şeritlerle ayrılmıştır.

Şekil 13: Kullanma talimatı ve sağlık ve güvenlik işaretleri



Kompresörler ve tesisat boruları ekipmanların tamamına erişmeyi ve müdahale etmeyi sağlayacak şekilde yerleştirilmiştir. Hava tankı ile kompresör arasında kompresörün çalışmadığı zamanlarda hava tankından kompresöre akışkanın geri gelmesini önleyerek kompresörün arızalanmasını önlemek amacıyla bir çek-valf yerleştirilmiştir. Kompresör odasında birden fazla kompresör bulunduğundan her kompresörün çıkışında kendisine ait bir çek-valf bulunmaktadır.

Olası elektrik arızalarına karşı kompresörün elektrik panosunda kaçak akım rölesi ve gövdesinde topraklama mevcuttur. Kompresörde ve hava tankında kalıcı deformasyon, üst üste binmiş kaynak uygulaması, korozyona uğramış kısım vs. bulunmamaktadır.

Hava tankının üstünde bir tahliye musluğu ve bir manometre bulunmaktadır. Ayrıca, hava tankında bir emniyet ventili mevcut olup, söz konusu ventil hava tankına doğru-

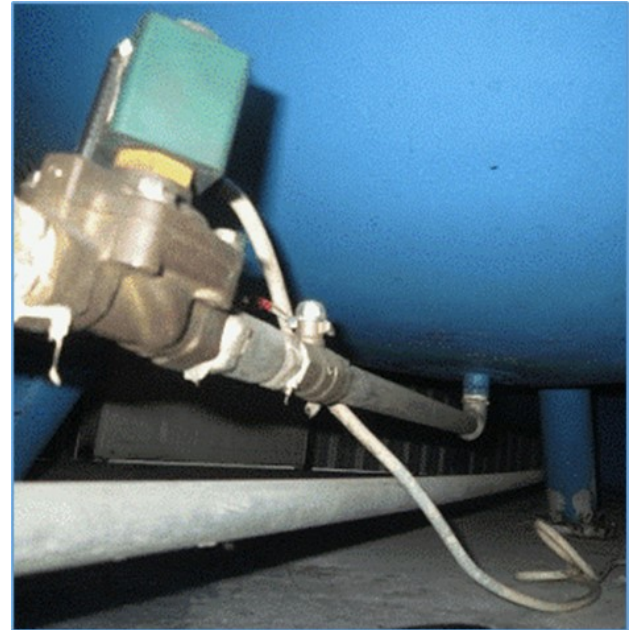
dan bağlı olacak şekilde, arada akışı kesecek herhangi bir bağlantı yapılmadan yerleştirilmiştir (Şekil 14). Hava tankının altında biriken su ve pisliklerin dışarı atılmasını sağlayan bir de blöf musluğu bulunmaktadır (Şekil 15).

Şekil 14: Emniyet Ventili [10]



Hava tankı üstünde uzaktan bakıldığında görülebilecek ve okunabilecek büyüklükte manometre bulunmaktadır. Gösterge kadranı kapasitenin iki katı büyüklüktedir ve işletme basıncı sınırları kadran üstünde çizgilerle işaretlenmiştir. Hava tankı üstünde kullanılmakta olan manometre Şekil 16'da verilmektedir.

Şekil 15: Blöf musluğu [10]



Şekil 16: Manometre



Şekil 17: Kapakları açık bırakılmış kompresör



2. Kompresörler Çalıştırılmadan Önce Uyulması Gereken Kurallar

Vidalı kompresörlerin çalışan aksamaları kendine özel dikdörtgen biçimli bir kabin içerisinde korunmakta ve müdahale gerektirecek işler için kapaklar bulunmaktadır. Kompresör çalıştırılmadan önce bu kapakların kapalı olması gerekmektedir. Vidalı kompresörler çalıştırıldıklarında emdikleri havayı kabin içerisinde üst konumda bulunan hava filtresi yardımıyla tozlardan ve zararlı partiküllerden süzerek emerler. Kapakları açıkken çalıştırılan kompresör ihtiyacı olan havayı bu açıklıktan çekeceği için emilen hava filtre edilmemiş olur. Bu da çok kısa sürede kompresörün arızalanmasına neden olacaktır Buna ek olarak kompresör içerisinde oluşan yüksek sıcaklık ve çalışan hareketli parçalar çalışanlar için tehlike oluşturmaktadır. Ayrıca, kapakları açık bırakılan kompresör içine küçük canlılar da girebilir. Kapılar açık bırakılmış kompresör Şekil 17'de verilmektedir.

C. Kişisel Koruyucu Donanımlar

Kompresör odasına kompresör çalışır durumda girilmesi durumunda işverence tedarik edilmiş olan tıkaç tipi kulak koruyucunun kullanılması zorunludur. Ayrıca, soğutma suyunda kullanılan sülfürik asidin taşınması, asit varillerinin yenisiyle değiştirilmesi ve su havuzunun temizlenmesi gibi işler esnasına olası asit temasını engellemek için aside dayanıklı gözlük, eldiven ve tulum giyilmesi zorunlu kılınmıştır. İşletmede kullanılan bazı kişisel koruyucu donanım örnekleri Şekil 18'de verilmektedir.

Şekil 18: İşletmede kullanılan bazı kişisel koruyucu donanım örnekleri [11]



D. Sağlık ve Güvenlik İşaretleri

Kompresör dairesinde ve kapalı devre eşanjör ünitesi girişinde çok sayıda uyarı levhaları mevcuttur (Şekil 19). Ayrıca, havuz bölgesi ve asit odası bölgesine gelen kişilerin ilk olarak bakacağı yerlere çeşitli iş sağlığı ve güvenliği konularına yönelik uyarı levhaları konulmuştur (Şekil 20). Ayrıca, kullanımdaki kimyasal maddelere ait malzeme güvenlik bilgi formları temin edilerek çalışanların erişimine açılmış, güvenlik bilgi formlarında verilen zararlılık ve önlem ifadelerine göre tedbirler alınmıştır.

Şekil 19: Kompresör dairesi uyarı levhaları



Şekil 20: Asit odası uyarı levhaları

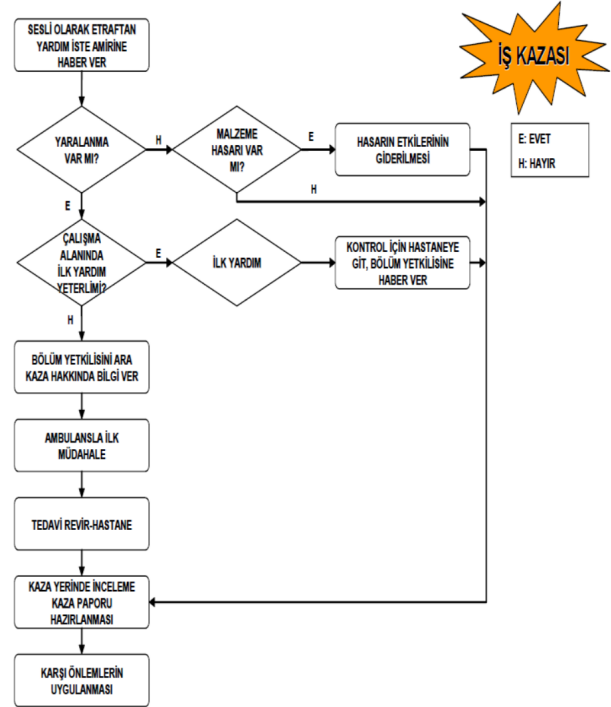


E. Acil Durum Planları

Acil durum için görevli personelin yapması gerekenler; iş kazası, yangın, sızıntı, deprem, sel ve sabotaj gibi çeşitli

acil durum planlarında belirtilmiştir. Örnek bir iş kazası acil durum eylem planı Şekil 21'de verilmektedir.

Şekil 21: İş kazası acil durum eylem planı [12]



V. KOMPRESÖRLERDE BAKIM VE PERİYODİK KONTROL

Kompresörlerin sorunsuz bir şekilde ve uzun süreli çalışabilmesi için üretici firmanın belirlemiş olduğu şekilde bakımlarının zamanında ve eksiksiz yapılması gerekmektedir. İşverenin konuyla ilgili yükümlülüğü 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na dayanarak hazırlanan İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği'nde hükme bağlanmıştır [13].

Kompresör ve hava tankının işletme basıncına uygun olarak çalışıp çalışmadığının tespiti için, test esnasında olası bir kazaya sebebiyet vermemek amacıyla, hidrostatik işletme basıncının 1,5 katı kullanılarak, yetkili makine mühendisi, makine teknikeri ya da makine yüksek teknikeri tarafından veya üretici tarafından yetkilendirilmiş uzman ekiplerce her yıl periyodik kontrolünün yapılması mecburidir.

Yönetmelik gereği periyodik kontrol yapmaya yetkili kişilerin gerekli bilgilerini Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'na elektronik ortamda iletmeleri ve kendilerine verilecek olan kayıt numaralarını düzenledikleri periyodik kontrol raporlarına eklemeleri gerekmektedir. Adı geçen yönetmelikte belirtilen hükümler Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2: İlgili mevzuat hükümleri [13]

Basınçlı hava ve gaz tankları ⁽²⁾	Standartlarda süre belirtilmemişse 1 Yıl	TS 1203 EN 286-1, TS EN 13445-5, TS EN 764-7 standartlarında belirtilen kriterlere uygun olarak yapılır.
⁽²⁾ Seyyar veya sabit kompresör hava tankları ile basınçlı hava ihtiva eden her türlü kap ve bunların sabit donanımı.		

Kompresörlerin bakımı her 4.000 saatte bir, kapsamlı olarak 8.000 saatte bir ve genel revizyon olarak 20.000 saatte bir olmak üzere 3 ayrı periyotta yapılmaktadır.

Kompresör çalışırken hiçbir şekilde kapaklar açılmakta ve kompresör içine müdahale edilmemektedir. Bakım-onarım faaliyetleri öncesinde ana şalterden elektrik kesilmekte, kompresör tankındaki hava boşaltılmakta ve ardından çalışmalara başlanmaktadır (Şekil 22).

Şekil 22: Bakım işlemlerinden bir görünüm [14]



Kompresörlerin 4.000 saatlik periyodik bakımında kompresörün genel temizliği ve kaçak kontrolü yapılmakta, hava filtresi, yağ filtresi, çek-valf, yağ kesici valf ve minimum basınç valfi gibi değiştirilmesi zorunlu parçalar yenilenmektedir. 8.000 saatlik periyodik bakımda 4.000 saatlik periyodik bakımda değişen parçalara ek olarak; yağ ve su seperatörleri, yüksüzleştirme valfi, boşaltma valfi, termostatik valf, o-ring ve hidrolik hortumlar değiştirilmekte ve radyatör temizliği yapılmaktadır. 20.000 saatlik genel revizyonda ise 8.000 saatlik periyodik bakıma ek olarak gövde, rotor gibi başlıca elemanların temizliği ve bakımı yapılmakta, vida grubundaki tüm contalar, rulmanlar ve o-ringler yenilenmekte, vida çiftinde oluşan boşluklar revize edilmekte, yağlar değiştirilmekte, yağ kanallarının temizliği yapılmakta, kayışlar ve kaplinler yenilenmekte, bağlantı takozları ve ana motor rulmanları değiştirilmektedir [15].

Periyodik bakım süreçlerinde tüm bakım ve onarımlar kayıt altına alınmakta, söz konusu kayıtlar iş ekipmanı kullanıldığı sürece ve yetkililer her istediğinde gösterilmek üzere uygun şekilde saklanmaktadır.

Yerüstü ve yeraltındaki iletim hatlarının bulunduğu ortamlardaki nem varlığı göz önüne alındığında korozyon/paslanma önemli bir soruna dönüşebilmektedir. İletim hatları boyunca korozyon ve paslanma varlığı, darbe alan noktaların tespiti, bağlantı noktalarında ve tüm hat boyunca hava kaçaklarının mevcudiyeti gibi durumların kontrol edilmesi ve gerekli bakım onarım faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi belirli aralıklarla sağlanmaktadır.

Periyodik bakımlardan bağımsız olarak; kompresörlerden sorumlu çalışanların günlük olarak kompresörün yağ seviyelerini kontrol etmesi ve seviye yeterli değilse yağ ilave etmesi gerekmektedir. Şayet kompresörde sürekli olarak yağ eksilmesi gözlemleniyorsa ilgili amire bilgi verilmelidir [16].

Tablo 3: Genel bilgiler

KOMPRESÖR HAVA TANKI PERİYODİK KONTROL RAPORU					
GENEL BİLGİLER					
Firma Adı	XXXX	Telefon	XXXX	Rapor Tarihi	05.10.2020
Muayene Adresi	XXXX	Faks	XXXX	Kontrol Tarihi	30.09.2020
Kontrol türü	Periyodik Kontrol	1.Eksiklik Kontrol Tarihi		Bir Sonraki Periyodik Kontrol Tarihi	30.09.2021
		2.Eksiklik Kontrol Tarihi		Rapor No	XXXX

A. Periyodik Kontrol Raporu

Periyodik kontrol raporu 8 kısımdan oluşmaktadır. Periyodik kontrol raporunun ilk kısmında firma bilgileri periyodik kontrol tarihi ve normal şartlarda bir sonraki periyodik kontrol tarihi yer almaktadır (Tablo 3).

Raporun ikinci kısmında iş ekipmanına ait teknik özelliklere yer verilmektedir. Kompresörün markası, modeli, imal yılı, işletme şartları, test basıncı gibi bilgiler bu kısımda yer almakta ve kullanım yeri bu kısma eklenmektedir (Tablo 4).

Üçüncü kısımda periyodik kontrol metodu ve referans cihazla ilgili standartlar yer almakta ve kompresörün standartlara uygunluğunu belirten CE ibaresi bu kısma eklenmektedir.

Raporun dördüncü bölümü test ve değerlendirme soru-

larından oluşmaktadır. Kompresörün ve tankın sınır değerlere uygunluğunun kontrol edildiği değerlendirmeler ile yapılacak test ve operasyonlara ilişkin bilgiler bu kısımda yer almaktadır (Tablo 5).

Raporun beşinci bölümü olan test ve deney kısmında, deney sonuçlarının uygun olup olmadığı değerlendirilmektedir. Altıncı bölüm ikaz ve öneri bölümüdür. Sağlıklı bir raporda bu kısım boş bırakılmaktadır. İstenmeyen durum görüldüğünde düzeltilmesi için yapılması gerekenler bu kısımda belirtilmektedir (Tablo 6).

Raporun yedinci bölümü sonuç ve kanaat kısmıdır. Kompresörün görevini güvenle yerine getirip getiremeyeceği bu kısma açıkça yazılarak bir sonraki kontrol tarihi belirtilir. Raporun son kısmı onay bölümüdür. Yetkili personelin adı soyadı, mesleği, bakanlık kayıt numarası ve imzası bu kısımda bulunur (Tablo 7).

Tablo 4: Kompresöre ait teknik özellikler

İŞ EKİPMANINA AİT TEKNİK ÖZELLİKLER							
Hava Tankı Markası		Hava Tankı Tipi	Yatay Silindirik	Kompresör Durma (bar)	6	Hava Tankı Test Basıncı (bar)	9
Hava Tankı Modeli	Yatay Silindir	Kompresör Markası		Kompresör Tipi	Vidalı	Emniyet Ventili Açma Basıncı (bar)	7
Hava Tankı Seri No	XXXX	Kompresör Modeli		Kullanım Yeri	Kompresör Dairesi		
Hava Tankı İmal Yılı		Kompresör Seri No		Manometre Skala (bar)	25		
Hava Tankı Hacmi (L)	7500	Kompresör Başlama (bar)	4	Hava Tankı İşletme Basıncı (bar)	6		
PERİYODİK KONTROL METODU VE REFERANS CİHAZLAR							
Periyodik Kontrol Metodu	TS EN 1203 EN 286/1 ve TS EN ISO 4126 standartlarının ilgili maddelerine göre kontrol edilmiştir.						
MANOMETRE (PER-67,0006)							

Tablo 5: Test ve değerlendirme soruları

TEST VE DEĞERLENDİRME SORULARI	
A.KOMPRESÖR	
1.Hava emiş filtresi ve temizliği	Uygun
2.Hava emiş kanatlarının duvar ve tavan bağlantıları	Uygun
3.Kompresör veya hava tankı dairesindeki basınçlı boru tesisatı bağlantıları	Uygun
4.Kompresör ile hava tankı arasındaki çek valf/valfler ve basınç tahliyesi	Uygun
5.Hareketli parçalarla temasa karşı koruma	Uygun
B.ÖLÇÜM CİHAZLARI	
6.Basınç ölçüm cihazı (Manometre) doğrulaması ve en yüksek çalışma basıncının kırmızı renk işaretlenmesi	Uygun
7.Basınç ölçüm cihazı (manometre) skala büyüklüğü ve gerekiyorsa titreşime karşı koruma	Uygun
C.EMNİYET CİHAZLARI	
8.Emniyet valfinin (ventil) tanka bağlanması	Uygun
9.Basınç sınırlama cihazı (presostat) sınır değerlerinin ayarlanması	Uygun
D.HAVA TANKI	
10.Tank üzerinde üretim sonrası kaynak işlemi	Uygun
11.Tank üzerinde bir noktada ikiden fazla kesişen kaynak dikişi ve/veya boyuna kaynaklarda uygunsuz aç	Uygun
12.Tank üzerinde yama kaynağı	Uygun
13.Tank yüzeylerinde deformasyon ve/veya malzeme kusuru	Uygun
14.Destekler(tank ayakları) ve/veya takviye plakaları	Uygun
15.El ve adam giriş delikleri	Uygun
16.Blöf vanası(boşaltma musluğu)	Uygun
17.Tankin titreşimden korunması	Uygun
E.DİĞER KONTROLLER	
18. Uyarı etiket ve işaretleri	Uygun
19.Üretici etiketi	Uygun
20. Hava tankının bulunduğu alan	Uygun
21. Kilitlenebilir ana şalter	Uygun
22.Bakım onarım kayıtları, el kitabı	Uygun

Tablo 6: Test ve deneyler

TEST VE DENEYLER	
23. Hidrostatik deney (işletme basıncının 1,5 katı)	Uygun
23.1 Hidrostatik deney basıncı (bar)	9
24. Emniyet Ventili Deneyi (en fazla işletme basıncının 1,1 katı)	Uygun
24.1 Emniyet Ventili Deneyi Açma Basıncı (Bar)	7
İKAZ VE ÖNERİLER	

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nda "İşyeri dışındaki uzman kişi ve kuruluşlardan hizmet alınması, işverenin sorumluluğunu ortadan kaldırmaz." ibaresi bulunmaktadır [17]. Buna istinaden işverenlerin kendilerine sunulan periyodik kontrol raporlarını değerlendirmeleri ve olası bir eksiklik tespitinde bunun düzeltilmesi için gereğini yerine getirmeleri gerekmektedir.

VI. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bir yeraltı maden işletmesine basınçlı hava gücü sağlayan kompresör dairesi ve yardımcı üniteleri ile sıkıştırılmış havanın iletimini sağlayan basınçlı hava şebekesi tanıtılmış, söz konusu tesis ve donanım iş sağlığı güvenliği açısından ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Yapılan genel değerlendirmede kompresörlerin, güç kaynaklarının ve basınçlı hava borularının yerleşimi ile söz konusu mekanların havalandırılmasının uygun oldukları, kompresör dairesinde ve diğer odalarda bulunması gereken yangın söndürücü tüplerin yönetmeliklere uygun bir şekilde yerleştirildiği ve sayıca da yeterli oldukları tespit edilmiştir. Tehlike oluşturabilecek faktörlerin ortadan kaldırılmış olması ve kompresörler ile

Tablo 7: Sonuç ve kanaat

SONUÇ VE KANAAT	Yukarıda kontrol tarihinde teknik özellikleri belirtilen (KOMPRESÖR HAVA TANKI)'nın mevcut şartlar altında kullanılmasında sakınca yoktur. İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği Ek III 1.4 maddesi gereği yukarıda açık adı, ünvanı ve adresi belirtilen bir sonraki kontrol tarihi (30.09.2021)dir.				
Muayene Personeli Adı Soyadı	Mesleği	Diploma No/Tarih/Bakanlık Kayıt No	İmza	Teknik Yönetici	İmza
XXXX	Makine Mühendisi	XXXX		XXXX	

diğer ilgili donanımın günlük ve periyodik bakımlarının zamanında ve eksiksiz yapılmasından dolayı şu ana kadar herhangi bir iş kazası ile karşılaşmadığı görülmüştür.

Kompresörler oldukça gürültülü çalışan makineler olduğundan ve bu gürültüyü yok etmek günümüz teknolojiyle mümkün olmadığından çalışanlar için ses izolasyonlu ayrı bir oda tahsis edilmiş ve çalışanlara kompresör daire-sindeki kısa süreli işlerde kullanmaları için işveren tarafın-dan kulak koruyucular tedarik edilmiştir.

Kompresörlerin sorunsuz olarak uzun ömürlü ve verimli çalışması için insan sağlığına ve çevreye zararlı bazı kimyasalların kullanılması zorunluluğu vardır. Söz konusu kimyasallarla çalışılması konusunda çalışanların eğitimi ve bilinçli oldukları, kimyasal üreticisi tarafından verilen zararlılık bilgileri ve bağlı önlemlerin alındığı görülmüş, işveren tarafından kimyasal risklere karşı çalışanlara verilen kişisel koruyucu donanımlarının düzenli olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir.

Çalışanların gürültüden uzak kalmaları amacıyla kendileri için hazırlanan ses izoleli odalarında termal konfor gereklerine uygun olarak vasistaslı pencereler yardımıyla uygun bir havalandırma, ergonomik oturma yerleri ve masalar ile üşümemeleri için iki adet elektrikli ısıtıcı tehlike oluşturmayacak şekilde pencere üstlerine yerleştirilmiştir.

Yapılan incelemelerde bazı sağlık ve güvenlik işaretlerinin renklerinin zamanla solduğu, kompresörlerin havalandırma pencerelerindeki filtrelerin de yıprandığı görülmüştür. Kompresörlerin sorunsuz ve uzun ömürlü çalışması için pencerelerdeki filtrelerin değiştirilmesi, bazı tehlike ve uyarı işaretlerinden niteliğini kaybetmiş olanların da yenilenmesi gerekmektedir.

Kompresör odası ve basınçlı hava iletim hattına yönelik risk değerlendirmesi çalışmalarına başlanmış olup, bu çalışma sonrasında kompresör dairesi ve basınçlı hava iletim

hattının çok daha kapsamlı olarak ele alınıp değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

YAZAR KATKILARI: Bu çalışmada yazarların katkıları eşit düzeydedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını, makalede araştırma ve yayın etiğine uyulduğunu beyan eder.

FİNANSAL 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] “İşletme 2020 Yılı Faaliyet Raporu,” yayımlanmamış.
- [2] “Vidalı Kompresör Çalışma Prensipleri.” Sönmez Kompresör. <https://www.sonmezkompresor.com/vidali-kompresor-calisma-prensibi> (19.04.2021’de erişildi).
- [3] “Vidalı Kompresör.” Atlas Kompresör. <https://www.atlas-kompresor.com/vidali-kompresor-104> (16.04.2021’de erişildi).
- [4] “Kompresör Hakkında.” Demir Kompresör. <http://www.demirkompresor.com.tr/kompresor-hakkinda-3> (16.04.2021’de erişildi).
- [5] “Kompresörlerde İş Sağlığı ve Güvenliği.” Kırmızı Baret. <https://kirmizibaret.com/kompresorlerde-is-sagligi-ve-guvenligi> (12.04.2021’de erişildi).
- [6] M. Emil, “Hava dağıtım sistemleri,” *II. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi*, İzmir, 08–11 Kasım 2001, s. 333-345.
- [7] “Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik.” Mevzuat Bilgi Sistemi. [https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?](https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatVizyoneri=18647&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5)
Mev-
zuatvizyoneri=18647&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5 (20.04.2021’de erişildi).
- [8] “Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık Ve Gü-

- venlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik.” Mevzuat Bilgi Sistemi. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18709&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (20.04.2021’de erişildi).
- [9] “Kimyasal Yanık.” TOLKİM. <https://www.kimyasalyanik.com/>. (24.06.2021’de erişildi).
- [10] “Kompresör.” İSG Tedbir. <https://isgtedbir.com/is-ekipmanlari/kompresor/>. (15.04.2021’de erişildi).
- [11] “İş Güvenliği Ürünleri.” İşMont. <https://www.ismont.com.tr/>. (24.06.2021’de erişildi).
- [12] K. T. Yücel ve N. Koca, “Bir karayolu şantiyesinin iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi,” *Mühendislik ve Yer Bilimleri Dergisi*, 2019, Cilt: 4, Sayı: 2, s. 1-13.
- [13] “İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği.” Mevzuat Bilgi Sistemi. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18318&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (20.04.2021’de erişildi).
- [14] “Döner Vidalı Kompresörler.” Atlas Copco. <https://www.atlascopco.com/tr-tr/compressors/wiki/compressed-air-articles/rotary-screw-compressor> (10.04.2021’de erişildi).
- [15] “Hava Kompresörleri Yıllık Periyodik Bakım Antlaşması Teknik Şartnamesi.” Eti Maden. <https://www.etimaden.gov.tr/storage/tenders/YsNbDHYtuGOUUtGic-Vp2PoTr0DIytrRhNdiSL417.pdf> (20.04.2021’de erişildi).
- [16] “Kompresör Kullanımı İş Güvenliği Talimatı.” İSG Kütüphanesi. <https://www.isgkutuphanesi.com/tr/details/kompresor-kullanimi-is-guvenligi-talimati-3496.html> (16.04.2021’de erişildi).
- [17] “İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu.” Mevzuat Bilgi Sistemi. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6331&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5> (20.04.2021’de erişildi).